

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE FÍSICA

MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE FÍSICA EXPERIMENTAL

QUAL O LIMITE DA AUDIÇÃO HUMANA?

ANDREI MICHEL SONTAG  
BERNARDO ARÊAS  
IGOR M. G. CRUZ

BACHARELADO EM FÍSICA

PROFº ZWINGLIO GUIMARÃES

SÃO PAULO  
2015

# Conteúdo

1	Introdução	2
2	Objetivos	3
3	Método Experimental	3
4	Resultados	4
5	Conclusão	7

# Qual o limite da audição humana?

Andrei Michel Sontag - 8944881

Bernardo Arêas - 8540081

Igor M. G. Cruz - 7996943

1 de Julho de 2015

## 1 Introdução

A questão descrita no título, "Qual o limite da audição humana?", é o ponto chave que será discutido em breve. Antes vamos falar do conceito físico que envolve diretamente as medições, o som.

O som é a propagação de uma frente de compressão mecânica ou onda mecânica; é uma onda longitudinal, que se propaga de forma circuncêntrica, apenas em meios materiais (que têm massa e elasticidade), como os sólidos, líquidos ou gasosos.[tag] Um exemplo clássico de um meio no qual as ondas sonoras não se propagam é o espaço. [1]



Figura 1: Filme Star Wars

Assim como a luz é visível a nosso olhos a um intervalo bem determinado, chamado de visível, o som têm também um intervalo determinado no qual nós humanos podemos ouvir.

De acordo com a literatura, esse intervalo é de  $20Hz$  até  $20KHz$  [2].Acima desse intervalo há o ultrasom e abaixo há o infrasom.

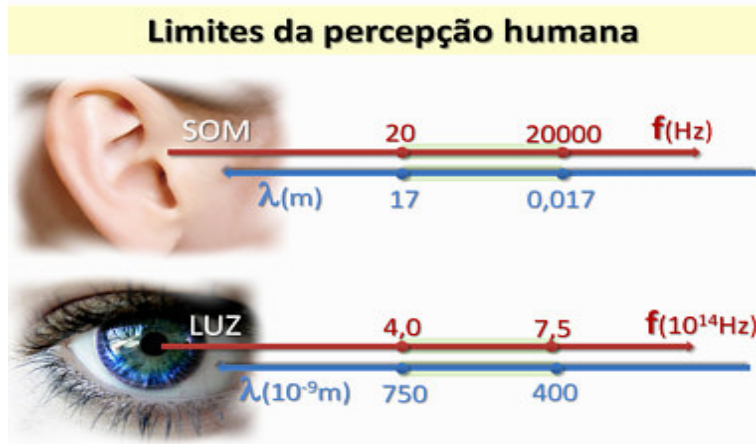


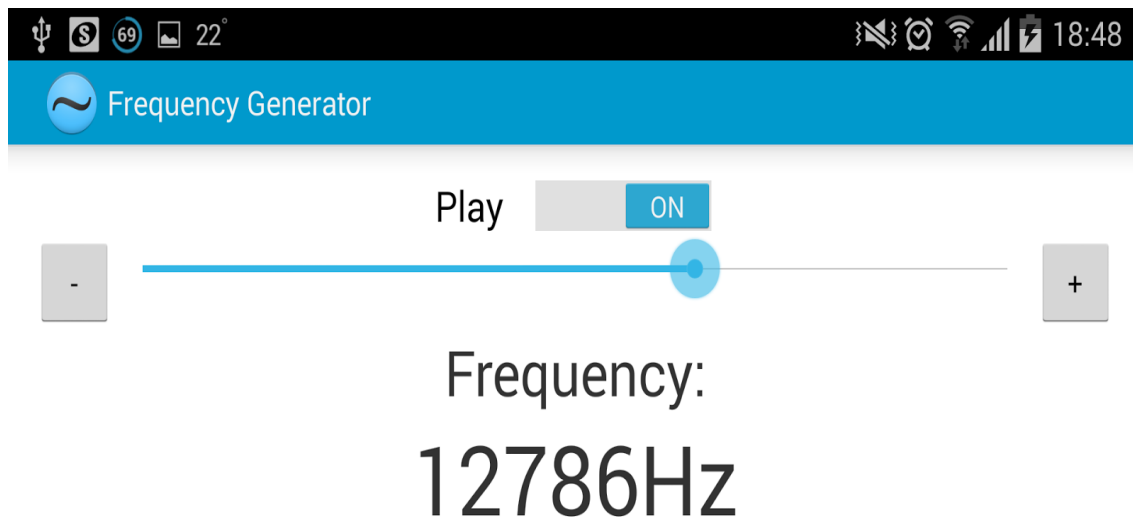
Figura 2: Limites da percepção humana

## 2 Objetivos

O objetivo foi testar os limites da audição humana, verificando se eles se adequam ao intervalo proposto pela literatura, além disso comparar resultados entre pessoas de diferentes sexos.

## 3 Método Experimental

Para a realização das medidas foi utilizado um aplicativo gratuito de celular chamado Frequency Generator [3]. Esse aplicativo emite um estímulo sonoro de frequência controlada por uma pessoa.



### Test your Hearing:

The human hearing range is between 20Hz and 20,000Hz. Use this tool to test your hearing!

Figura 3: Aplicativo Frequency Generator

A calibração do aplicativo foi verificada para a realização das medidas. Para coletar os dados cada participante, um por vez, usava um headphone com um ligeiro isolamento acústico. Uma pessoa variava a frequência primeiro para o grave, começando de  $0Hz$ . No instante em que o participante ouvia algum som, era anotada a frequência associada. Isso se repetiu para as frequências agudas, começando de  $20KHz$ .

Foram tomados para a coleta de dados 20 pessoas, sendo 10 homens e 10 mulheres de faixas etárias muito próximas. O local onde foram feitas as medições foi cuidadosamente escolhido para eventuais ruídos externos não atrapalharem.

Foi feito um tratamento estatístico adequado para a elaboração das conclusões por meio do webROOT - GRIPER (Grupo de Íons Pesados Relativísticos) do Instituto de Física - USP/SP [4].

## 4 Resultados

Os resultados foram expressos em gráficos como é mostrado a seguir.

As linhas horizontais representam as médias de cada gráfico. Os pontos coletados para o grupo de mulheres são exibidos em vermelho, enquanto para o grupo dos homens é exibido em azul. Para os dois primeiros gráficos a linha vermelha horizontal representa a média geral.

O eixo x representa cada medida e o eixo y representa a frequência em hertz.

A média para a audição do grave das mulheres é  $\sigma_M = (24.22 \pm 0.95)Hz$ .

A média para a audição do grave dos homens é  $\sigma_H = (26.4 \pm 1.6)Hz$ .

A média para a audição do agudo das mulheres é  $\sigma_M = (187.6 \pm 3.7) \times 10^2 Hz$ .

A média para a audição do agudo dos homens é  $\sigma_H = (180.2 \pm 3.5) \times 10^2 Hz$ .

A média para a audição do grave de todas as pessoas é  $\sigma_T = (25.37 \pm 0.98) Hz$

A média para a audição agudo de todas as pessoas é  $\sigma_T = (183.9 \pm 2.6) \times 10^2 Hz$

As incertezas para as medições de frequências de grave foram estimadas e valem 1Hz. As incertezas para as medições de frequências de agudo foram estimadas e valem 50Hz.

Para as frequências graves, era facilmente perceptível avaliar um intervalo no qual o participante deixava de ouvir, por isso foi estimado em 1Hz. Para as frequências agudas, ao contrário das graves, era mais complicado obter um intervalo pequeno no qual o participante deixava de escutar, por isso foi estimado em 50Hz.

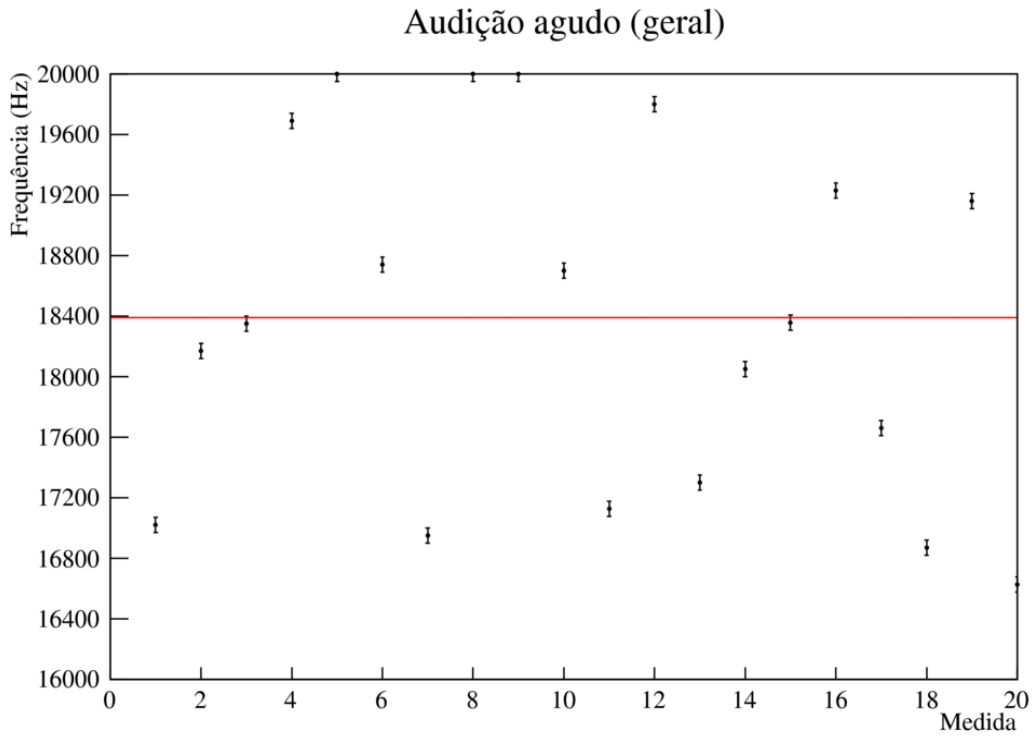


Figura 4: Gráfico sobre todas as medidas agudo

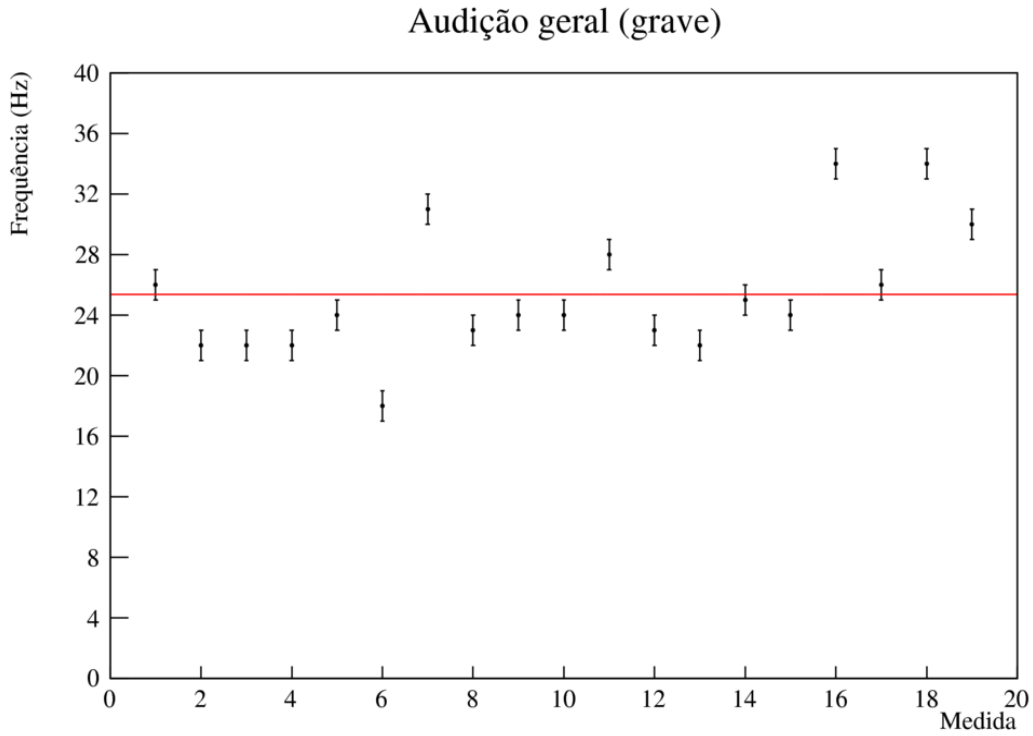


Figura 5: Gráfico sobre todas as medidas grave

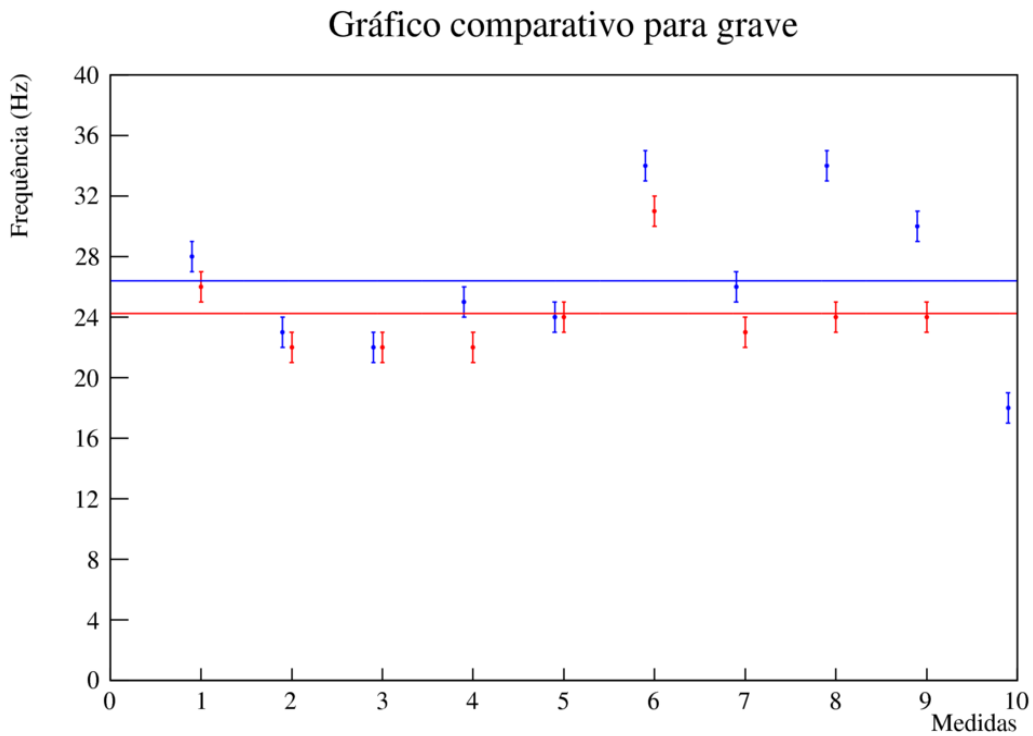


Figura 6: Gráfico comparativo entre audição de homens e mulheres

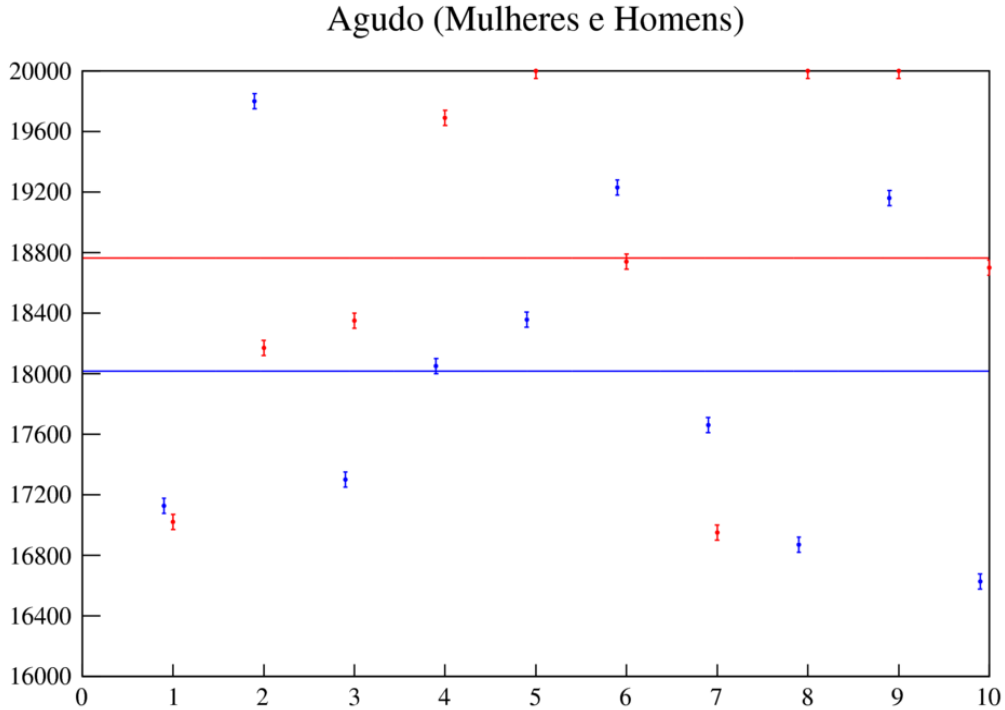


Figura 7: Gráfico comparativo entre audição de homens e mulheres para o agudo

Vejamos agora a compatibilidade das médias:

$$TesteZ_{agudo} = \frac{187.6x10^2 - 180.2x10^2}{\sqrt{(3.7x10^2)^2 + (3.5x10^2)^2}} = 1.45 \quad (1)$$

$$TesteZ_{grave} = \frac{24.22 - 26.4}{\sqrt{(0.95)^2 + (1.6)^2}} = 1.17 \quad (2)$$

## 5 Conclusão

Após feito o tratamento estatístico e interpreta-lo, podemos concluir que as mulheres ouvem, de acordo com a amostra, um intervalo de frequências semelhantes em relação aos homens. Apesar do teste z apontar a compatibilidade entre as médias de audição entre homens e mulheres, percebemos que as mulheres ouvem num intervalo de frequências maior em relação aos homens através dos dados obtidos. Vemos que o experimento foi conclusivo para o número limitado de amostra.

O experimento poderia ser melhorado para uma amostra muito maior de pessoas, e seria interessante coletar dados de pessoas com faixas etária diferentes para verificar se a idade influência na audição das pessoas.



## Referências

- [1] Halliday D., Resnick R.; Walker J.. Fundamentos da Física 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica - 4ªedição. [S.l.]: LTC, 1996. ISBN
- [2] Bistafa 2006, pp. 6,7
- [3] Frequency Generator App
- [4] <http://webroot.if.usp.br/index.php>