

Introdução às Medidas em Física

4300152

11^a Aula

Experiência VII: Cordas Vibrantes

Objetivos:

Estudar os modos de vibração de uma **corda presa em suas extremidades**. Um exemplo de sistemas como esse são os instrumentos musicais de corda

Análise de dados

Análise gráfica – escala logarítmica

Dedução empírica de uma lei física



Vibração de uma corda

Talvez um dos primeiros estudos experimentais da natureza registrado na história da civilização ocidental

Monocórdio de Pitágoras

Pitágoras estudou a dependência de diferentes fatores no som de uma corda tensionada



Seja uma corda ou um fio preso em suas extremidades (como uma corda de violão). Ao puxarmos essa corda, como ela deverá vibrar?

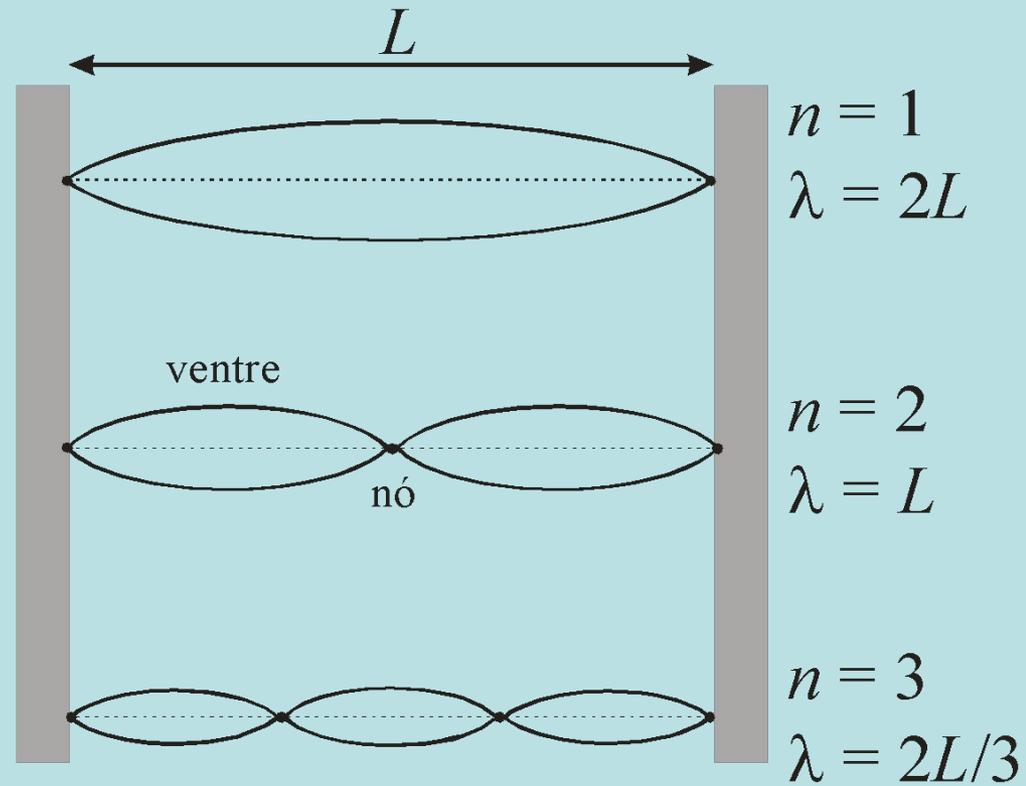
Quais características da corda e da forma como ela está presa determinam a maneira como ela vibrará?

Modos de vibração de um fio

Fio preso nas duas extremidades

Essa condição limita as configurações possíveis de ondas estacionárias

Surgem os modos de vibração ou frequências de ressonância



$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

As frequências de ressonância dependem de que parâmetros?

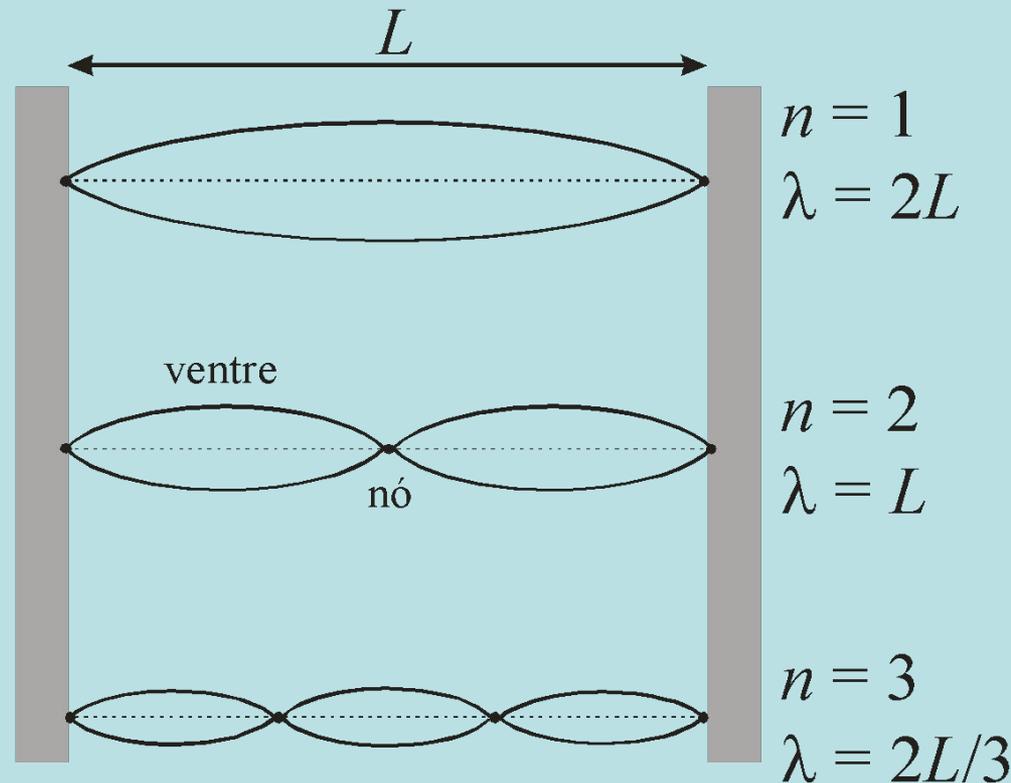
$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Modo de vibração

Diminuindo o comprimento de onda, aumenta-se a frequência

Comprimento do fio

Quanto maior o comprimento, maior o comprimento de onda para o mesmo modo de vibração



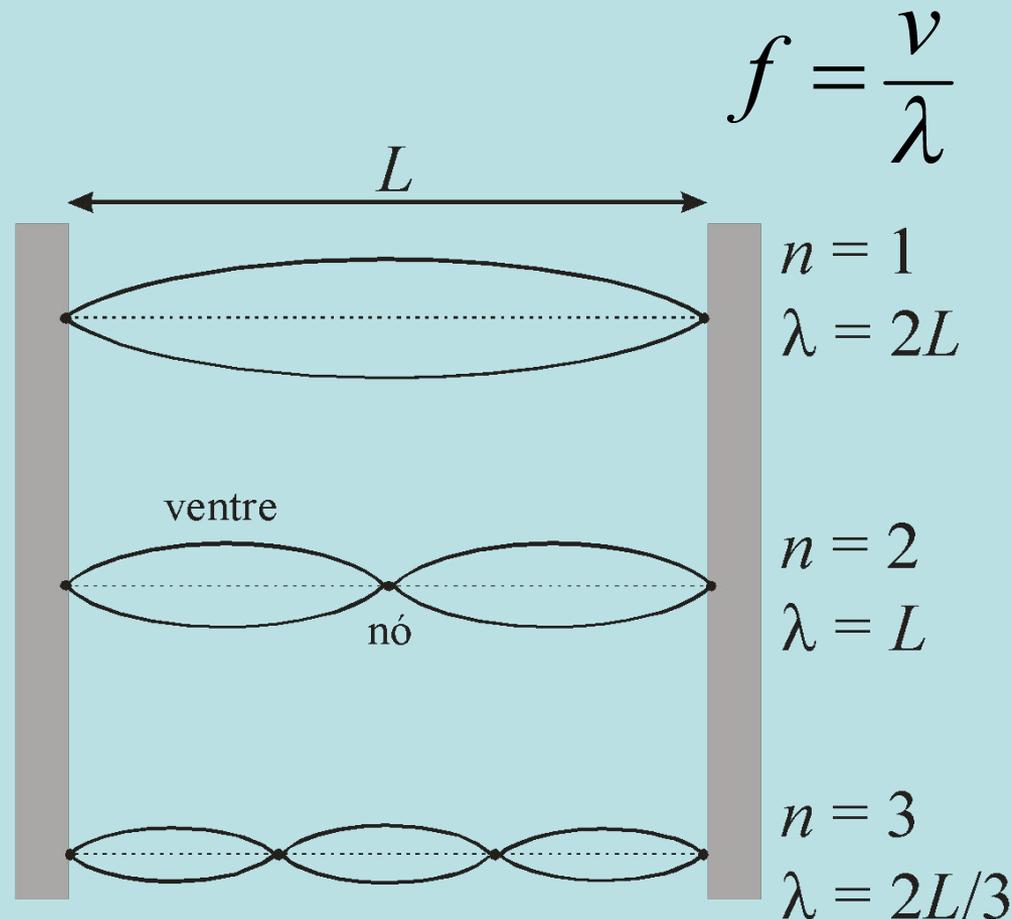
As frequências de ressonância dependem de que parâmetros?

Densidade do fio

Fios de densidade diferentes vibram em frequências diferentes (violão)

Tensão aplicada ao fio

Variando-se a tensão, varia-se a frequência (afinar um violão)



As frequências de ressonância dependem de que parâmetros?

Assim, os parâmetros principais são

Modo de vibração (n)

Comprimento do fio (L)

Densidade (μ)

Vamos usar a densidade linear $\mu = m / L$

Tensão aplicada (T)

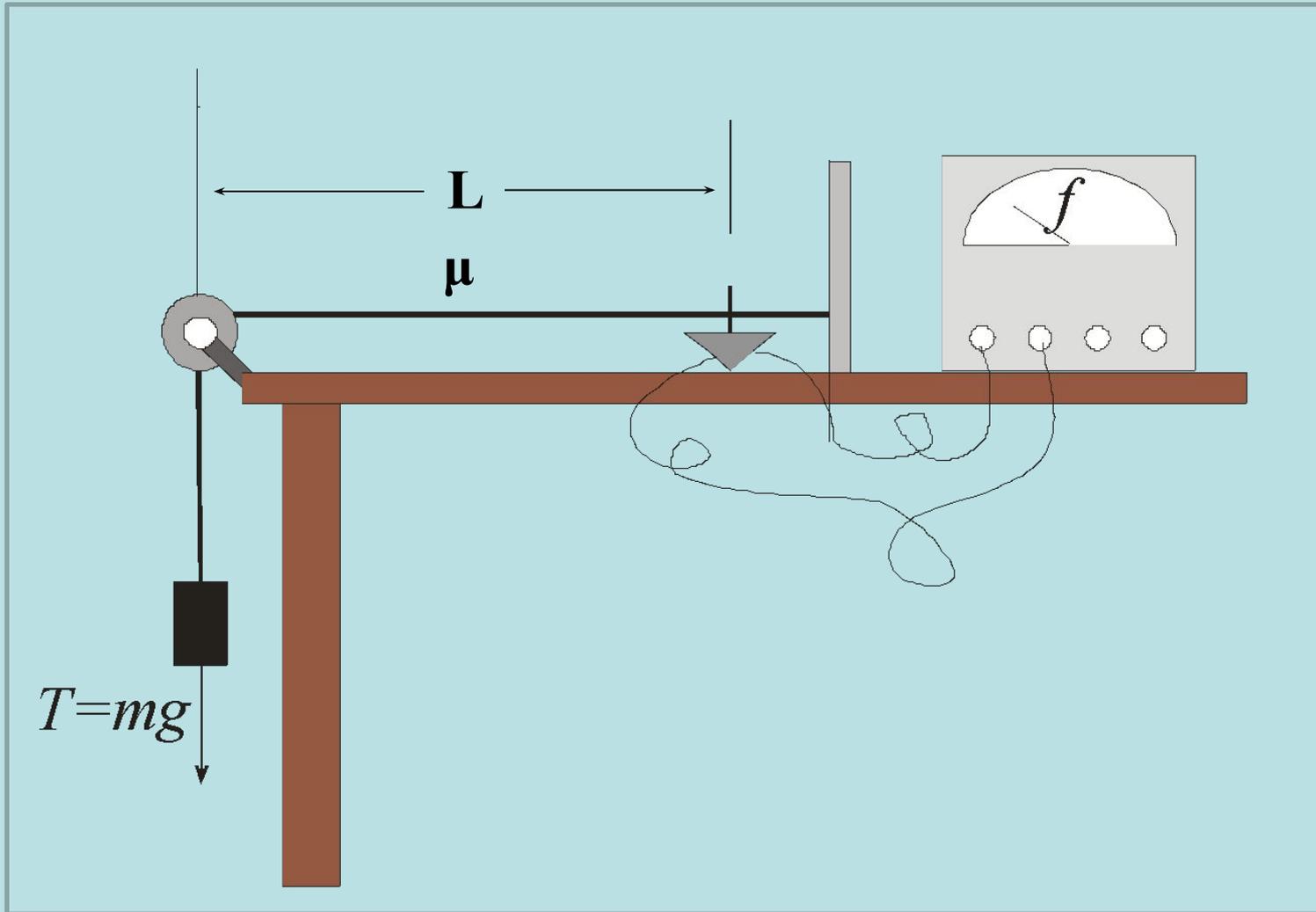
Como correlacionar a frequência com esses parâmetros?

Tomar os dados e analisá-los

Fixar todos os parâmetros, menos um deles

Estudar variação da frequência com este parâmetro

Arranjo experimental



Procedimento experimental

Quatro parâmetros a serem estudados:

n , L , μ e T

Exemplo: Como a frequência depende de n ?

Fixar (e anotar, com a respectiva incerteza) todos os outros parâmetros

Anote μ do fio de nylon que está montado no seu no arranjo experimental

Escolha uma massa, meça na balança e anote seu valor

Meça o comprimento L com uma trena

Medir as frequências de ressonância para vários valores de n até ser possível visualizar as ressonâncias ($n \sim 5-6$)

Procedimento experimental

Em seguida, cada grupo varie os valores para o parâmetro T (ou seja, os valores de massa)

Estudar como a frequência do segundo modo de vibração ($n=2$) depende deste parâmetro

Não esqueça de manter fixos os outros parâmetros (anote os respectivos valores e incertezas)

Fazer 6-7 medidas, variando este parâmetro

Olhem a apostila para os cuidados a serem tomados para este parâmetro

Anote o valor da massa do suporte de massas

Análise dos dados

Como obter uma expressão para a frequência de ressonância?

Hipótese:

Supor que a frequência depende de um parâmetro como uma potência deste parâmetro

$$f(x) = A \cdot x^b$$

No caso dos nossos parâmetros, supor uma combinação de potências

$$f_n = C n^\alpha L^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

Análise dos dados

Determinar os valores dos coeficientes α , β , γ , δ a partir dos dados. Como?

Para um determinado parâmetro, com todos os outros fixos, podemos escrever que:

$$f(x) = A \cdot x^b$$

Por exemplo: para todos os parâmetros fixos e variando apenas n :

$$f_n = B n^\alpha$$

$$B = cte = CL^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

Análise dos dados

Fixar todos os parâmetros e variar somente n :

$$f_n = Bn^\alpha, \text{ onde: } B = cte = CL^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

Como determinar B e α ?

Extrair o logaritmo da expressão acima:

$$\log(f_n) = \log(Bn^\alpha)$$

$$\log(f_n) = \log(B) + \alpha \cdot \log(n) \quad \text{É uma reta}$$

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = \log(f_n) \quad x = \log(n) \quad a = \log(B) \quad b = \alpha$$

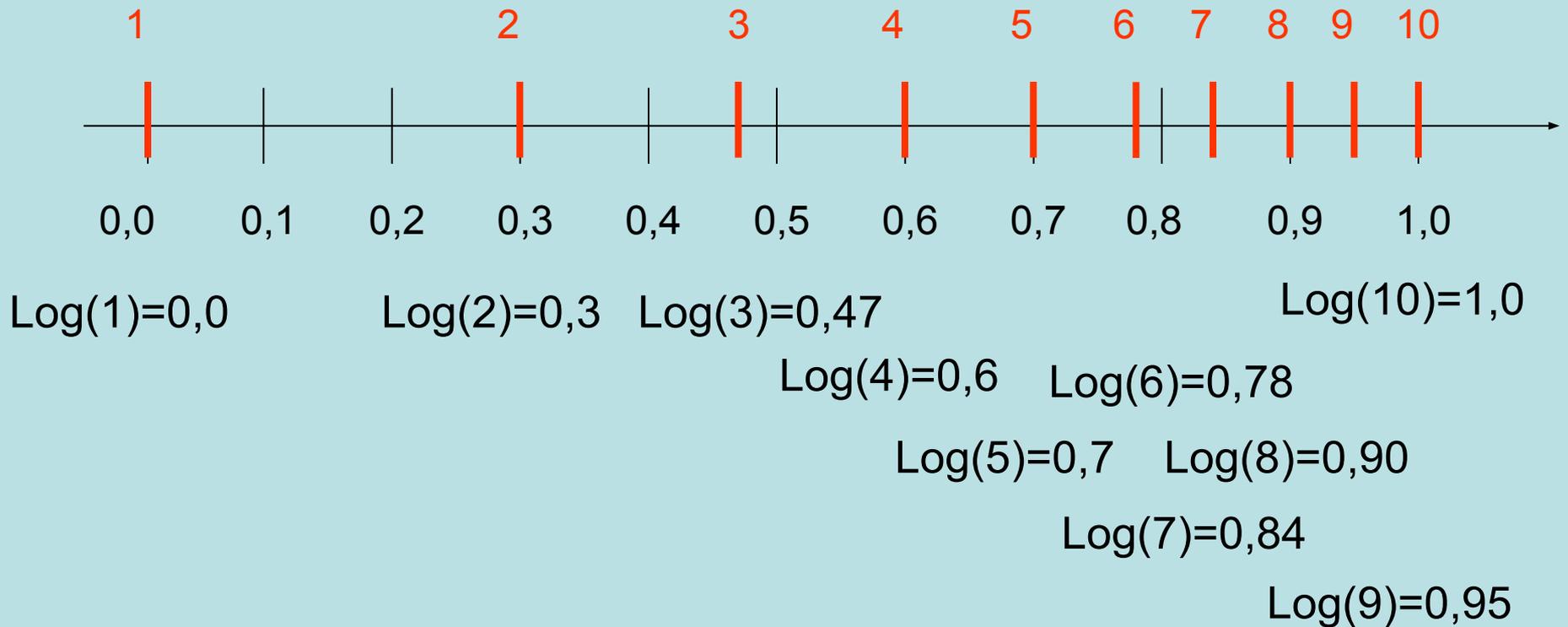
Escala Logarítmica

A fim de facilitar a construção desse gráfico e evitar que tenhamos que calcular o logaritmo de todos os dados, podemos utilizar o chamado papel di-log

Nesse papel, tanto o eixo-x como o eixo-y são construídos de forma que o comprimento real no papel corresponde ao logaritmo do número marcado na escala do gráfico

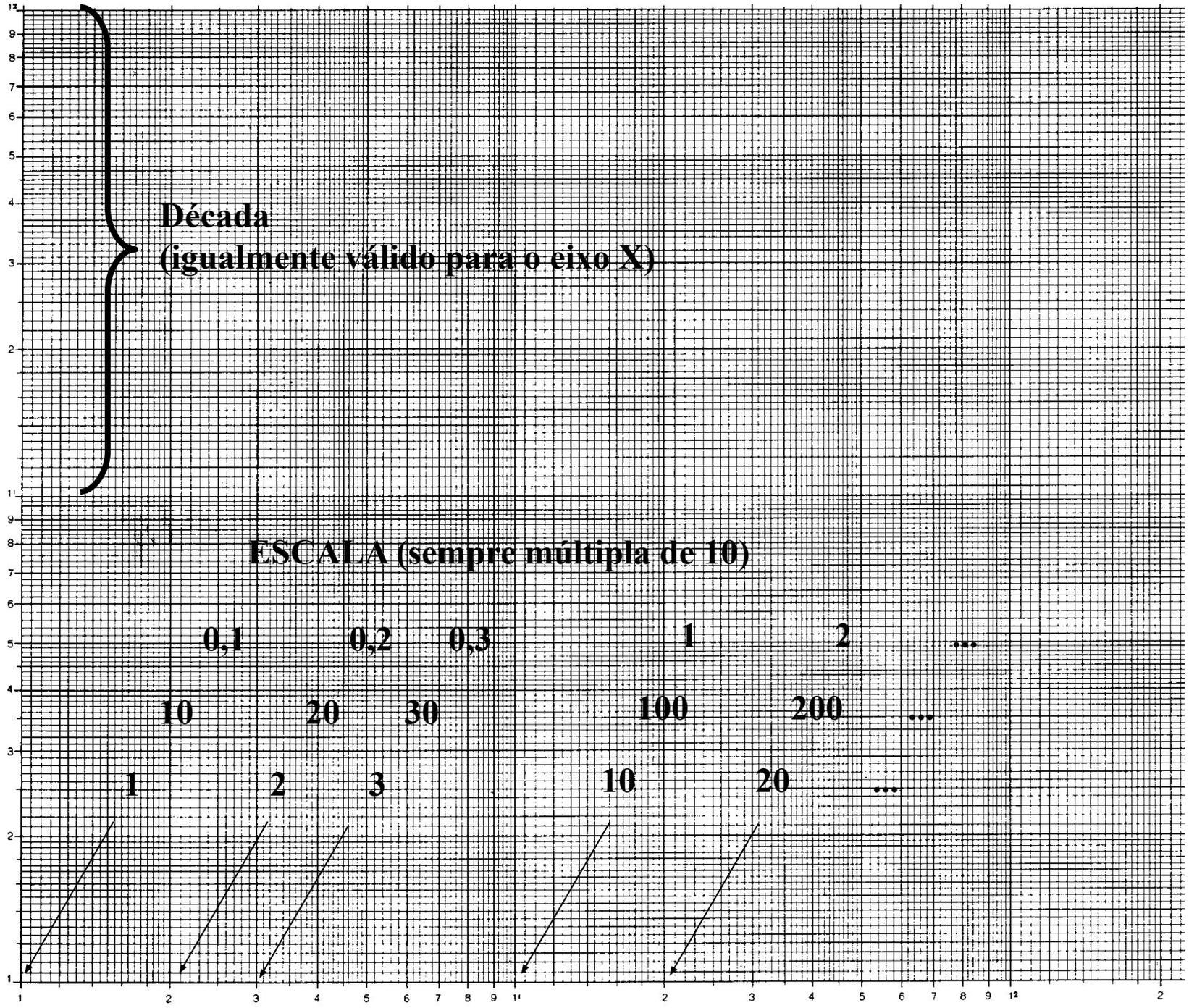
Analogamente ao eixo y no papel monolog

Escala Logarítmica



Década
(igualmente válido para o eixo X)

ESCALA (sempre múltipla de 10)



Análise dos dados

Fazer o gráfico di-log das frequências de ressonância como função dos parâmetros medidos:

f vs n

f vs tensão no fio

Os dados realmente são uma reta no papel di-log?

Qual o coeficiente angular da reta com a sua incerteza?

