

O Quão Bons Relógios são os Humanos?

Alexandre Homrich
Diego Cocito
Gabriel Nogueira
João Vitor Busquim Braga
Rafael Mateus Marques

Métodos Estatísticos em Física Experimental
Docente: Zwinglio Guimarães

Conteúdo

1	Introdução: motivação, objetivos e procedimento experimental	3
2	Resultados e Análise	4
2.1	Parte I	4
2.1.1	Medidor 1	4
2.1.2	Medidor 2	6
2.1.3	Medidor 3	7
2.1.4	Comentários	11
2.2	Parte II	12
2.3	Bônus	13
3	Conclusão	17

1 Introdução: motivação, objetivos e procedimento experimental

A passagem do tempo é sem dúvidas uma sensação extremamente interessante. Reflexões sobre esse assunto são comuns nas mais diversas artes, e a discussão do tema é frequente em psicologia e filosofia. O conceito de tempo é ainda fundamental em física. Esse texto tem como objetivo apresentar um estudo experimental sobre a percepção humana da passagem de curtos intervalos de tempo, estudo esse que fez o uso de métodos estatísticos desenvolvidos ao longo do curso na análise dos resultados.

A motivação desse experimento é proveniente da história *It's as Simple as One, Two, Three* contada por Richard Feynman em seu livro autobiográfico *What Do You Care What Other People Think*. No episódio, Feynman questiona-se sobre o que poderia afetar sua capacidade de medir intervalos de tempo mentalmente. Primeiramente, ele notou que poderia contar até o número 60 com uma média significativamente deslocada de 48s por contagem e baixíssimo desvio médio. Notou também que não era capaz de adivinhar a passagem do tempo de forma eficiente, apenas contar o tempo. Depois passou a testar uma série de hipóteses, cujos resultados foram, segundo o texto:

- Atividades físicas não pareciam exercer qualquer influência.
- Não era possível contar uma grande quantidade de objetos a não ser que se contasse os objetos em blocos enquanto se contava até 60.
- Era possível ler enquanto se contava, mas não era possível conversar durante a contagem.

Reportando os resultados a colegas, Feynman foi desafiado por um amigo a provar que era capaz de ler enquanto contava, e questionado sobre o porquê de não conseguir falar durante a contagem. A conclusão final foi que os métodos usados para contar eram diferentes: Feynman falava mentalmente, enquanto seu colega lia números passando em sua cabeça, sendo que posteriormente não foi encontrado um método mental capaz de contar, falar e ler simultaneamente. Feynman então segue a discorrer sobre diferentes formas de pensar sobre um mesmo objeto.

Os objetivos do nosso experimento são bem mais modestos: pretendemos analisar a distribuição de repetidas medidas por alguns medidores fixos, avaliar a capacidade de adivinhar intervalos de tempo decorridos e verificar como se distribuem medições de uma grande quantidade de pessoas distintas.

O procedimento é simples: cada medidor se concentrou com um cronômetro e registrou o tempo decorrido durante tentativa de reprodução de 60 segundos, onde cada segundo foi contado mentalmente. Para coletar dados de uma grande quantidade de pessoas os integrantes da equipe abordaram (pessoalmente ou online) pessoas que forneceram, cada uma delas, uma medida de sua estimativa de 60 segundos.

Na primeira parte foram realizadas medidas de 3 medidores onde os dois primeiros realizaram 100 medidas cada, e o terceiro dois blocos de 100 medições. Na segunda parte foram obtidos 78 dados.

2 Resultados e Análise

Dividimos a análise dos dados recolhidos em duas partes: uma compreendendo vários dados de medidores integrantes do grupo (grupo de dados 1) e outra com os dados de pessoas aleatórias (grupo de dados 2). Os gráficos e histogramas apresentados no trabalho foram feitos com auxílio da ferramenta WEBROOT [referência].

2.1 Parte I

Os histogramas a seguir são referentes às várias medidas de medidores fixos. Percebe-se que cada distribuição é bem característica em relação a skewness, kurtosis e desvio-padrão, enquanto a média se aproxima de 60 segundos. Seguem os histogramas de cada medidor com o gráfico de tempo x ordem da contagem respectiva.

Designamos M como média dos dados, D como desvio-padrão, S como skewness (reduzida) e K como kurtosis (reduzida).

2.1.1 Medidor 1

Figura 1:

Medidor 1

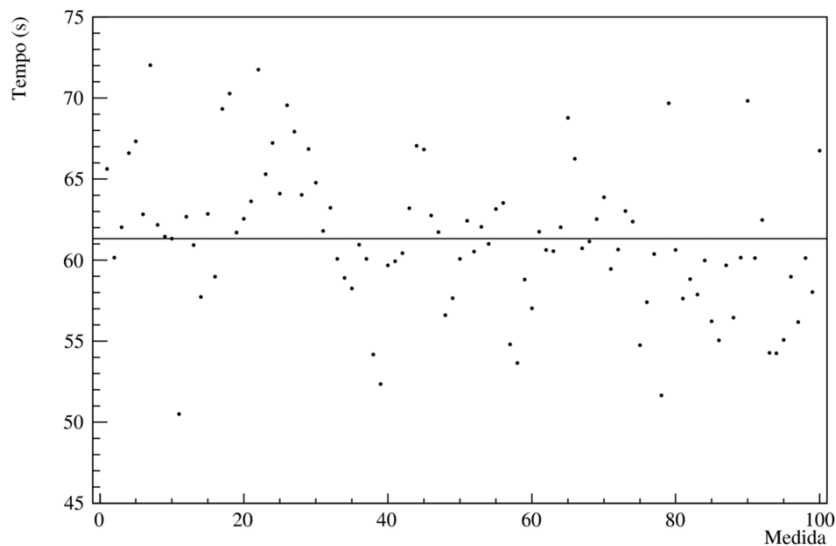
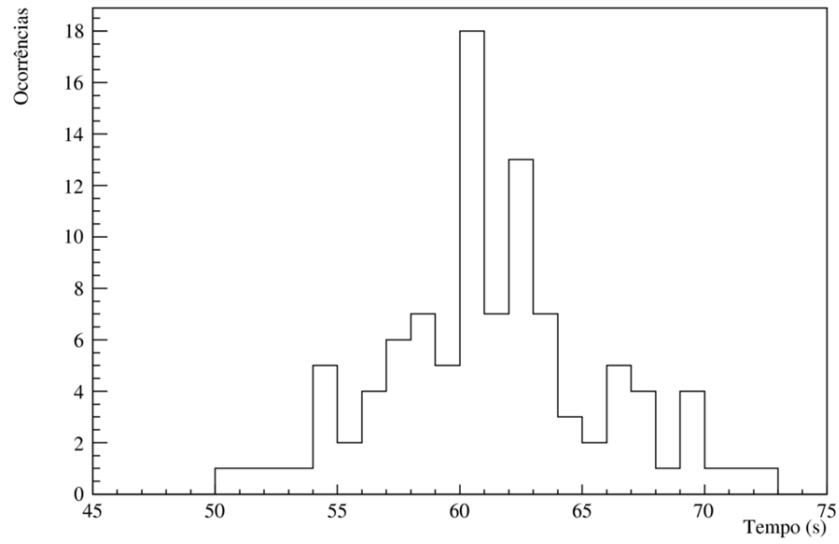


Figura 2:

Medidor 1 - Histograma



- $M=61,3(4)s$
- $D=4,4(3)s$
- $S=0,14$
- $K=2,95$

2.1.2 Medidor 2

Figura 3:

Medidor 2

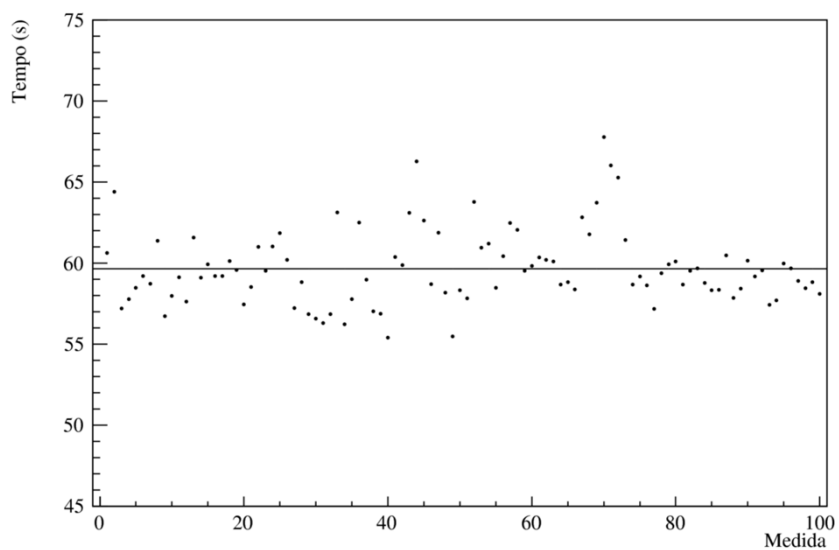
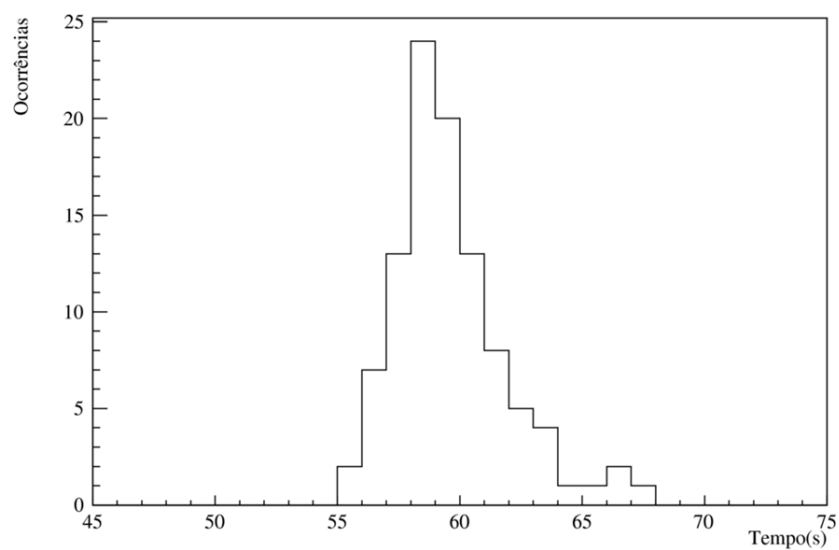


Figura 4:

Medidor 2 - Histograma



- $M=59,65(23)s$
- $D=2,31(18)s$
- $S=1,020$
- $K=4,319$

2.1.3 Medidor 3

Figura 5:

Medidor 3

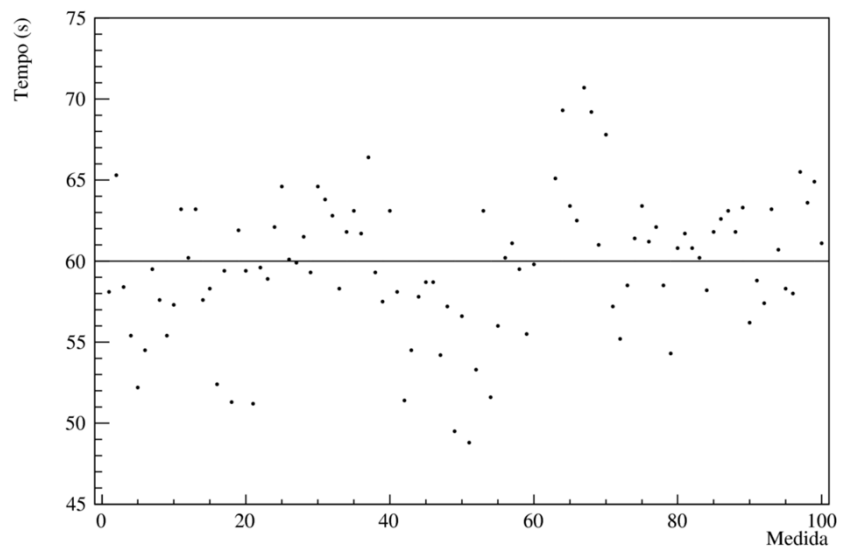
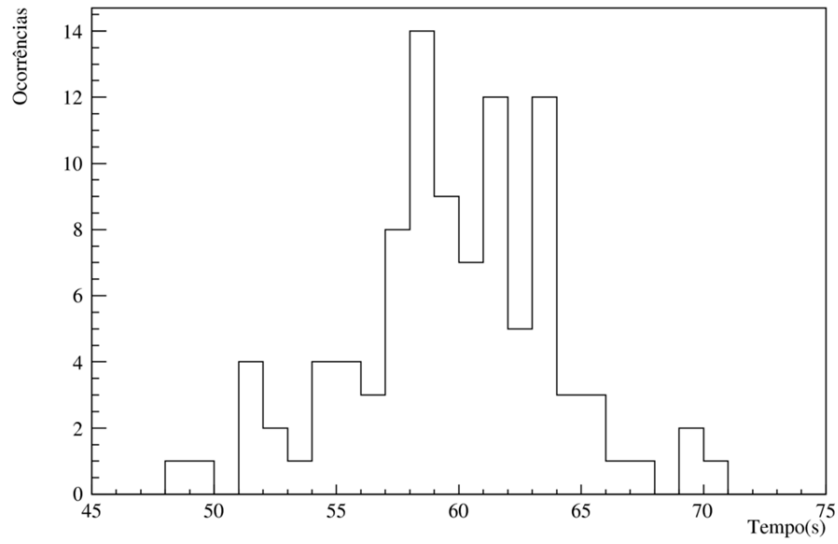


Figura 6:

Medidor 3 - Histograma



- $M=60,0(5)s$
- $D=4,8(3)s$
- $S=0,45$
- $K=4,39$

Figura 7:

Medidor 3 - 2

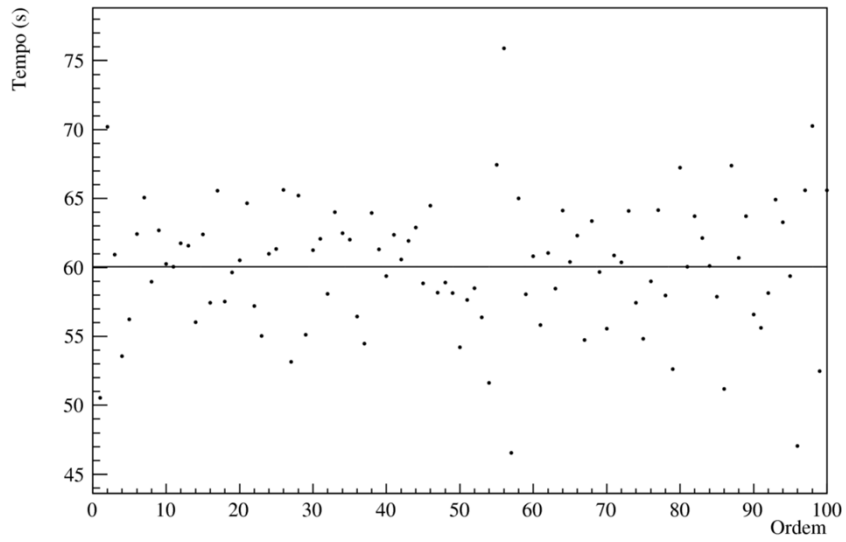
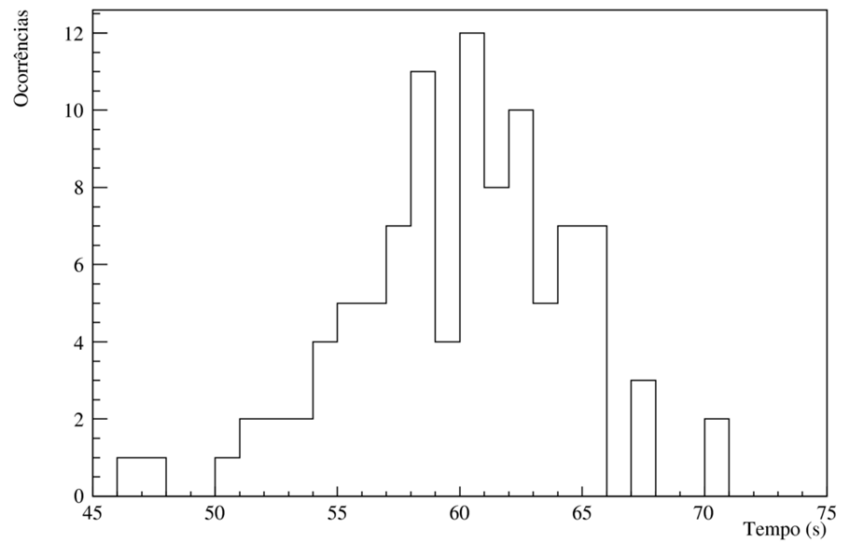


Figura 8:

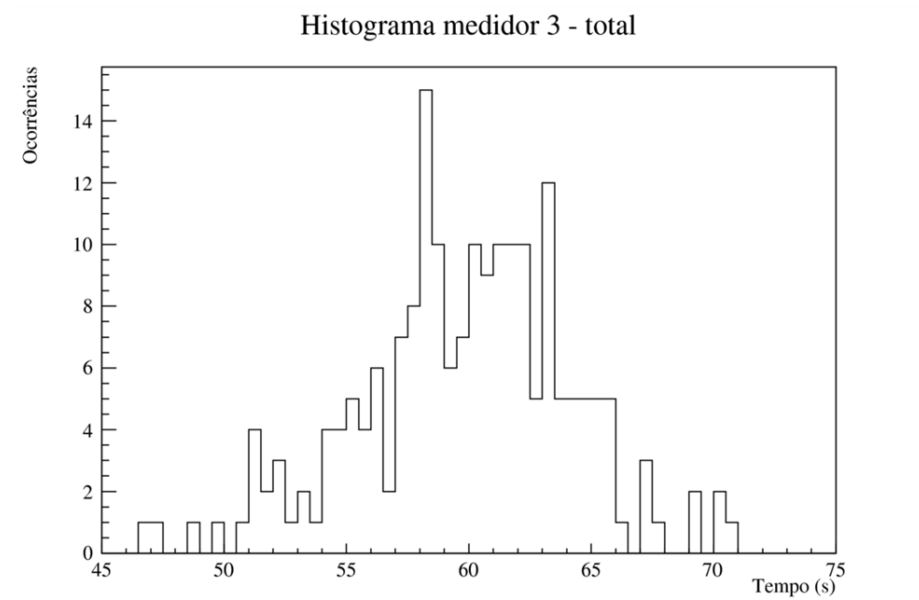
Medidor 3 - 2



- $M=60,1(5)s$
- $D=4,8(3)s$
- $S=-0,05$
- $K=3,90$

Note que os dois conjuntos de contagens seguem distribuições muito parecidas: as médias são compatíveis, assim como os desvios padrões. Isso justifica um histograma conjunto:

Figura 9:



- M= 60,0(3)s
- D=4,77(24)s
- S=0,205
- K=4,190

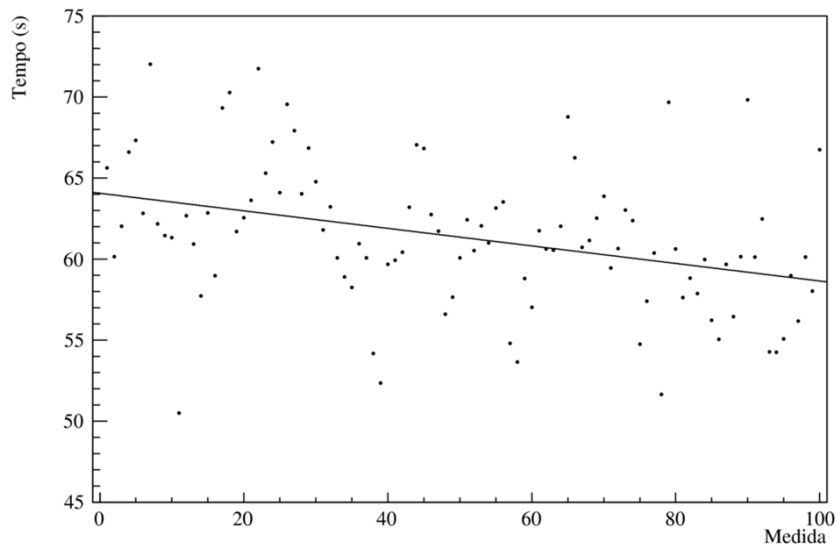
2.1.4 Comentários

Pode-se notar dos gráficos que nenhum medidor teve uma curva de aprendizagem notável - considerando a curva de aprendizagem como a tendência de a média convergir para 60 segundos e o desvio-padrão diminuir com o número de contagens -, o que nos motiva a estudar como se distribuem medidas de várias pessoas distintas, uma vez que se não há uma curva de aprendizagem, os primeiros dados de uma pessoa podem ser considerados tão "legítimos" quanto dados tirados após várias medições.

Antes de apresentar os resultados da segunda parte, note que o conjunto de dados do medidor 1 possui um decréscimo sistemático e linear da média em função do número de medidas:

Figura 10:

Medidor 1



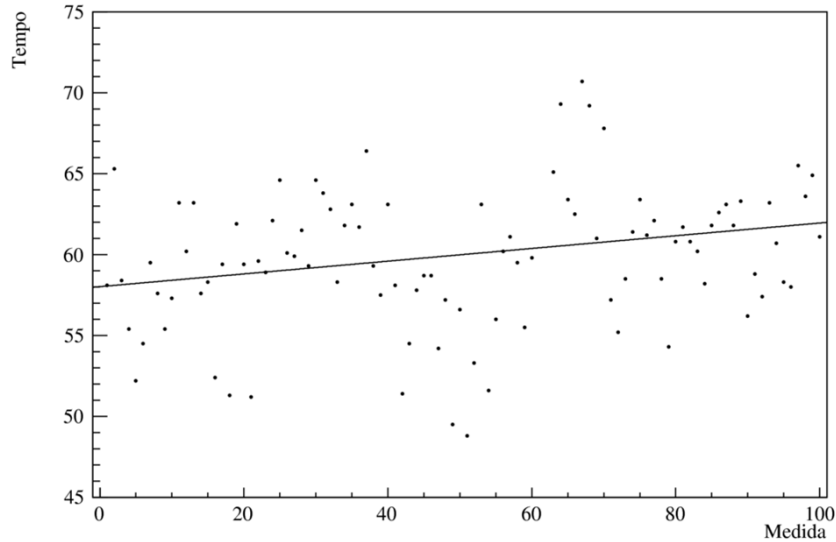
A inclinação da reta ajustada é de -0,054(14)s/dado e o coeficiente linear 64,1(8)s. No ajuste, $D = 4.18$ s onde

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{100} (Y_i - [0]X_i - [1])^2}{N - 2}}$$

O inverso ocorre com o primeiro bloco de medidas do medidor : a média das medições aumenta linearmente com o número de medidas.

Figura 11:

Medidor 3



A reta ajustada tem inclinação de 0,039(16)s/dado, coeficiente linear de 58,0(9)s e $D=4,68$ em que

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{100} (Y_i - [0]X_i - [1])^2}{N - 2}}$$

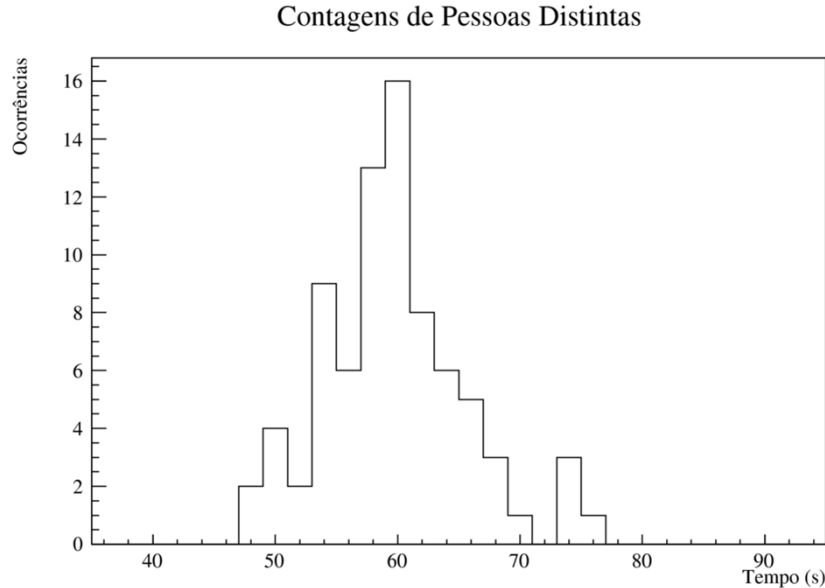
Notamos ainda que a maioria das distribuições tem skewness positivo.

2.2 Parte II

O histograma da figura 12 é do conjunto de dados tomados uma única vez por pessoas distintas. Notamos nele que a média dos dados é bem próxima a 60s.

- $M=59,6(7)s$
- $D=6,0(5)s$
- $S=0,45$
- $K=3,29$

Figura 12:



Assim, seja uma pessoa que pretende estimar 60 segundos mentalmente. Essa deve esperar, caso desconheça sua distribuição, que seu resultado tenha média $T = 60 \pm 6s$. Note ainda que novamente a distribuição apresenta skewness positiva.

2.3 Bônus

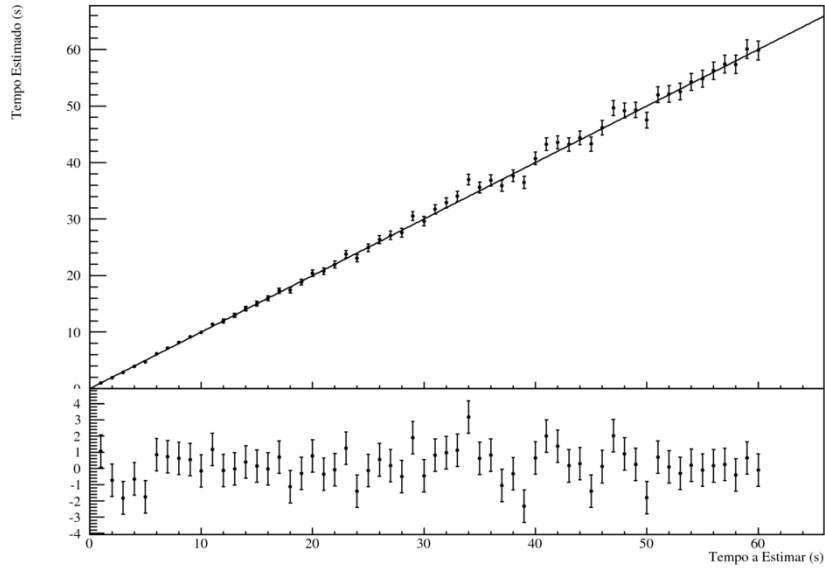
Após as análises da parte 1 e 2 resolvemos investigar mais dois métodos de contagem em busca de outros resultados relevantes dentro da proposta do experimento. Os métodos se constituíram em fazer uma estimativa singular de cada segundo variando monotonicamente de 1 a 60 segundos; e "chutar" o tempo de 30 segundos, ou seja, fazer uma estimativa mental desse tempo sem a contagem dos segundos contidos nele.

Os gráfico do primeiro método descrito nessa sessão está na figura 13. Neste fizemos a estimativa da incerteza da seguinte forma: temos que Y/X tem uma distribuição de média 1. Calculamos o desvio padrão desse conjunto de dados e estimamos a incerteza de Y como X vezes o desvio padrão desse conjunto. Infelizmente não sabemos justificar tão bem esse procedimento e foi sugerido pelo professor que estimássemos a incerteza fazendo com que essa variasse com a raiz quadrada de X . Isso foi feito e o gráfico segue na figura 14.

A reta ajustada da forma $y=[0]*x$ tem inclinação de 1,005(4). O coeficiente linear foi fixado 0 (pois o tempo estimado para 0 segundo é 0) e para tempos contados da ordem dos medidos, um crescimento linear do tempo estimado com

Figura 13:

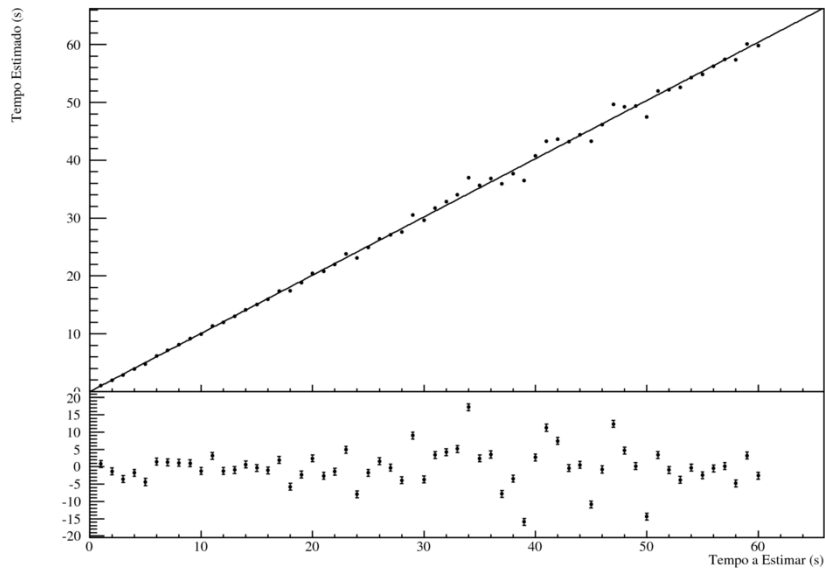
Medidor 4 (tempo crescente)



o tempo a estimar é bastante razoável. Também percebe-se que o gráfico de resíduos não tem estrutura clara, sendo assim o ajuste um bom modelo.

Figura 14:

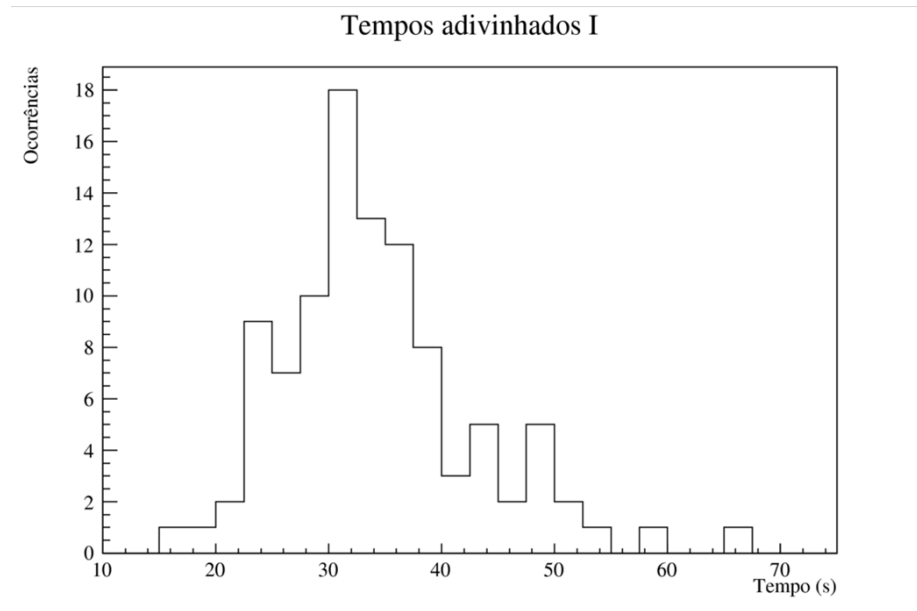
Medidor 4 (tempo crescente) raiz quadrada



A reta ajustada da forma $y=[0]*x$ tem inclinação de 1.0064(6) e de novo o coeficiente linear foi fixado 0. Percebe-se que esse modo de estimar as incertezas não é adequado, pois estas ficam muito pequenas, se forem proporcionais à raiz quadrada do tempo a estimar.

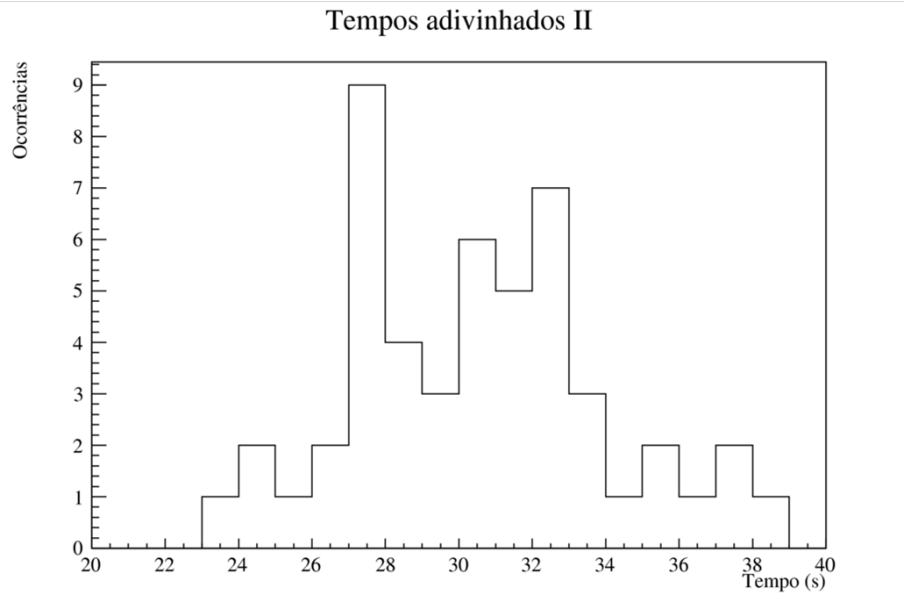
Os histogramas dos "chutes" são as figuras 15 e 16. As skewness são positivas e as diferenças na média e desvio padrão são consideráveis, o que acentua as características individuais de cada medidor na contagem.

Figura 15:



- $M = 33.7(9)s$
- $D = 8.7(6)s$
- $S = 1.11$
- $K = 4.43$

Figura 16:



- $M = 30.5(5)s$
- $D = 3.5(4)s$
- $S = 0.27$
- $K = 2.40$

3 Conclusão

Concluimos que, no geral, as contagens de tempo feitas por indivíduos diferentes tem características, como desvio-padrão, skewness e kurtosis, bem distintas entre si, mas que no geral, as skewness são positivas. Também conclui-se que não há uma curva de aprendizagem, no sentido já explicado anteriormente, notável nas contagens. E para uma estimativa do tempo de uma pessoa contando 60 segundos, tem-se um tempo médio de 60 ± 6 segundos.

Para mais resultados, pode-se repetir o experimento com mais medidores fixos estimando 60s cem vezes, mantendo também um maior controle sobre o estado físico e mental dessa pessoa durante as contagens. Também é válido estudar a influência do envolvimento da pessoa com a música e o desvio padrão de suas contagens, essa ideia foi motivada pela parte 1 do experimento, em que o medidor envolvido com música obteve um desvio-padrão bem menor que o dos outros medidores, porém a falta de pessoas diferentes não nos permite concluir algo, então sugere-se verificar melhor essa possibilidade.