Simulação de um Sistema de Levitação Acústica para Manipulação de Partículas em Ar

Marco A. B. Andrade[1], Nicolás Pérez[2],
Julio C. Adamowski[3]

[1]*Instituto de Física, Universidade de São Paulo*

[2]*Centro Universitario de Paysandu, Universidad de la República, Uruguay*

[3]*Escola Politécnica, Universidade de São Paulo*

COMSOL CONFERENCE 2015 CURITIBA

USP

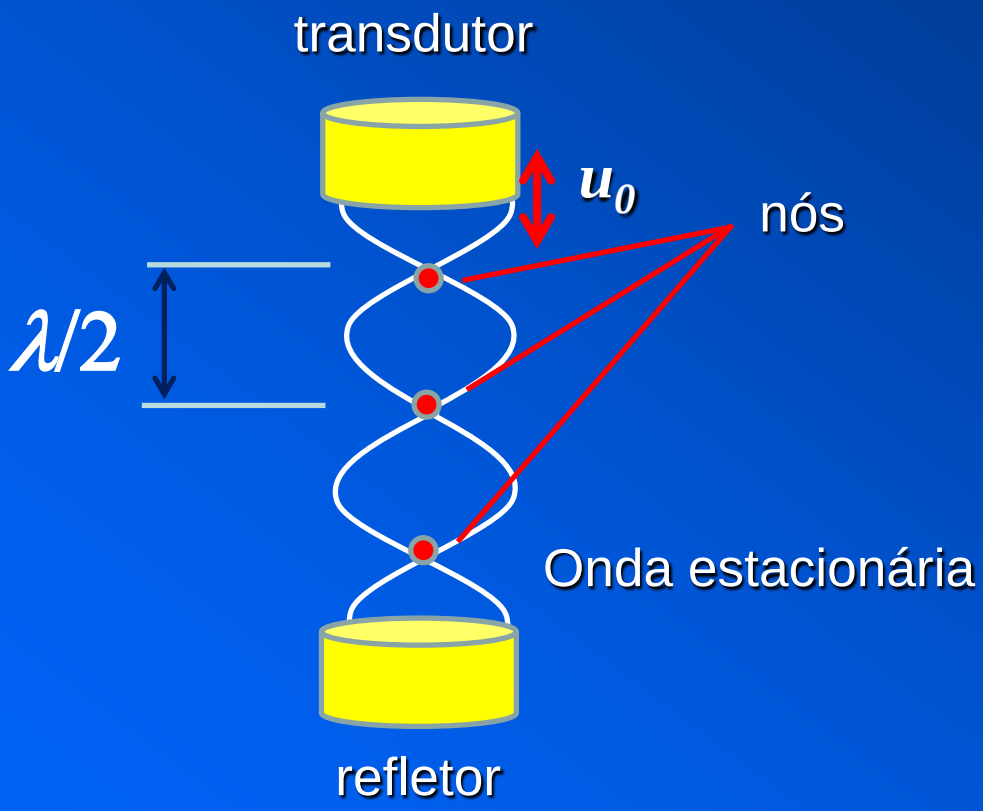
Sumário

- Levitação acústica
- Teoria – Força de Radiação acústica
- Sistema de manipulação de partículas
- Simulação – COMSOL
- Comparação com resultados experimentais

Levitação acústica

Princípio de funcionamento

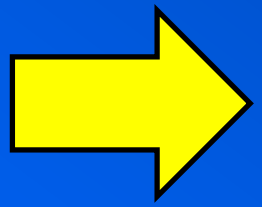
Levitação acústica



Força de radiação acústica:

Teoria de Gor`kov

Aproximar formiga por uma esfera ($R \ll \lambda$)



Teoria de Gor`kov

Potencial da força de radiação acústica:

$$U = 2\pi R^3 \left(\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_f {c_f}^2} - \frac{\rho_f \langle \mathbf{u} \cdot \mathbf{u} \rangle}{2} \right)$$

R – **raio da partícula**

p – **pressão acústica**

$\mathbf{u}$ – **velocidade**

ρ_f – **densidade do fluido**

c_f – **velocidade de propagação**

Força de radiação acústica :

$$\mathbf{F} = -\nabla U$$

Teoria de Gor`kov

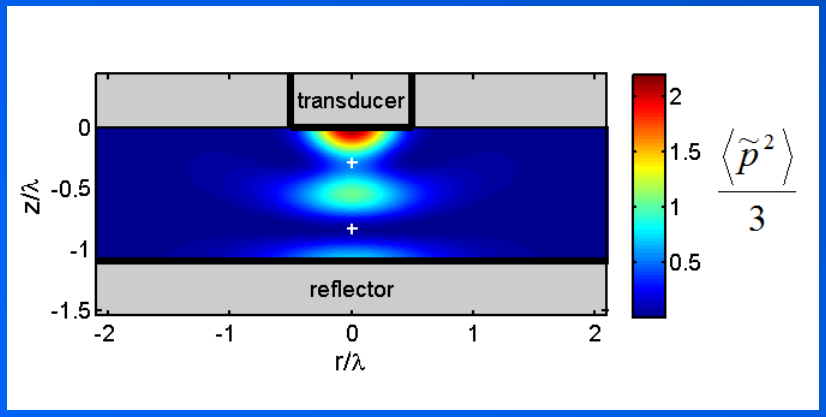
Potencial adimensional:

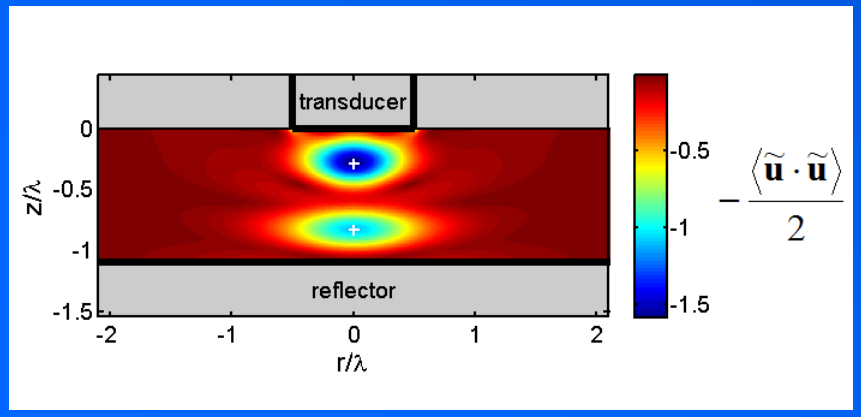
$$\tilde{U} = \frac{U}{2\pi R^3 \rho u_0^2} = \left(\frac{\langle \tilde{p}^2 \rangle}{3} - \frac{\langle \tilde{\mathbf{u}} \cdot \tilde{\mathbf{u}} \rangle}{2} \right)$$

onde:

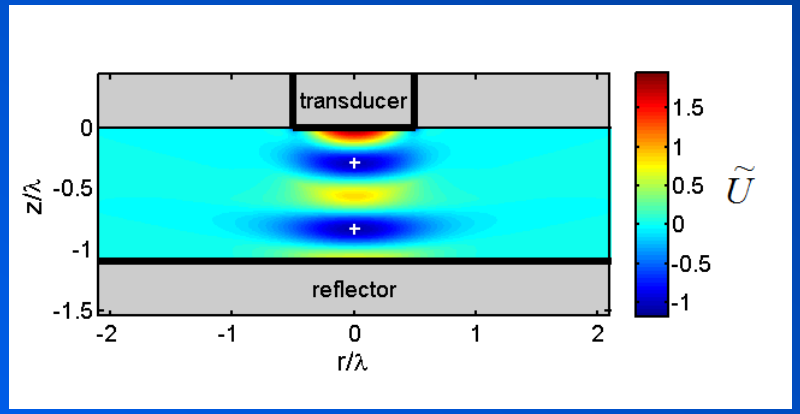
$$\tilde{p} = \frac{p}{\rho c u_0}$$

$$\tilde{\mathbf{u}} = \frac{\mathbf{u}}{u_0}$$

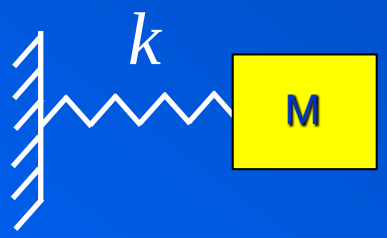




Potencial da força de radiação acústica:

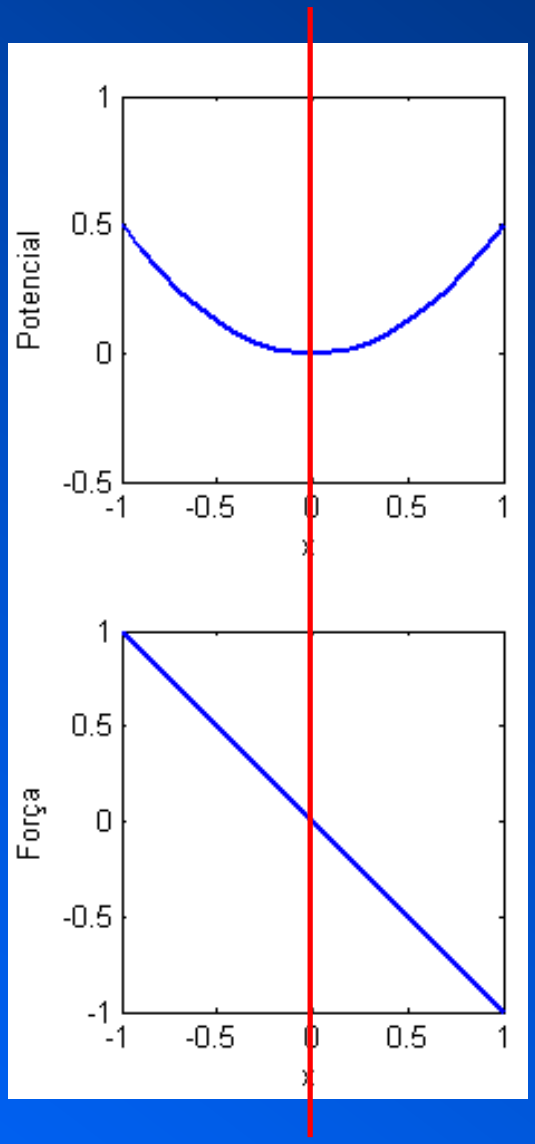


Potencial de uma mola

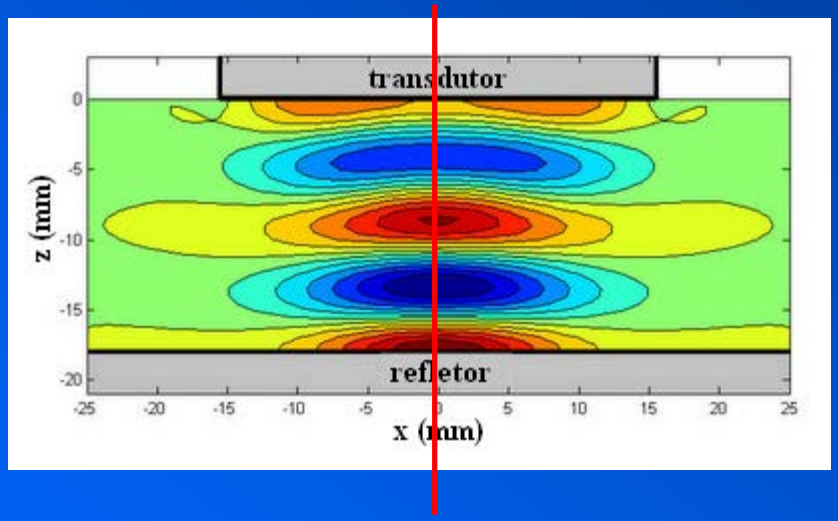


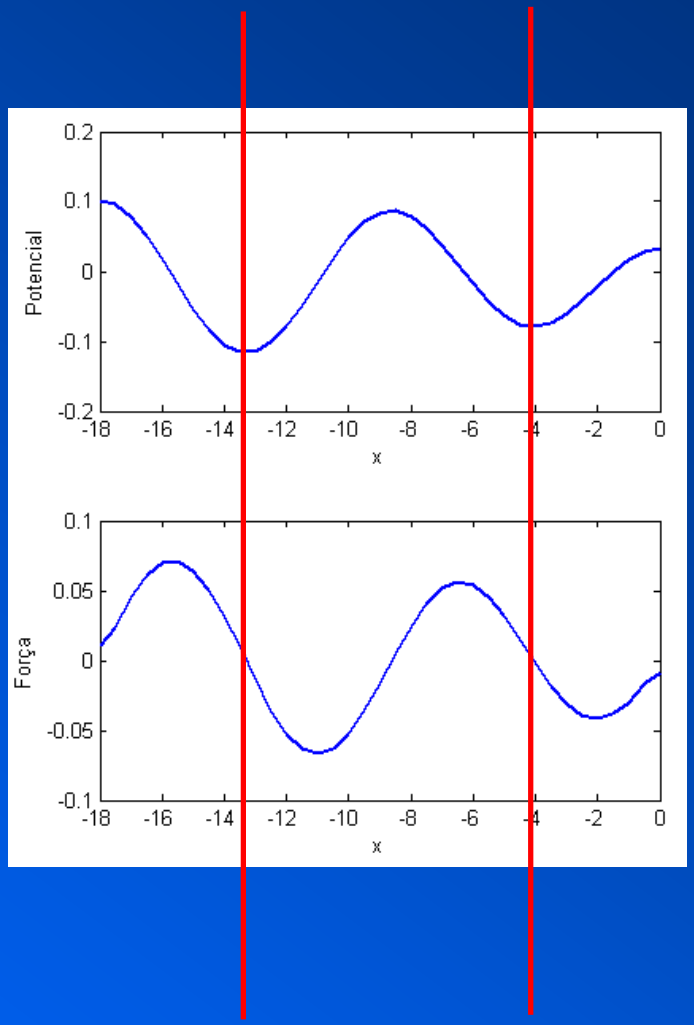
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$F = -\frac{dU}{dx} = -kx$$

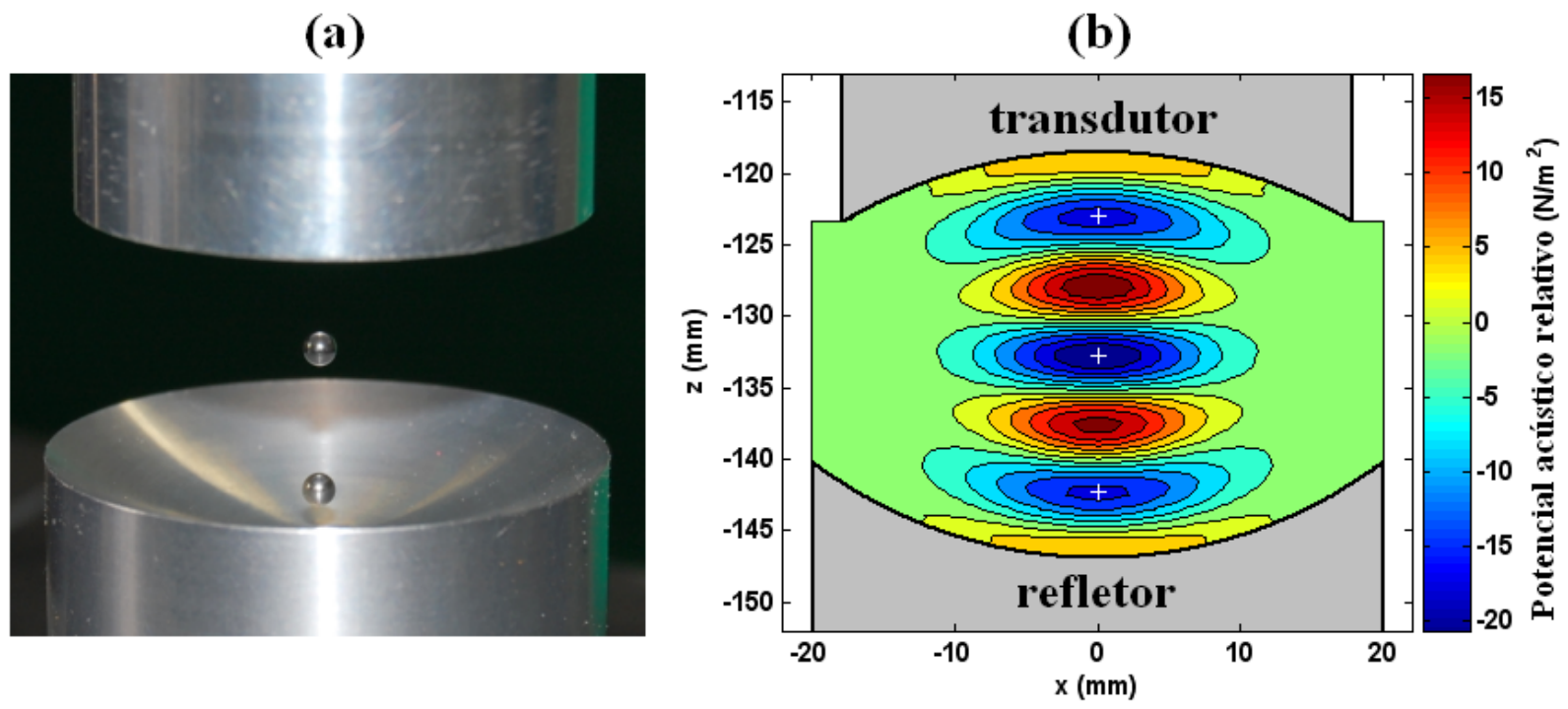


Potencial da força de radiação acústica



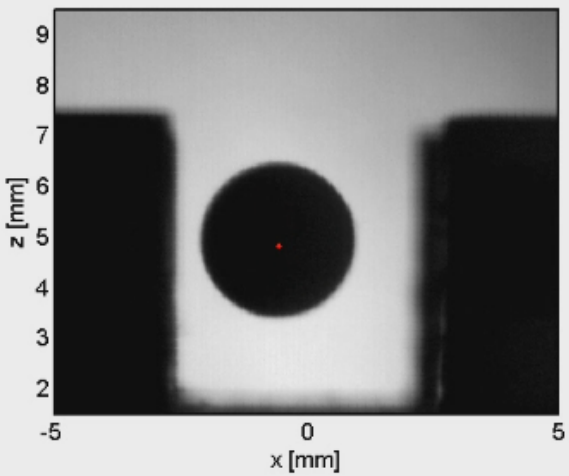


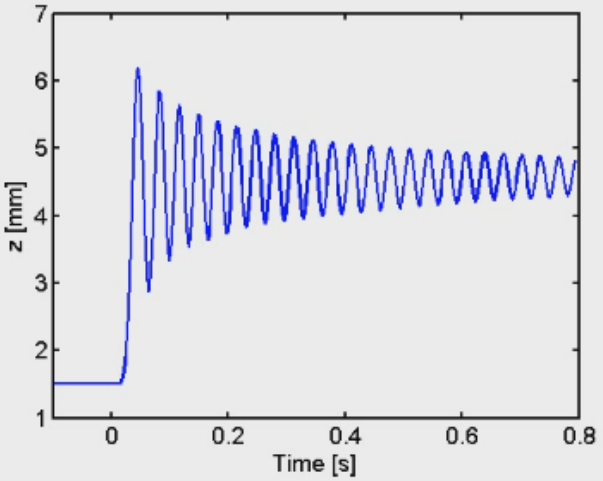
Levitação Acústica



Andrade et al., IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Control 57(2), pp. 469-479, 2010

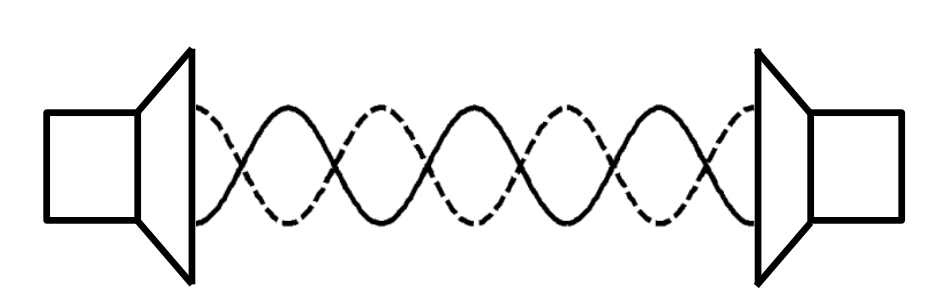
Posição da esfera em função do tempo

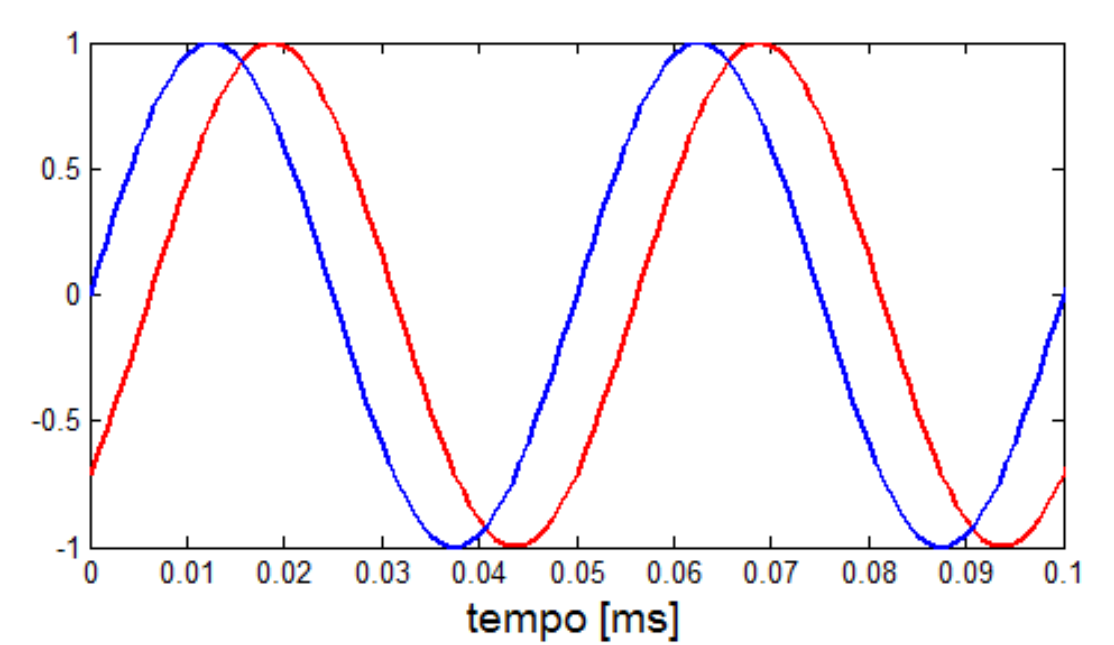




Pérez et al., J. Appl. Phys. 116(8), art. no. 184903, 2014

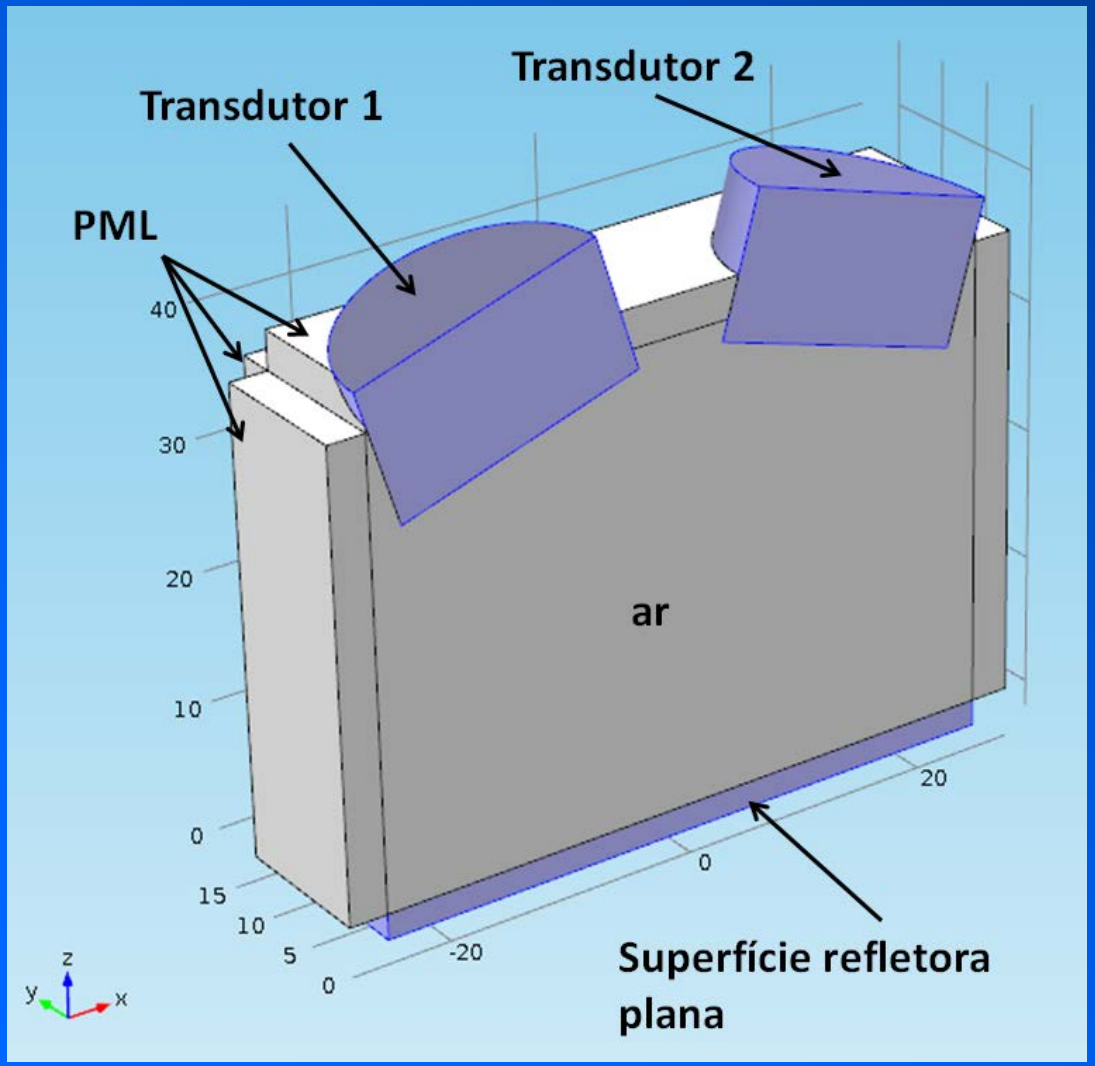
Manipulação de partículas

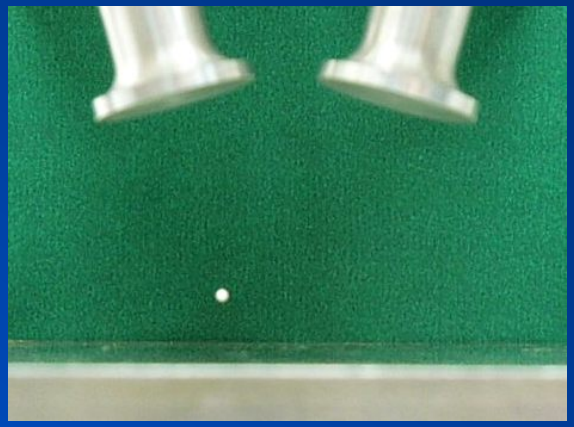




Sistema de Levitação para manipulação de partículas

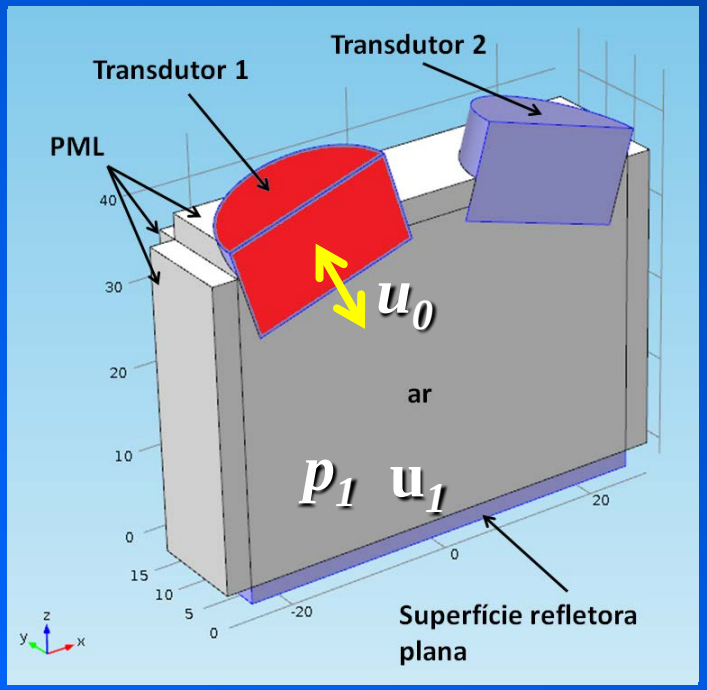
Simulações: COMSOL - Módulo Acústico





f = 37.9 kHz

Simulações: COMSOL - Módulo Acústico

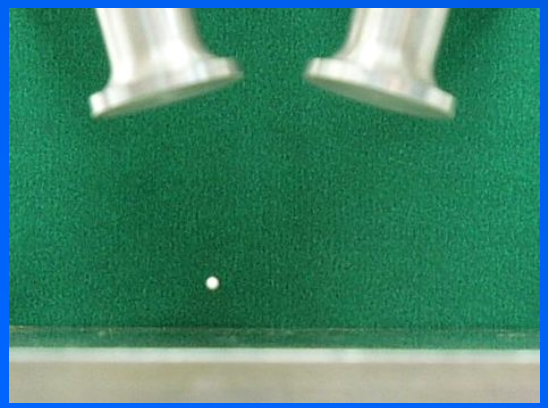


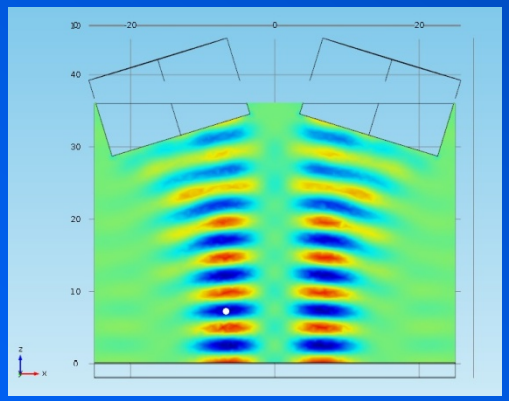
$$p = p_1 + p_2 \exp(-j\theta)$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2 \exp(-j\theta)$$

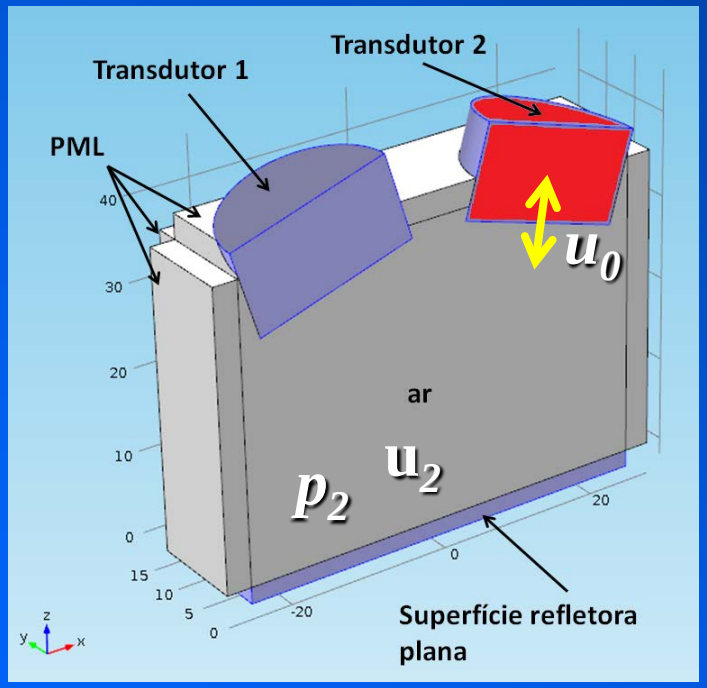
Potencial :

$$U = 2\pi R^3 \left(\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_f {c_f}^2} - \frac{\rho_f \langle \mathbf{u} \cdot \mathbf{u} \rangle}{2} \right)$$





Simulações: COMSOL - Módulo Acústico

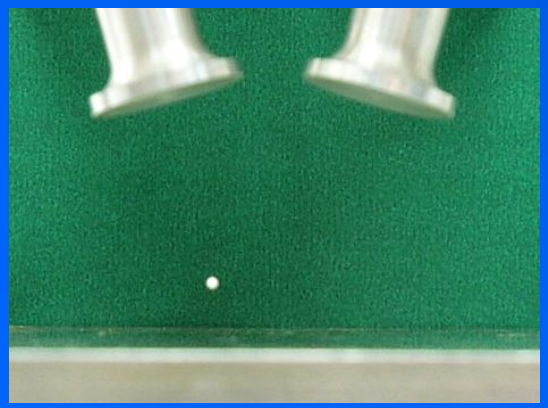


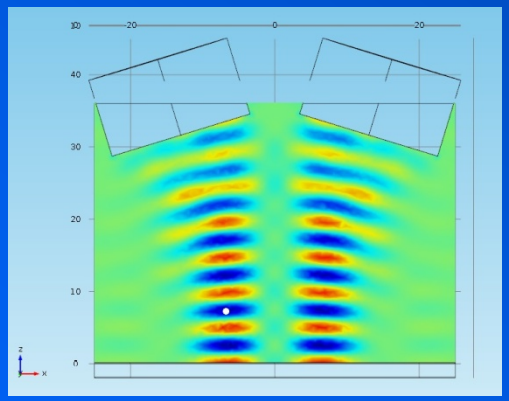
$$p = p_1 + p_2 \exp(-j\theta)$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2 \exp(-j\theta)$$

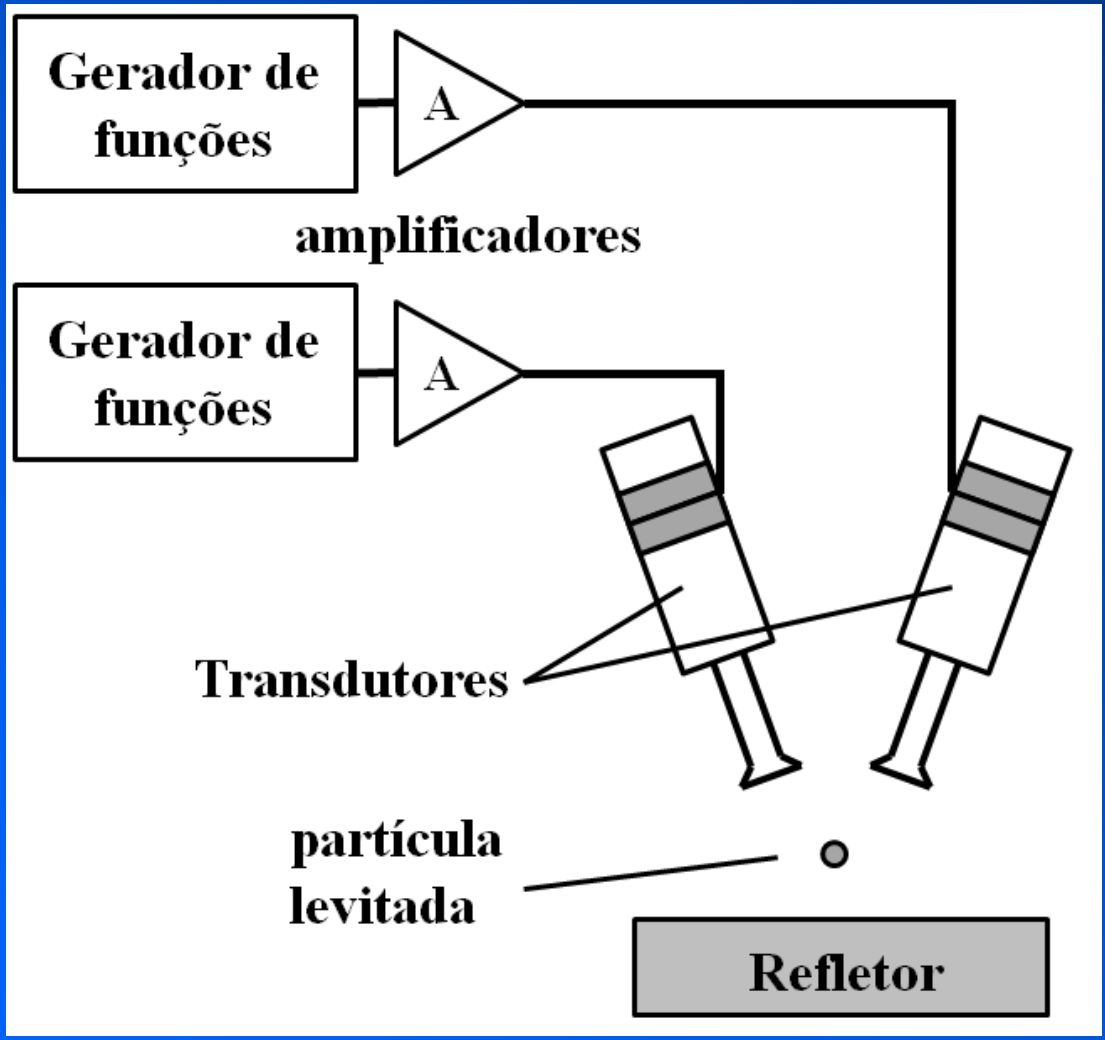
Potencial :

$$U = 2\pi R^3 \left(\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_f {c_f}^2} - \frac{\rho_f \langle \mathbf{u} \cdot \mathbf{u} \rangle}{2} \right)$$



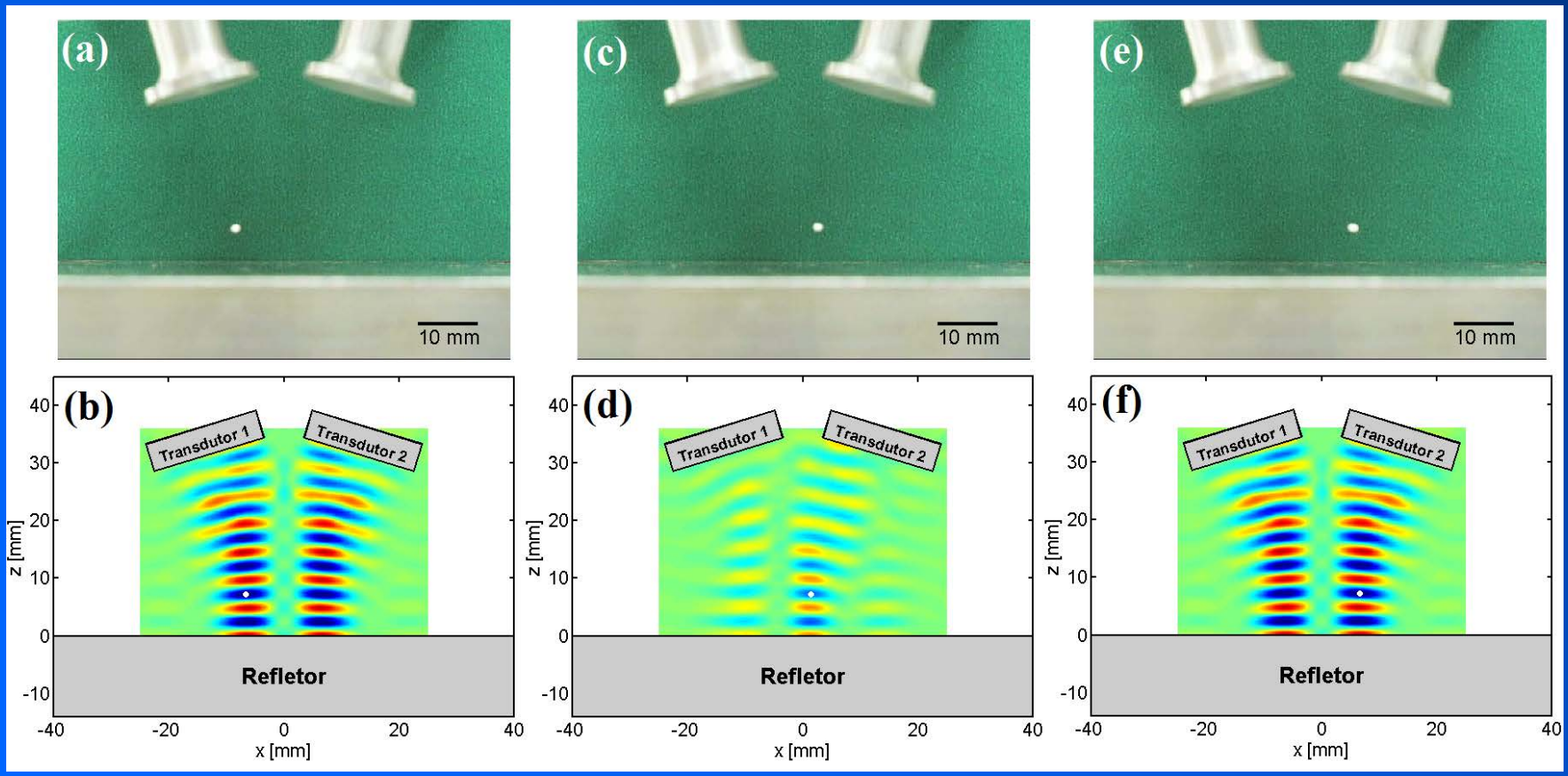


Experimento



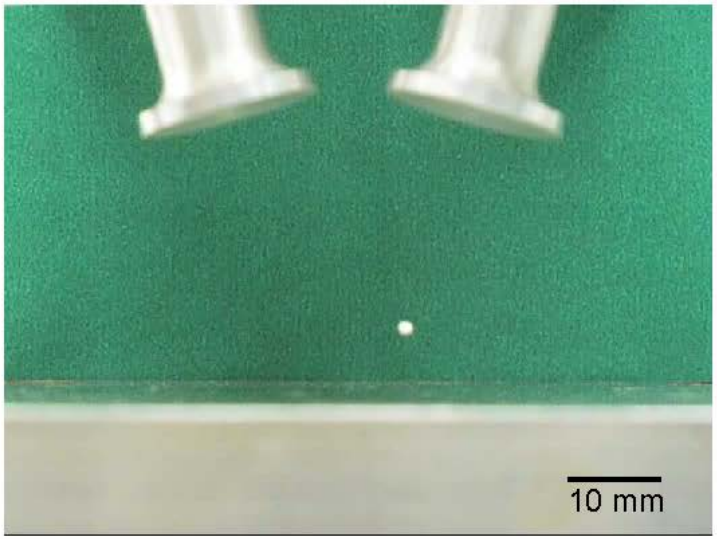
Comparação entre Simulação e Experimento

$\theta = -180^{o}$ $\theta = +30^{o}$ $\theta = +180^{o}$

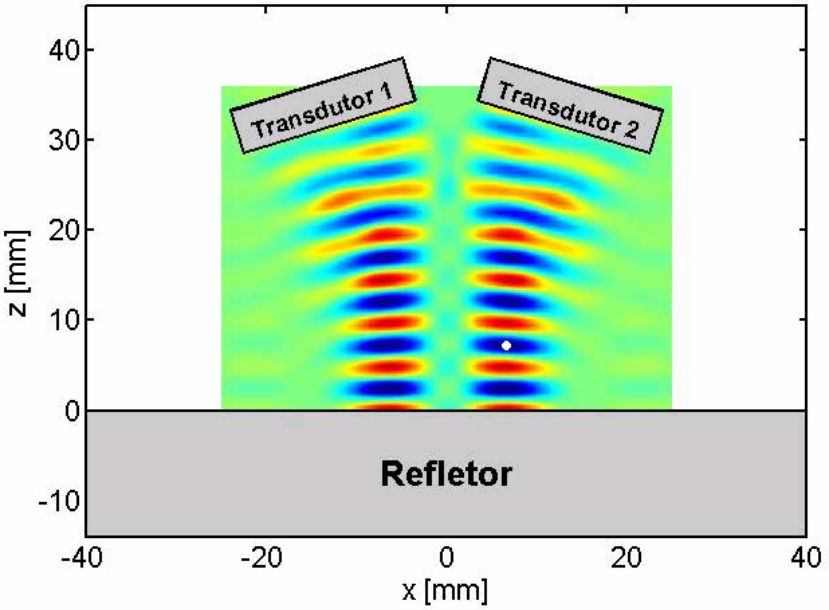


Comparação entre Simulação e Experimento

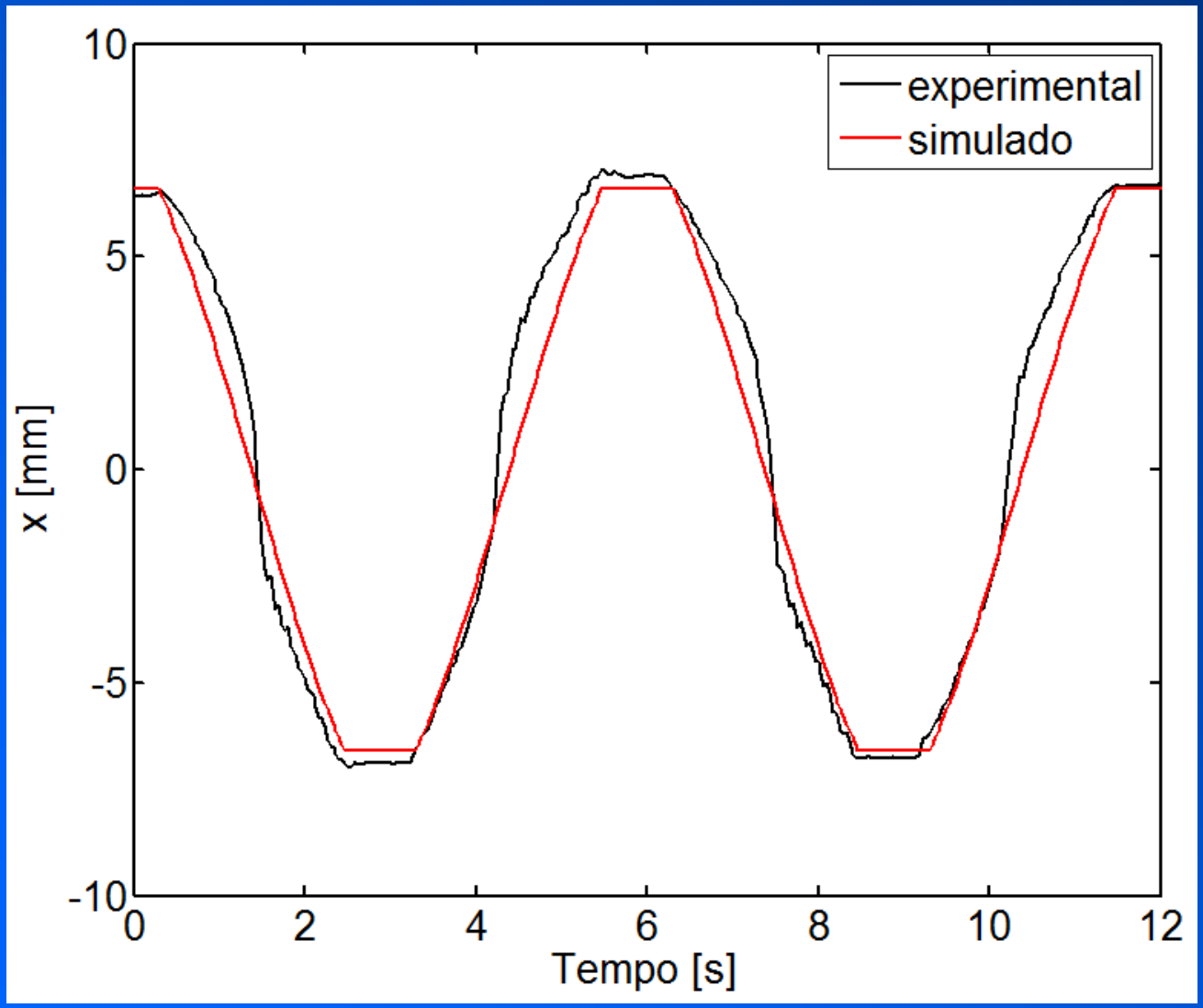
Experimental



Simulado



Comparação entre Simulação e Experimento



Sumário

- Princípio de funcionamento de um levitador acústico
- Sistema de levitação para manipulação de partículas
- Simulações - COMSOL
- Comparação entre resultados numéricos e experimentais

Agradecimentos

Obrigado pela atenção !