

# REVISÃO – VESTIBULAR 2024

## SEMANA 4

PROFESSOR DANILO



# ONDAS

UNESP/ENEM/FUVEST

# O que está faltando?

Exercícios de nível sonoro



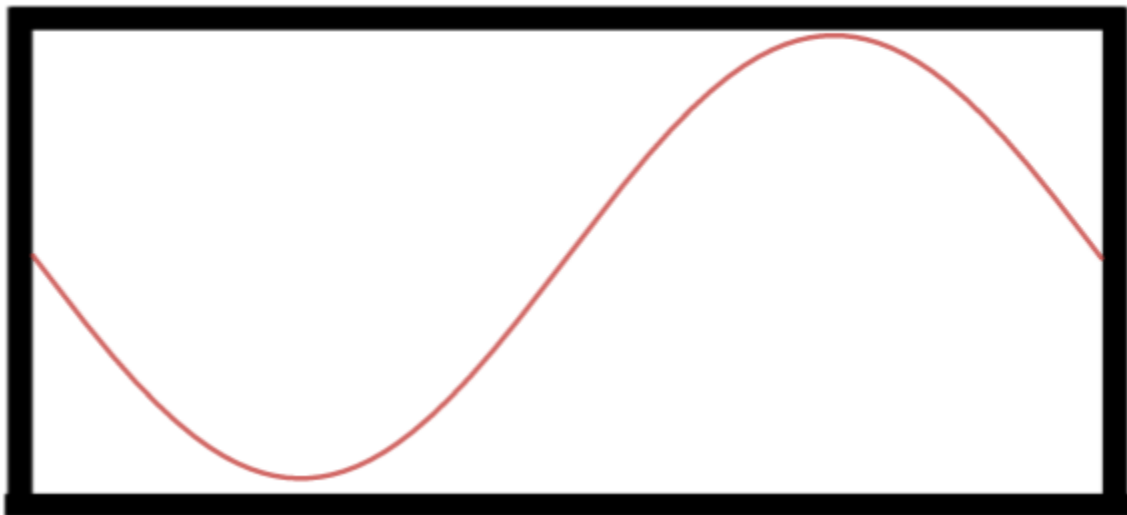
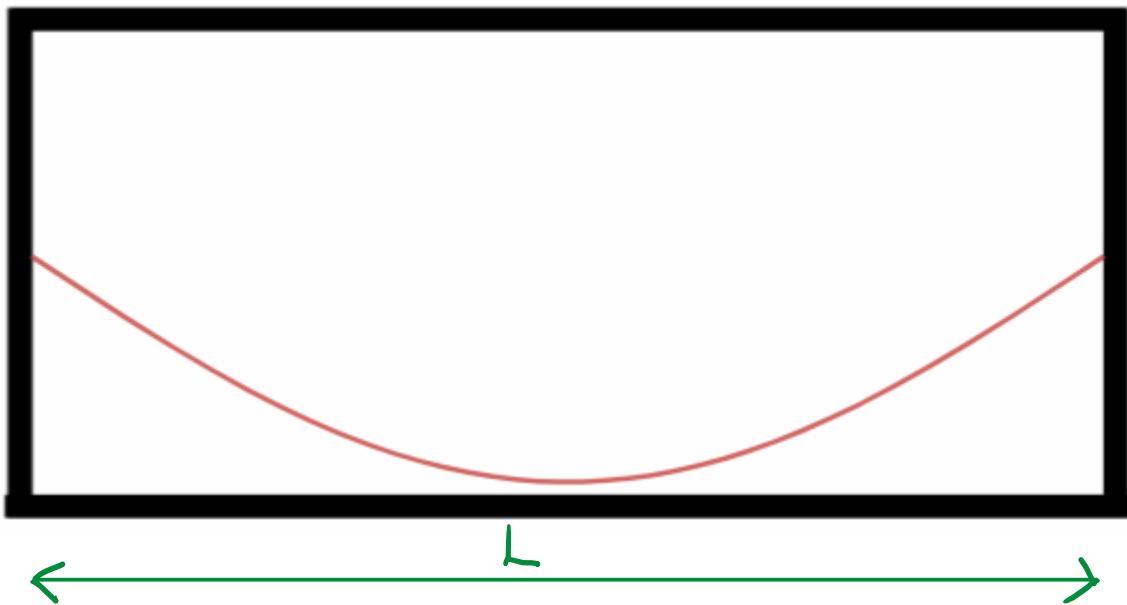
Interferência



Onda estacionária

Efeito Doppler

## Onda estacionária



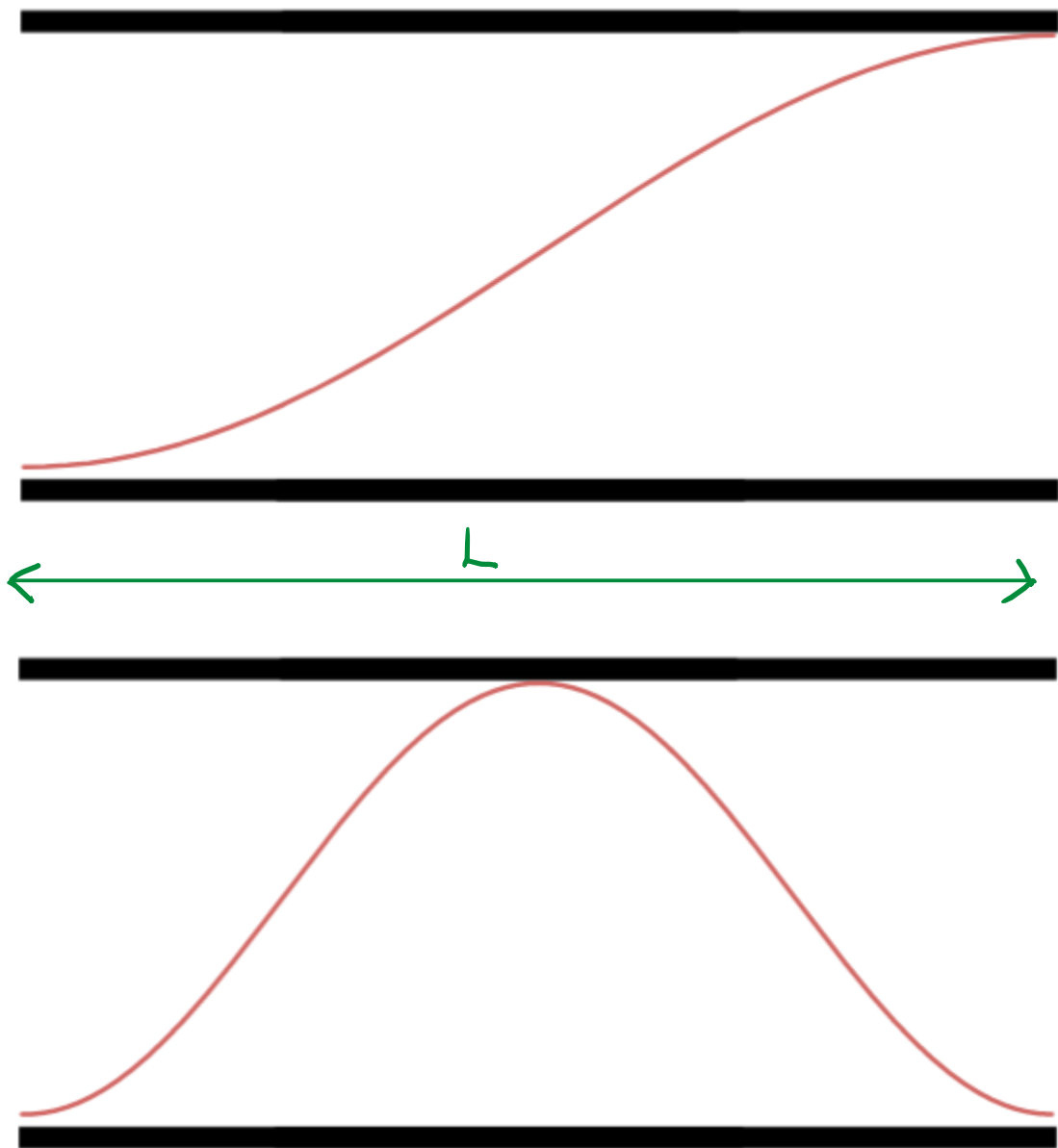
## EXTREMIDADES FIXAS

$$L = n \frac{\lambda}{2} \Rightarrow$$

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

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

Onda estacionária



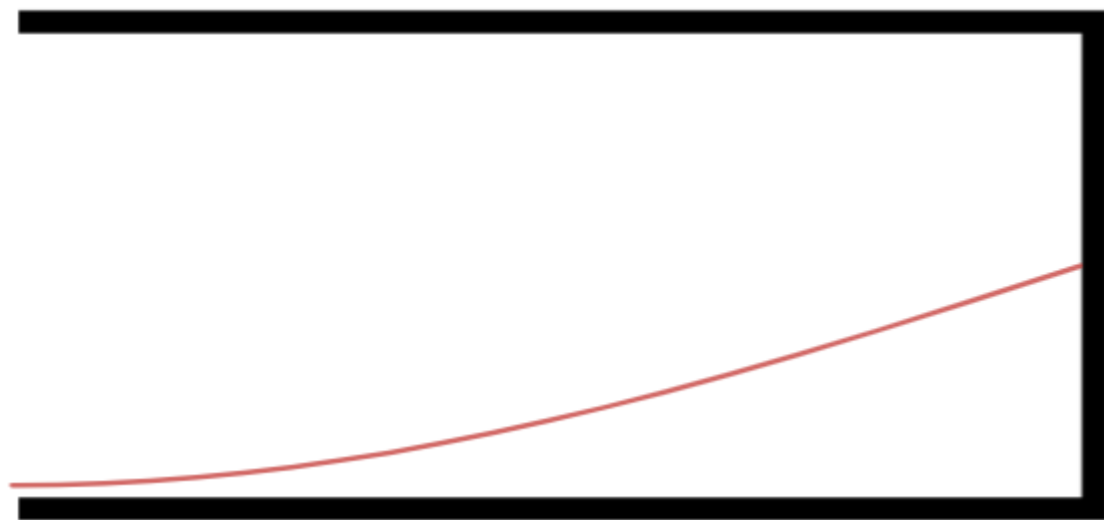
EXTREMIDADES  
LIVRES

(TUBOS SONOROS  
ABERTOS)

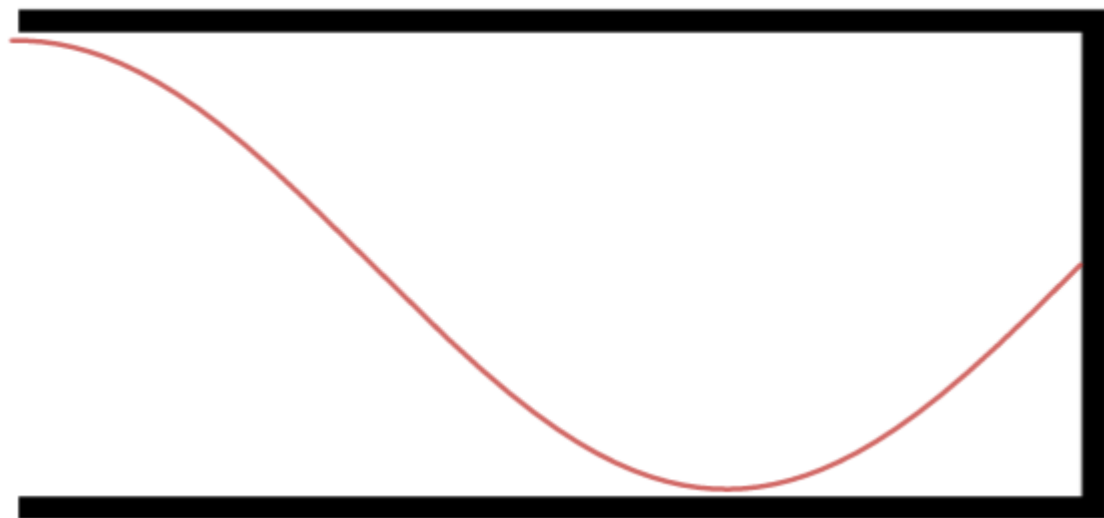
$$L = n \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \left| \lambda = \frac{2L}{n} \right|$$

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

## Onda estacionária



$L$



UMA EXTREMIDADE  
LIVRE E A OUTRA FIXA  
(TUBO SONORO FECHADO)

$$L = n \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{4L}{n}}$$

$$n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

NÃO EXISTEM HARMÔNICOS  
PARES EM TUBOS  
ABERTOS

# EXERCÍCIOS

## ONDAS ESTACIONÁRIAS

- UNESP
  - 4
- UNICAMP
- FUVEST
  - 21
- ENEM
  - 29, 37, 38

Nos instrumentos musicais de corda, as cordas apresentam diferentes espessuras e diferentes densidades lineares de massa, para que aquelas que emitem sons mais graves não precisem ser muito longas, o que inviabilizaria a construção do instrumento.

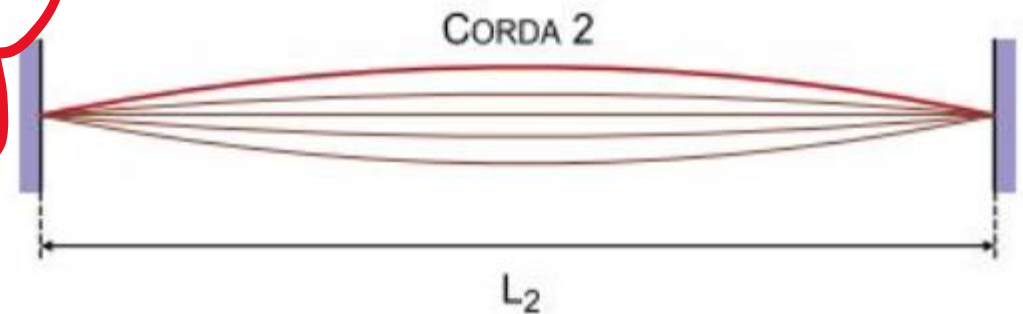
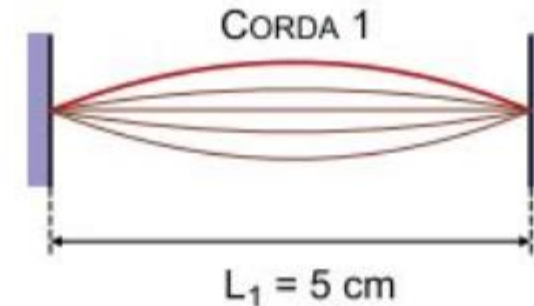
Detalhes das cordas de um violoncelo



(pt.wikipedia.org)

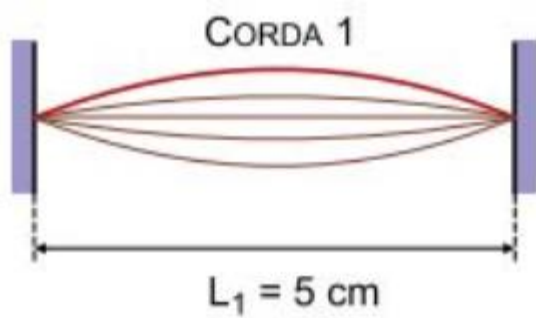
Eq. Taylor

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$



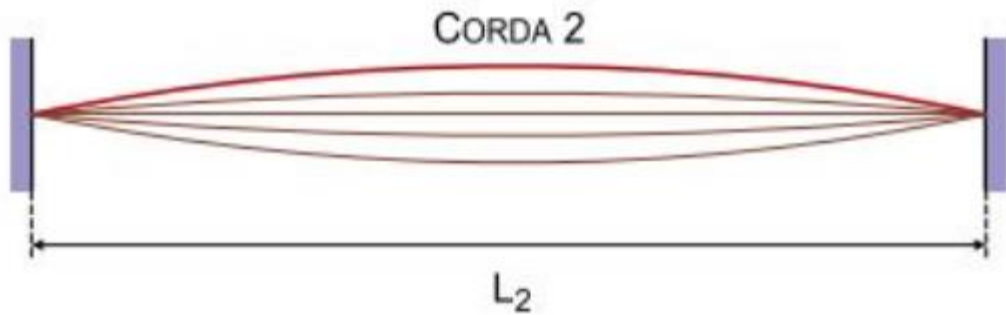
Para ilustrar o fato de que cordas que emitem sons mais graves precisariam ser muito longas, considere duas cordas, 1 e 2, ambas com extremidades fixas, que apresentem espessuras iguais, mesma densidade linear de massa e que estejam submetidas à mesma força de tração.





Pelo Desenho:

$$\lambda = 2L \quad e \quad v = \lambda f$$



Pelo enunciado:

$$v_1 = v_2 \quad \rightarrow \quad f_1 = 150 f_2$$

Quando essas cordas vibram em seus modos fundamentais, a frequência da onda sonora emitida pela corda 1 é 150 vezes maior do que a frequência da onda sonora emitida pela corda 2. Sabendo que a corda 1 mede  $L_1 = 5 \text{ cm}$ , o comprimento  $L_2$  da corda 2 deve ser de

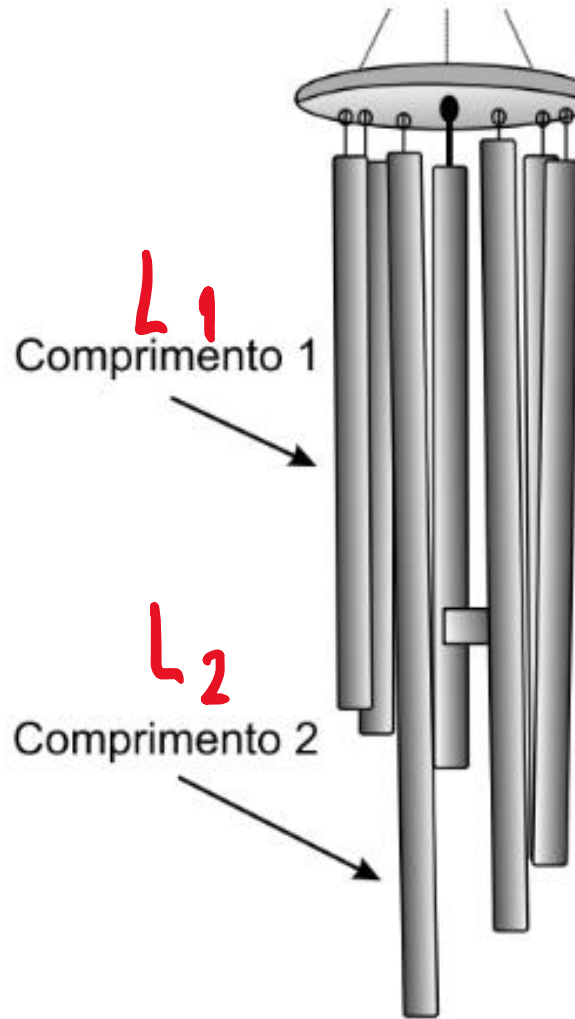
- a) 7,5 m.
- b) 8,0 m.
- c) 5,0 m.
- d) 2,5 m.
- e) 1,5 m.

Resolução:  $\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2 \Rightarrow$

~~$2L_1 \cdot 150 f_2 = 2L_2 f_2 \Rightarrow$~~

$5 \cdot 150 = L_2 \Rightarrow L_2 = 750 \text{ cm}$

O sino dos ventos é composto por várias barras metálicas de mesmo material e espessura, mas de comprimentos diferentes, conforme a figura.



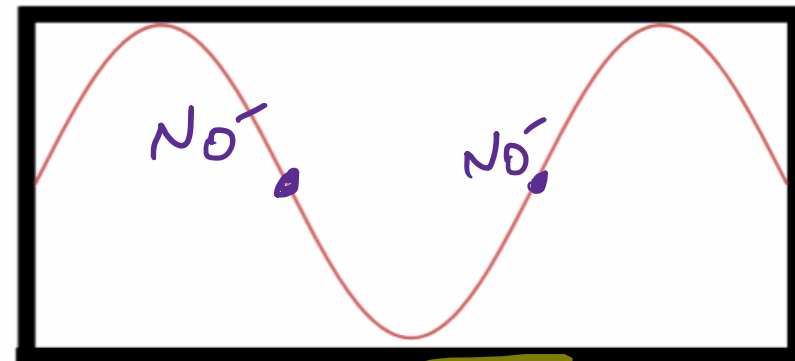
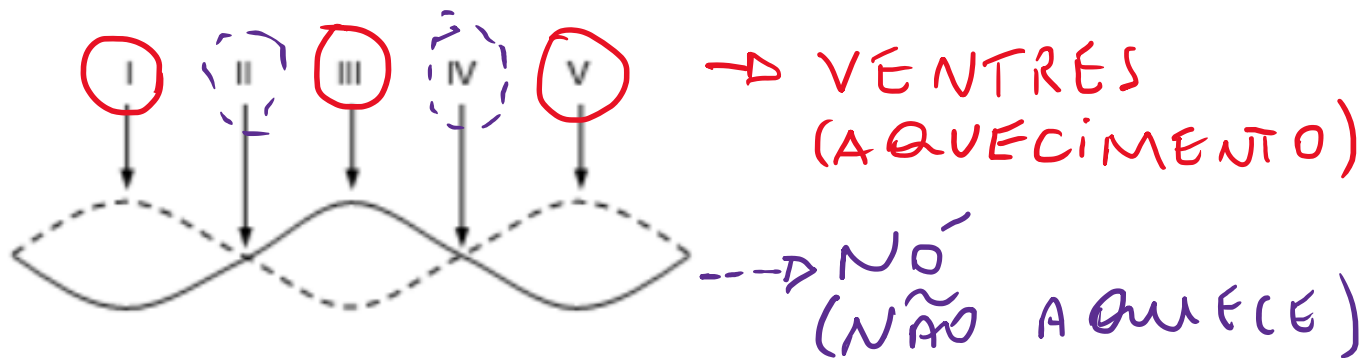
Considere  $f_1$ , e  $v_1$ , respectivamente, como a frequência fundamental e a velocidade de propagação do som emitido pela barra de menor comprimento, e  $f_2$ , e  $v_2$  são essas mesmas grandezas para o som emitido pela barra de maior comprimento.

As relações entre as frequências fundamentais e entre as velocidades de propagação são, respectivamente,

- a)  $f_1 < f_2$  e  $v_1 < v_2$
- b)  $f_1 < f_2$  e  $v_1 = v_2$ .
- c)  $f_1 < f_2$  e  $v_1 > v_2$ .
- d)  $f_1 > f_2$  e  $v_1 = v_2$ .**
- e)  $f_1 > f_2$  e  $v_1 > v_2$ .

$v_{\text{som}}$   
 INDEPENDENTE  
 DA FONTE  
 ↳  
 DEPENDE  
 DO MEIO (AR)

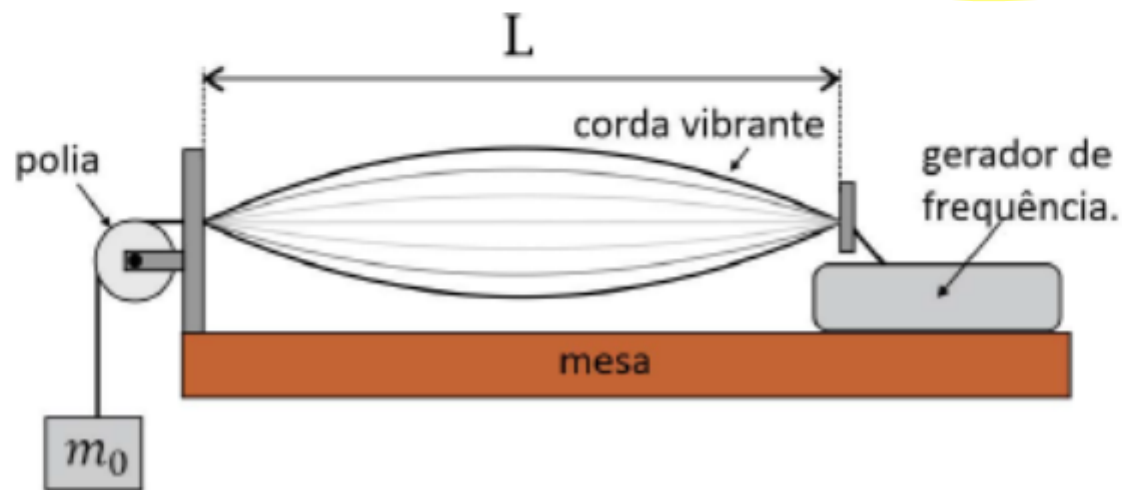
Um experimento para comprovar a natureza ondulatória da radiação de micro-ondas foi realizado da seguinte forma: anotou-se a frequência de operação de um forno de micro-ondas e, em seguida, retirou-se sua plataforma giratória. No seu lugar, colocou-se uma travessa refratária com uma camada grossa de manteiga. Depois disso, o forno foi ligado por alguns segundos. Ao se retirar a travessa refratária do forno, observou-se que havia três pontos de manteiga derretida alinhados sobre toda a travessa. Parte da onda estacionária gerada no interior do forno é ilustrada na figura.



De acordo com a figura, que posições correspondem a dois pontos consecutivos da manteiga derretida?

- a) I e III
- b) I e V
- c) II e III
- d) II e IV
- e) II e V

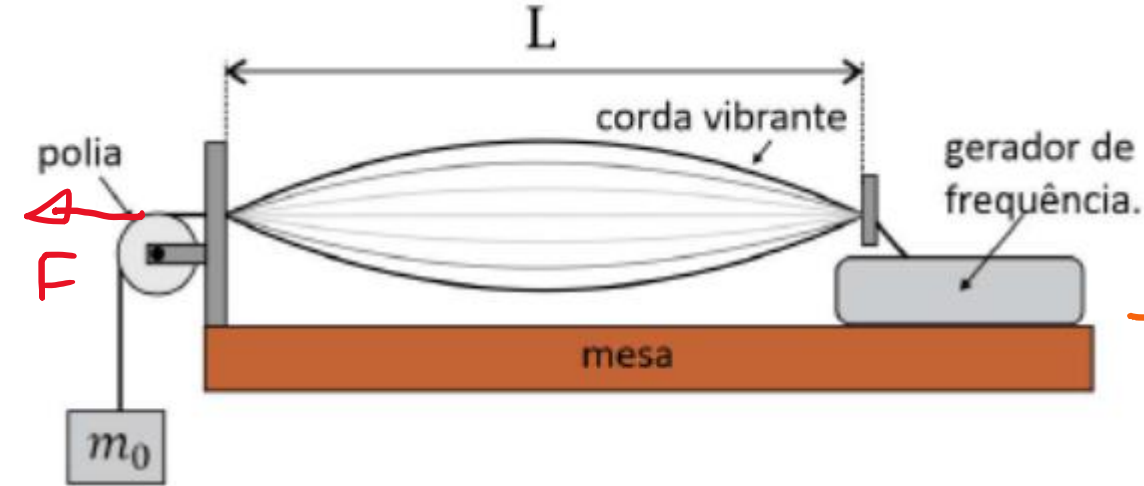
Ondas estacionárias podem ser produzidas de diferentes formas, dentre elas esticando-se uma corda homogênea, fixa em dois pontos separados por uma distância  $L$ , e pondo-a a vibrar. A extremidade à direita é acoplada a um gerador de frequências, enquanto a outra extremidade está sujeita a uma força tensional produzida ao se pendurar à corda um objeto de massa  $m_0$  mantido em repouso. O arranjo experimental é ilustrado na figura. Ajustando a frequência do gerador para  $f_1$  obtém-se na corda uma onda estacionária que vibra em seu primeiro harmônico.



Ao trocarmos o objeto pendurado por outro de massa  $M$ , observa-se que a frequência do gerador para que a corda continue a vibrar no primeiro harmônico deve ser ajustada para  $2f_1$ . Com isso, é correto concluir que a razão  $M/m_0$  deve ser:

Note e adote:  $\rightarrow$  Eq. Taylor:  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

A velocidade da onda propagando-se em uma corda é diretamente proporcional à raiz quadrada da tensão sob a qual a corda está submetida.



FORMULÁRIO:  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

$v = \lambda \cdot f$

$\frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 2L$

a) 1/4

b) 1/2

c) 1

d) 2

**e) 4**

DADOS:

$F_1 = m_0 \cdot g$

$F_2 = M \cdot g$

$\lambda_1 = \lambda_2 = 2L$

$f_2 = 2f_1$

$\mu_1 = \mu_2 = \mu$

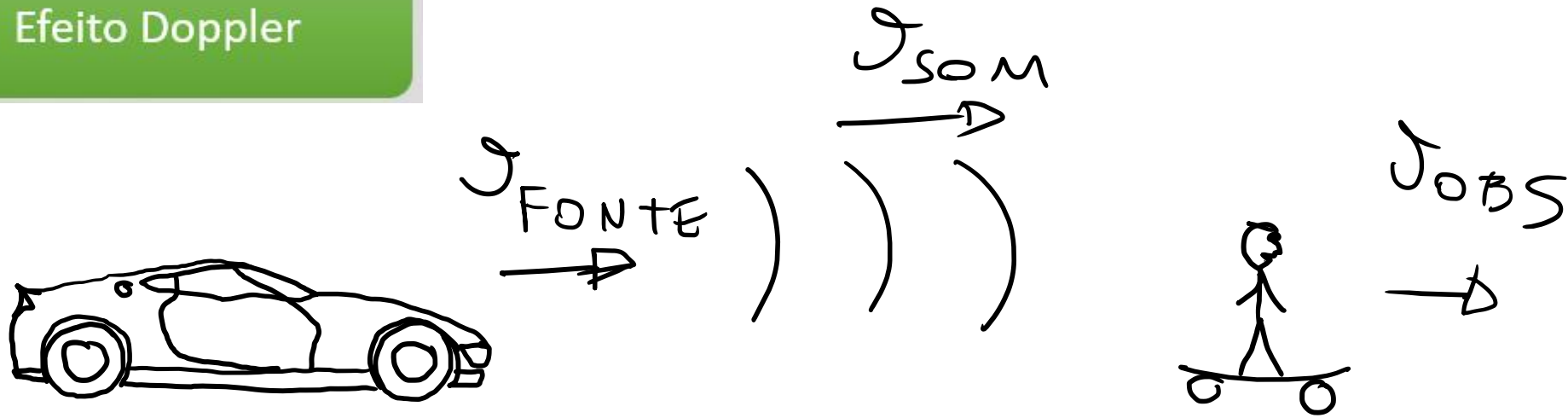
Resolução:

$\sqrt{\frac{F}{\mu}} = \lambda \cdot f \Rightarrow \begin{cases} \sqrt{\frac{F_1}{\mu}} = \lambda_1 \cdot f_1 \\ \sqrt{\frac{F_2}{\mu}} = \lambda_2 \cdot f_2 \end{cases} \div \Rightarrow$

$\sqrt{\frac{F_1}{\mu}} \cdot \frac{\mu}{F_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot \frac{f_1}{f_2} \Rightarrow \sqrt{\frac{m_0}{M}} = \frac{f_1}{2f_1} \Rightarrow$

$\frac{m_0}{M} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{M}{m_0} = 4$

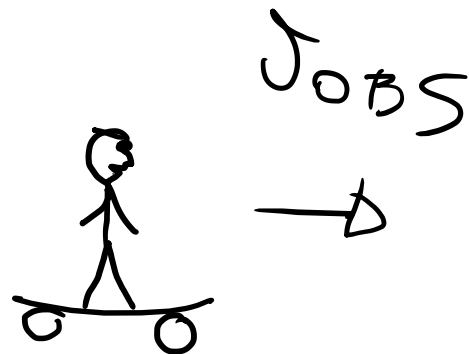
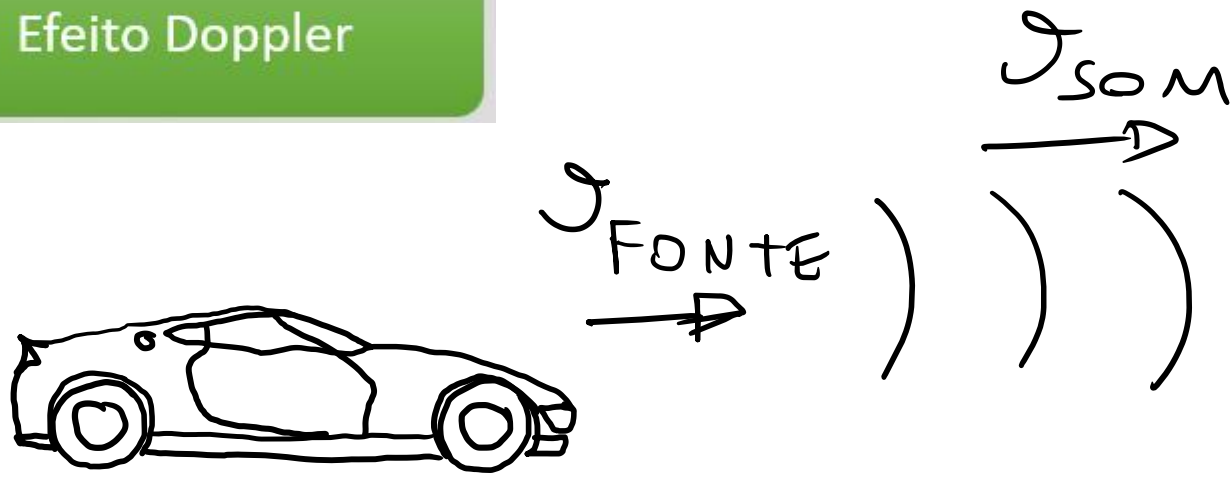
## Efeito Doppler



De forma muito simplificada:

- Quando há aproximação entre fonte e observador, a frequência observada é maior que a emitida;
- Quando há afastamento entre fonte e observador, a frequência observada é menor que a emitida.

# Efeito Doppler



$$\frac{f_{\text{EMITIDA}}}{J_{\text{SOM}} - J_{\text{FONTE}}} = \frac{f_{\text{OBSERVADA}}}{J_{\text{SOM}} - J_{\text{OBS}}}$$

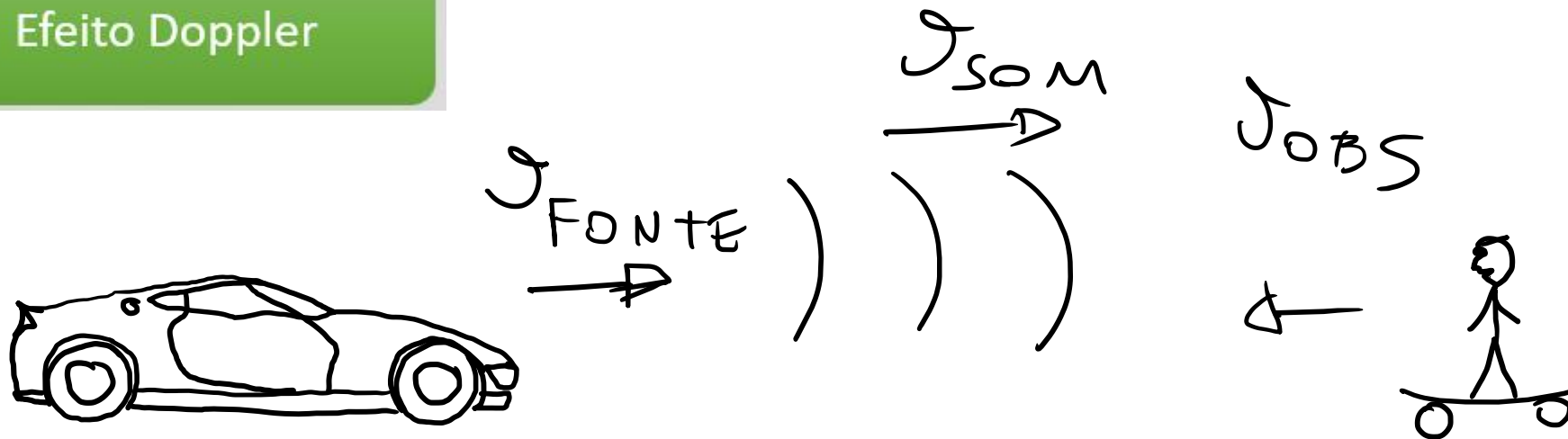
$J_{\text{FONTE}}$   
→  
MESMA

$J_{\text{SOM}}$   
→  
SÉNTIDO (-)

$J_{\text{SOM}}$   
→  
MESMA

$J_{\text{OBS}}$   
→  
SÉNTIDO (-)

# Efeito Doppler



$$\frac{f_{\text{EMITIDA}}}{J_{\text{SOM}} - J_{\text{FONTE}}} = \frac{f_{\text{OBSERVADA}}}{J_{\text{SOM}} + J_{\text{OBS}}}$$

$J_{\text{FONTE}}$   
→

MESMA

$J_{\text{SOM}}$   
→

SENTIDO

(-)

$J_{\text{SOM}}$   
→

SENTIDOS

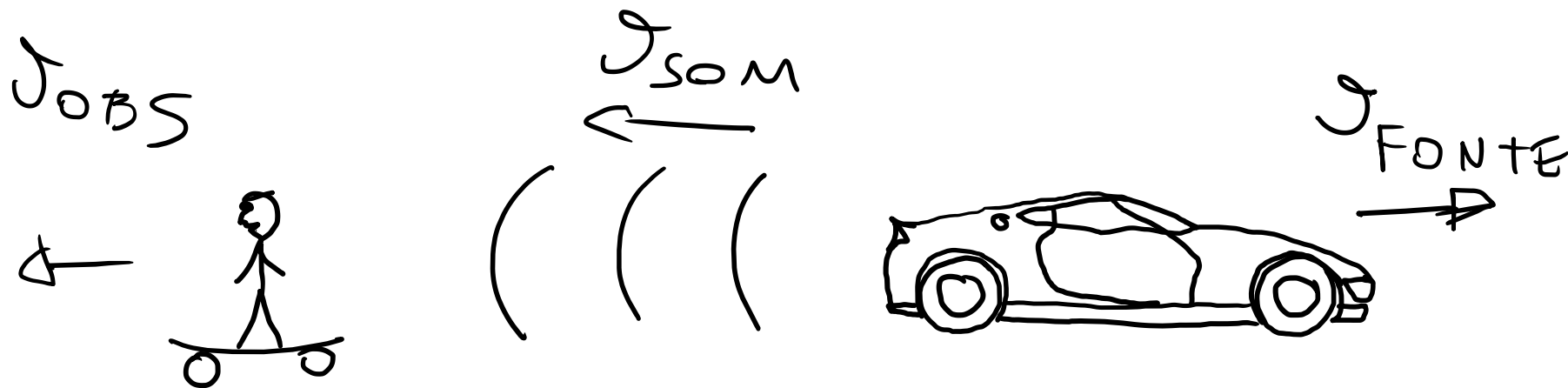
$J_{\text{OBS}}$   
←

OPPOSTOS

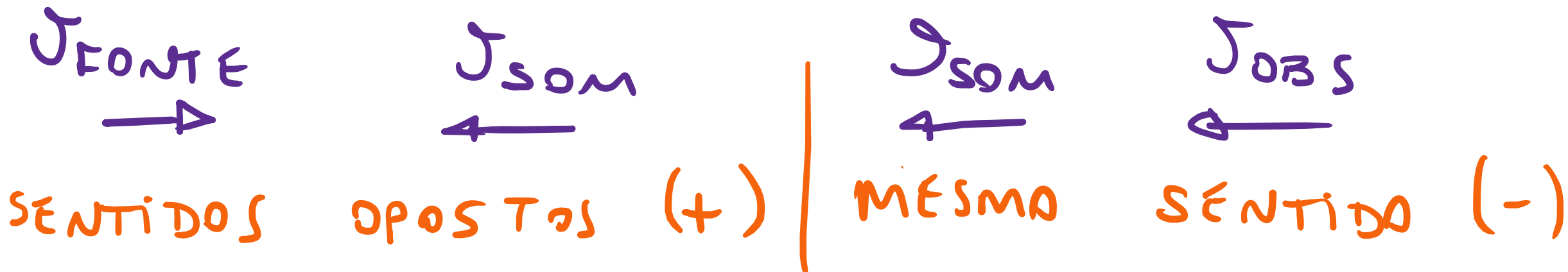
(+)



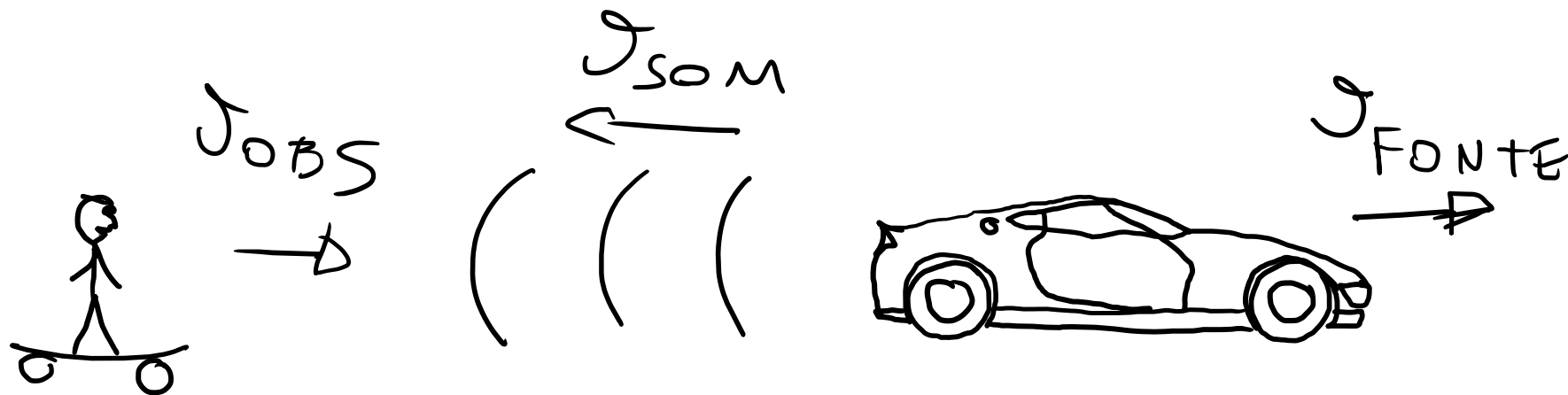
# Efeito Doppler



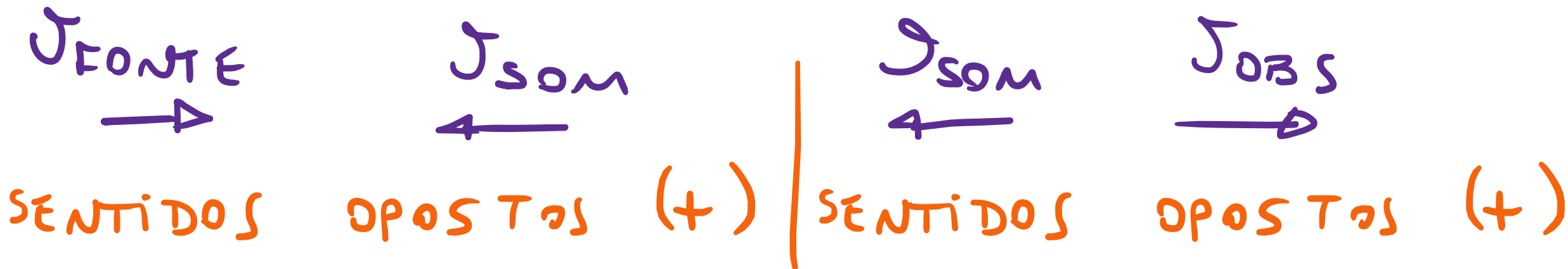
$$\frac{f_{EMITIDA}}{J_{SOM} + J_{FONTE}} = \frac{f_{OBSERVADA}}{J_{SOM} - J_{OBS}}$$



# Efeito Doppler



$$\frac{f_{EMITIDA}}{J_{SOM} + J_{FONTE}} = \frac{f_{OBSERVADA}}{J_{SOM} + J_{OBS}}$$



# EXERCÍCIOS

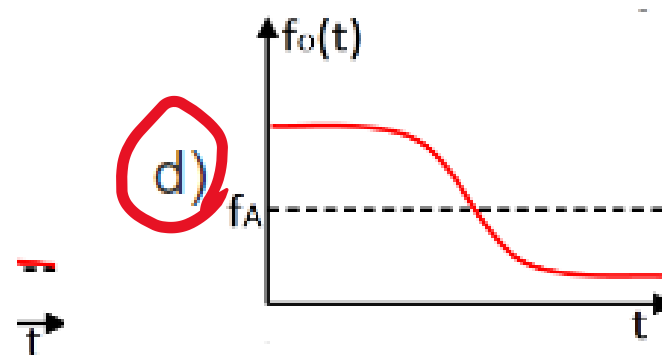
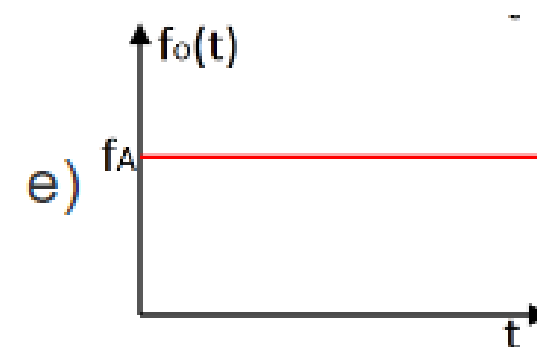
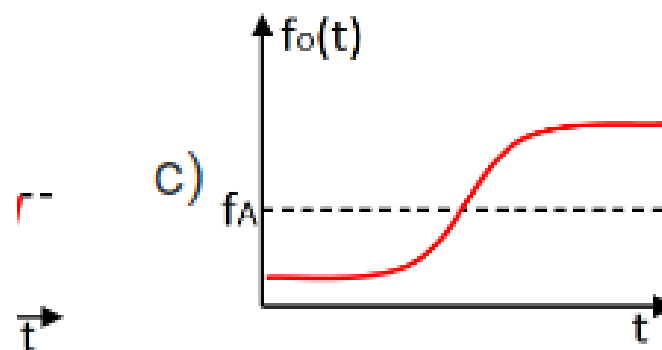
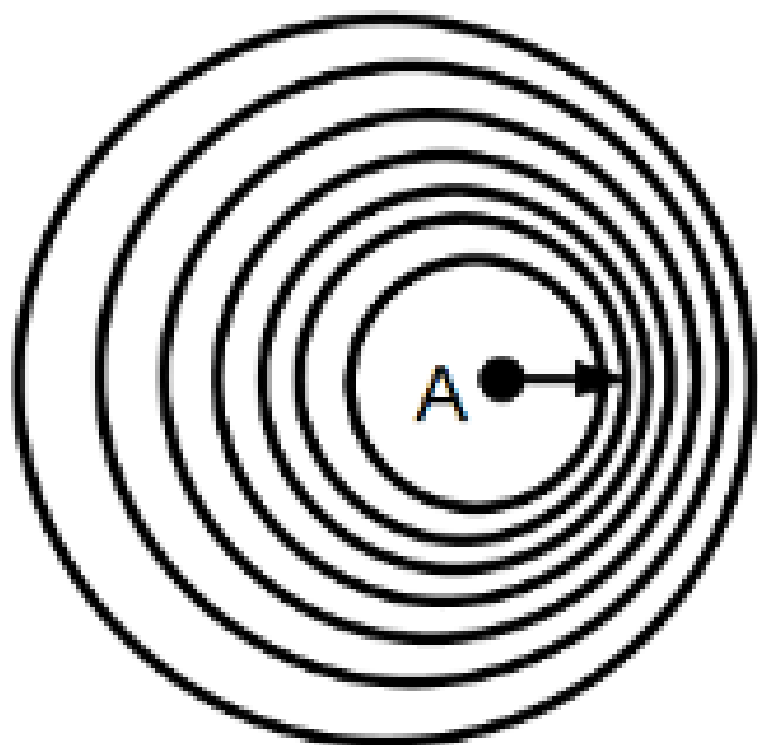
## EFEITO DOPPLER

- UNESP
- UNICAMP
- FUVEST
- ENEM
  - 26

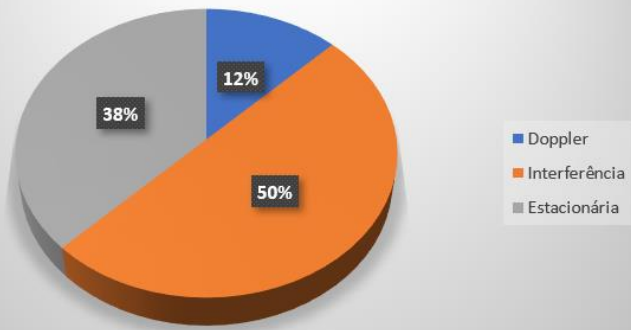
Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante  $f_A$ . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância. O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo  $f_O(t)$ , antes e depois da passagem da ambulância por ele.

Qual esboço gráfico representa a frequência  $f_O(t)$

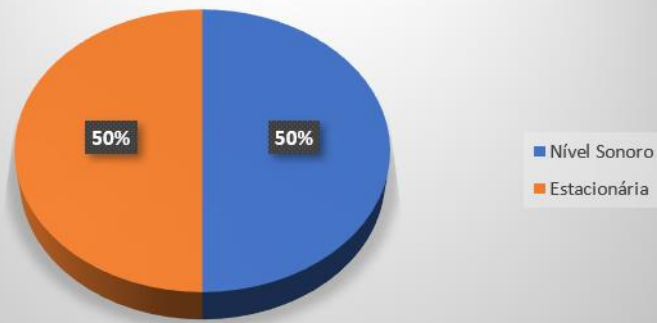
detectada pelo observador?



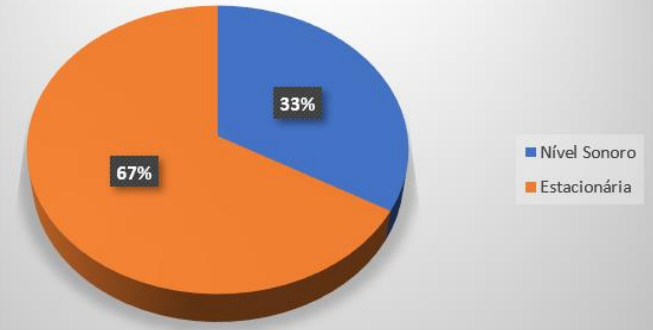
### ENEM



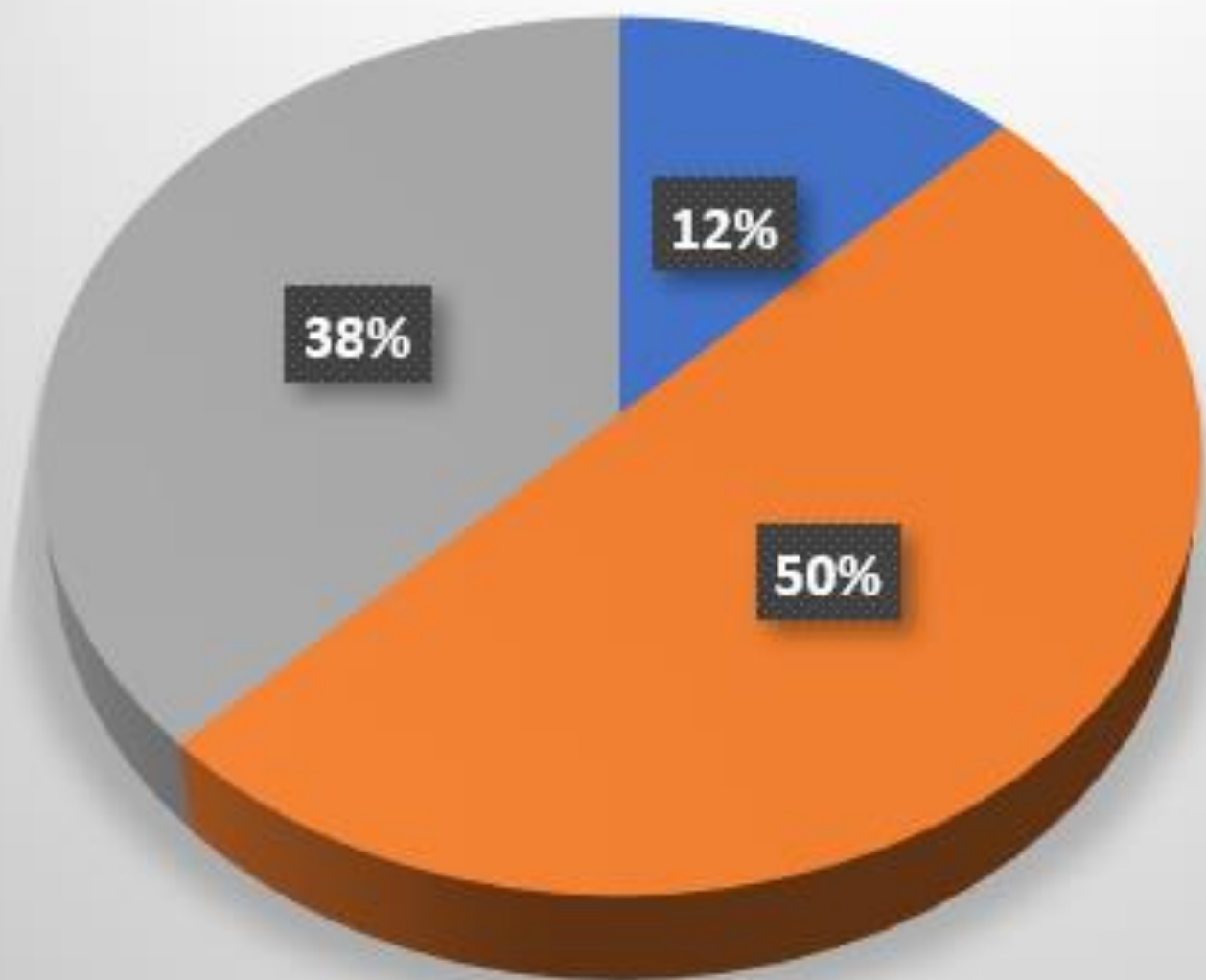
### UNESP



### FUVEST

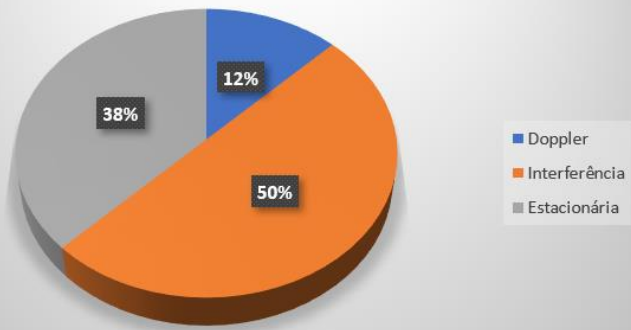


# ENEM

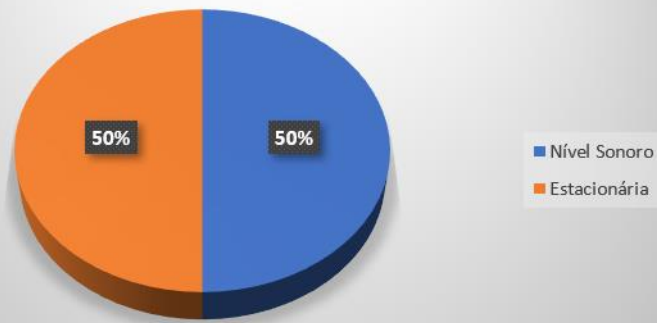


- Doppler
- Interferência
- Estacionária

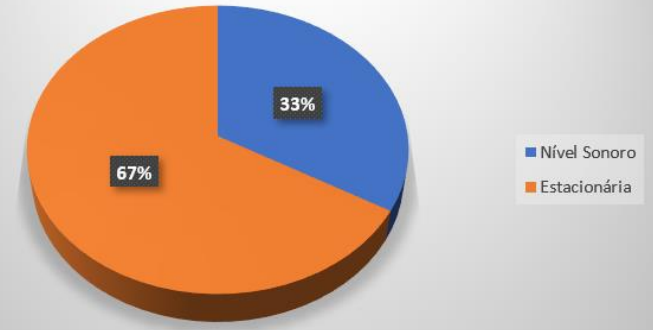
### ENEM



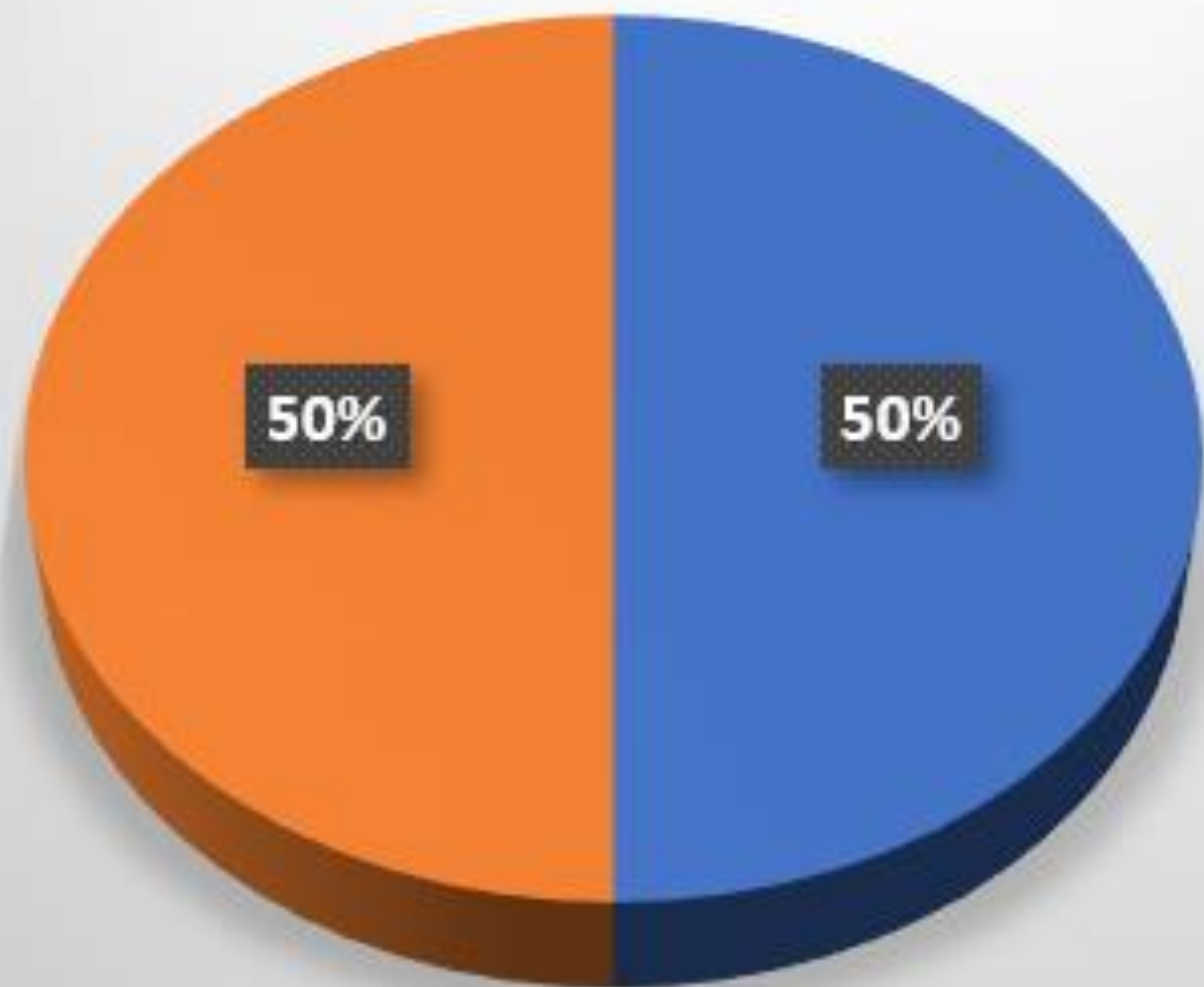
### UNESP



### FUVEST



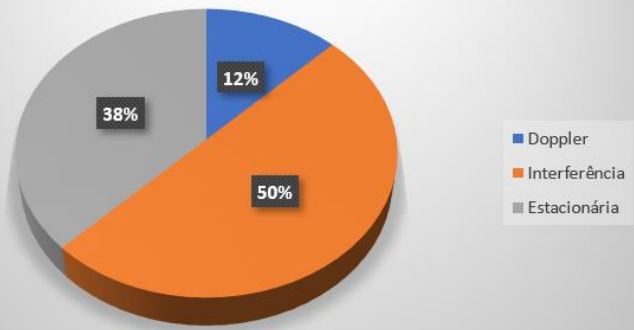
# UNESP



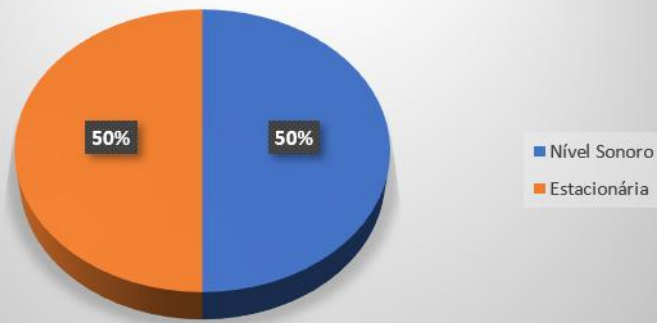
- Nível Sonoro
- Estacionária



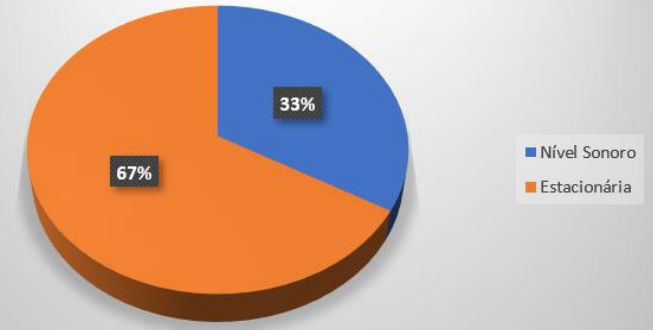
### ENEM



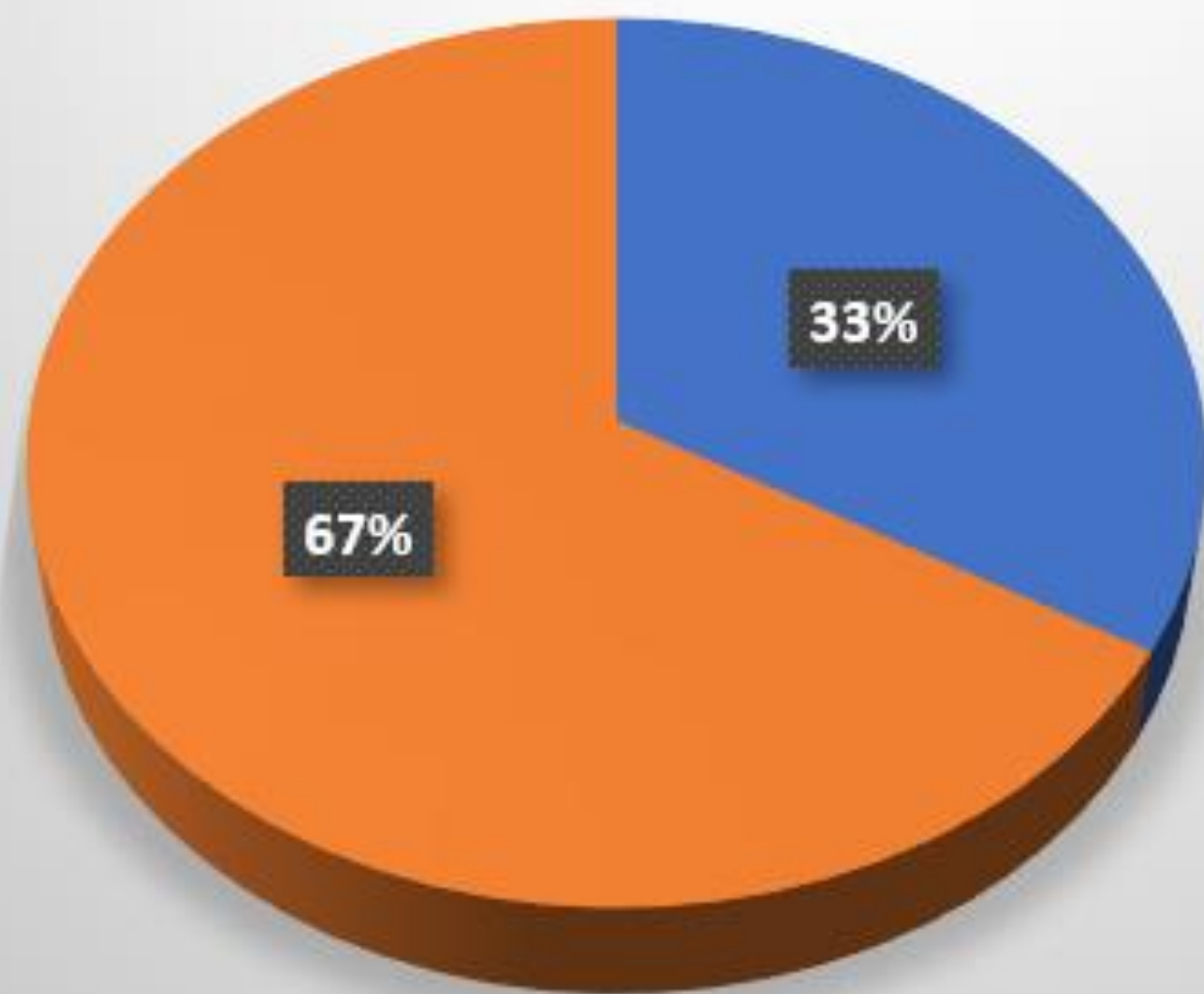
### UNESP



### FUVEST

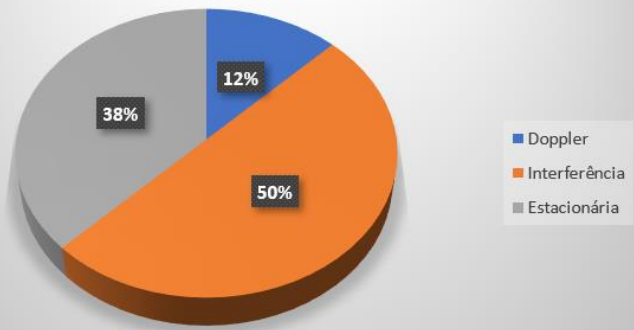


# FUVEST

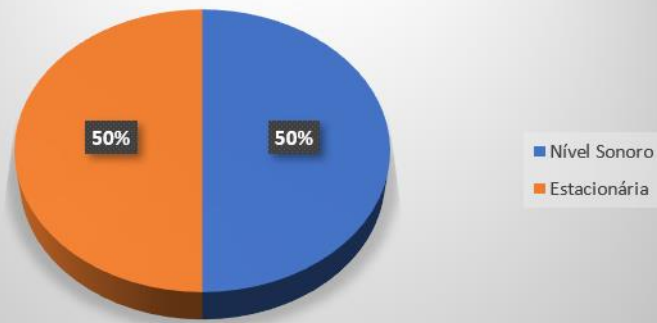


- Nível Sonoro
- Estacionária

### ENEM



### UNESP



### FUVEST

