Ultrassom e suas aplicações

Marco A. B. Andrade

Departamento de Física Aplicada

Instituto de Física - Universidade de São Paulo

Ultrassom

fonte: http://mypreciousbump.wordpress.com

fonte: http://www.yourultrasound.com

Sumário

- O que é ultrassom?
- Geração de ultrassom por materiais piezelétricos
- Aplicações médicas
- Aplicações industriais
- Levitação acústica

O que é ULTRASSOM?

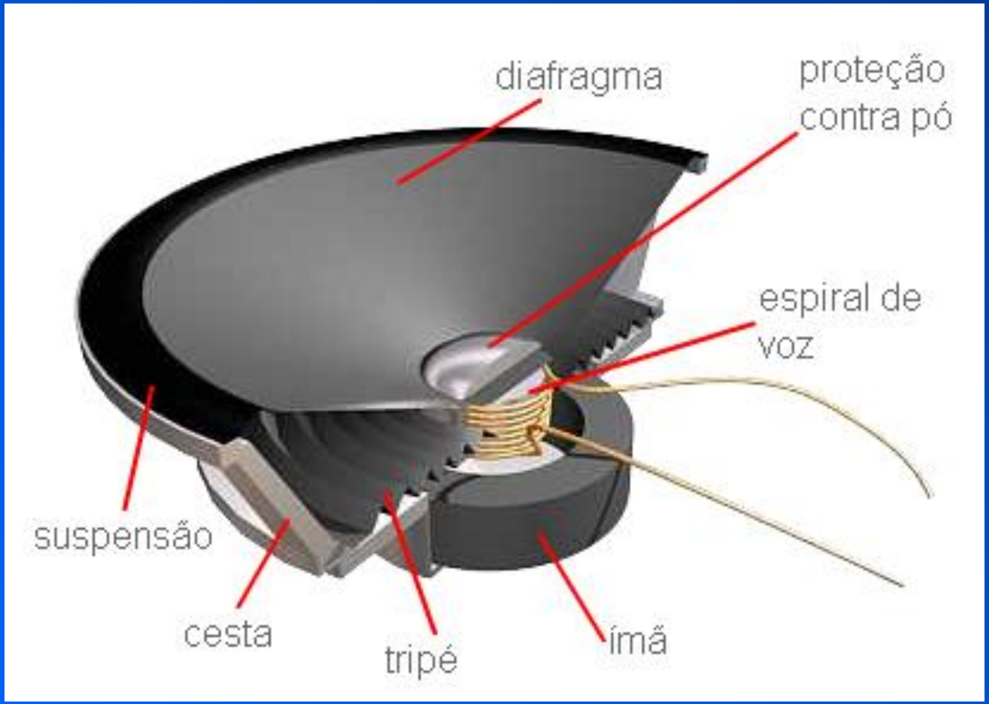
ULTRASSOM

O que é ULTRASSOM?

Propagação de **ondas mecânicas** que possuem **freqüência** superior a **20 kHz**.

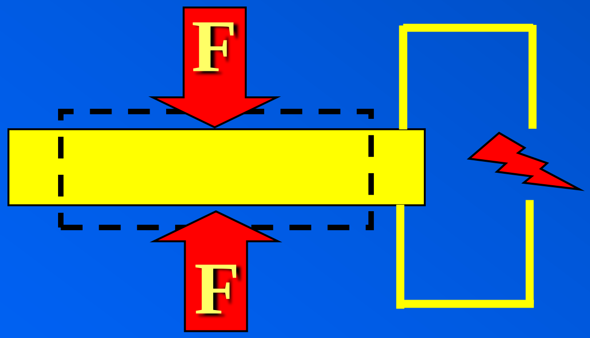
Geração e recepção de ondas de ultrassom

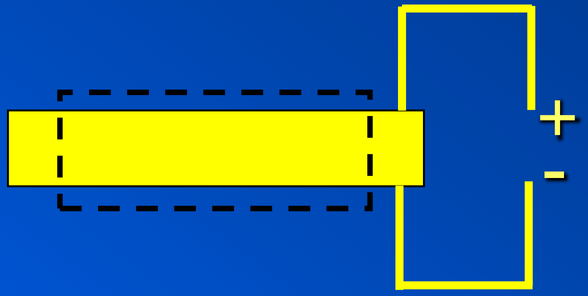
Geração de som



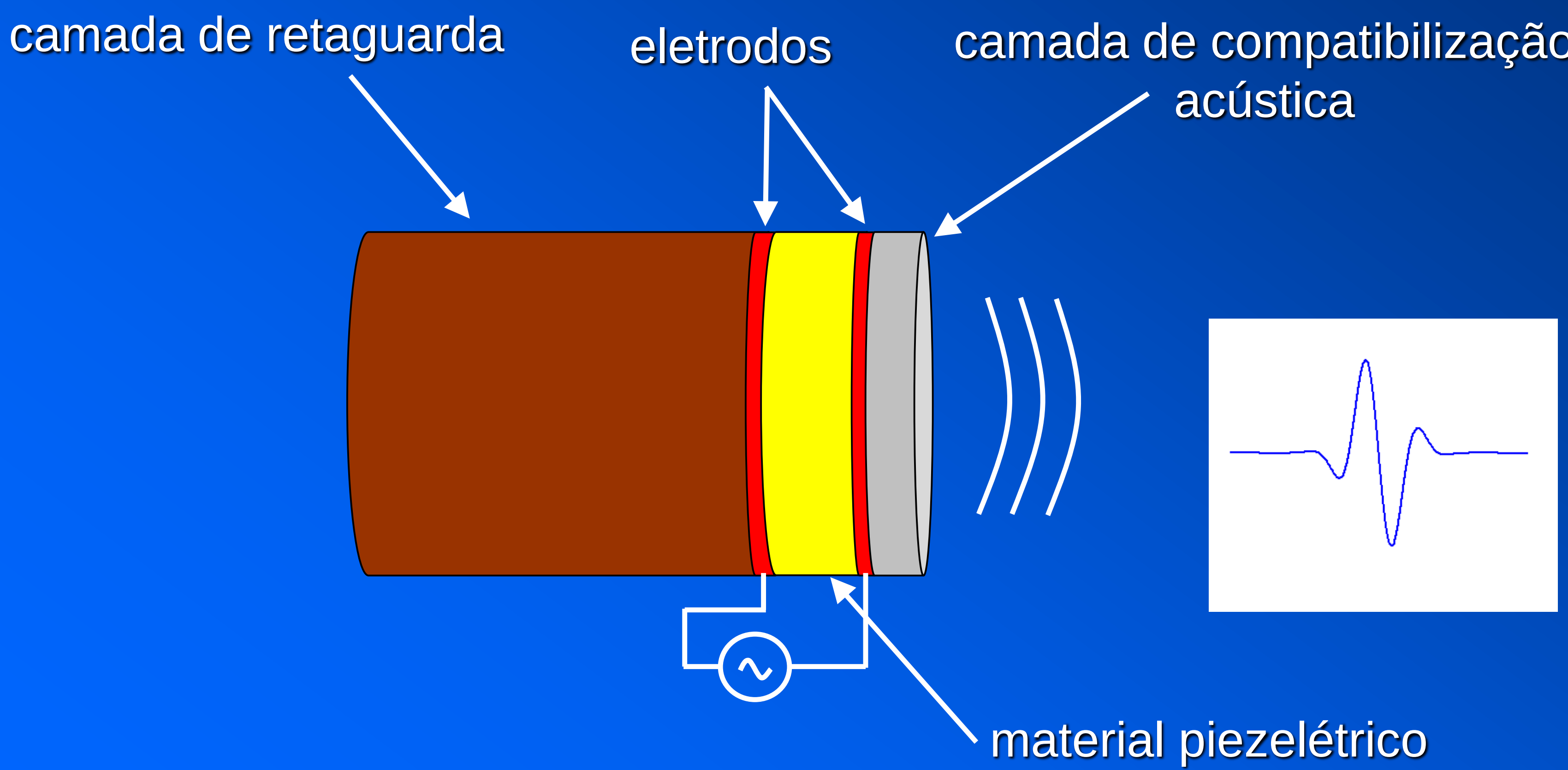
Retirado de: http://eletronicos.hsw.uol.com.br/alto-falantes3.htm

Materiais piezelétricos

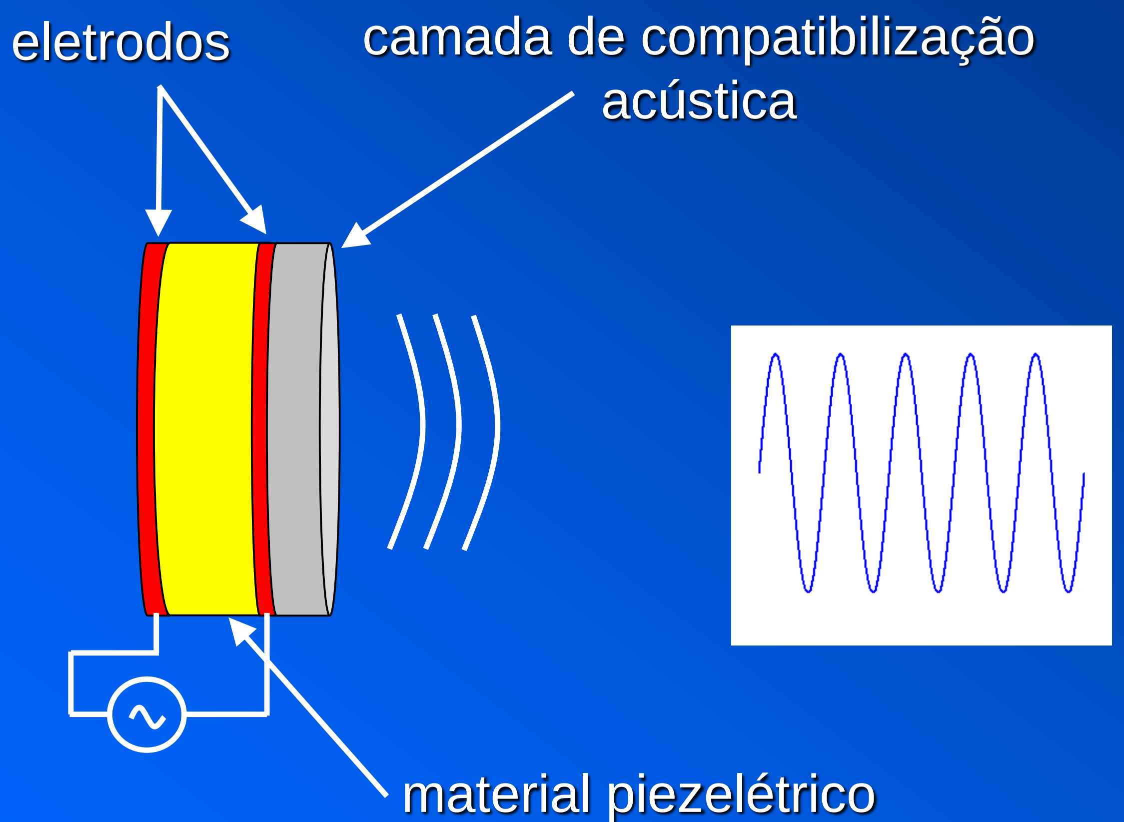




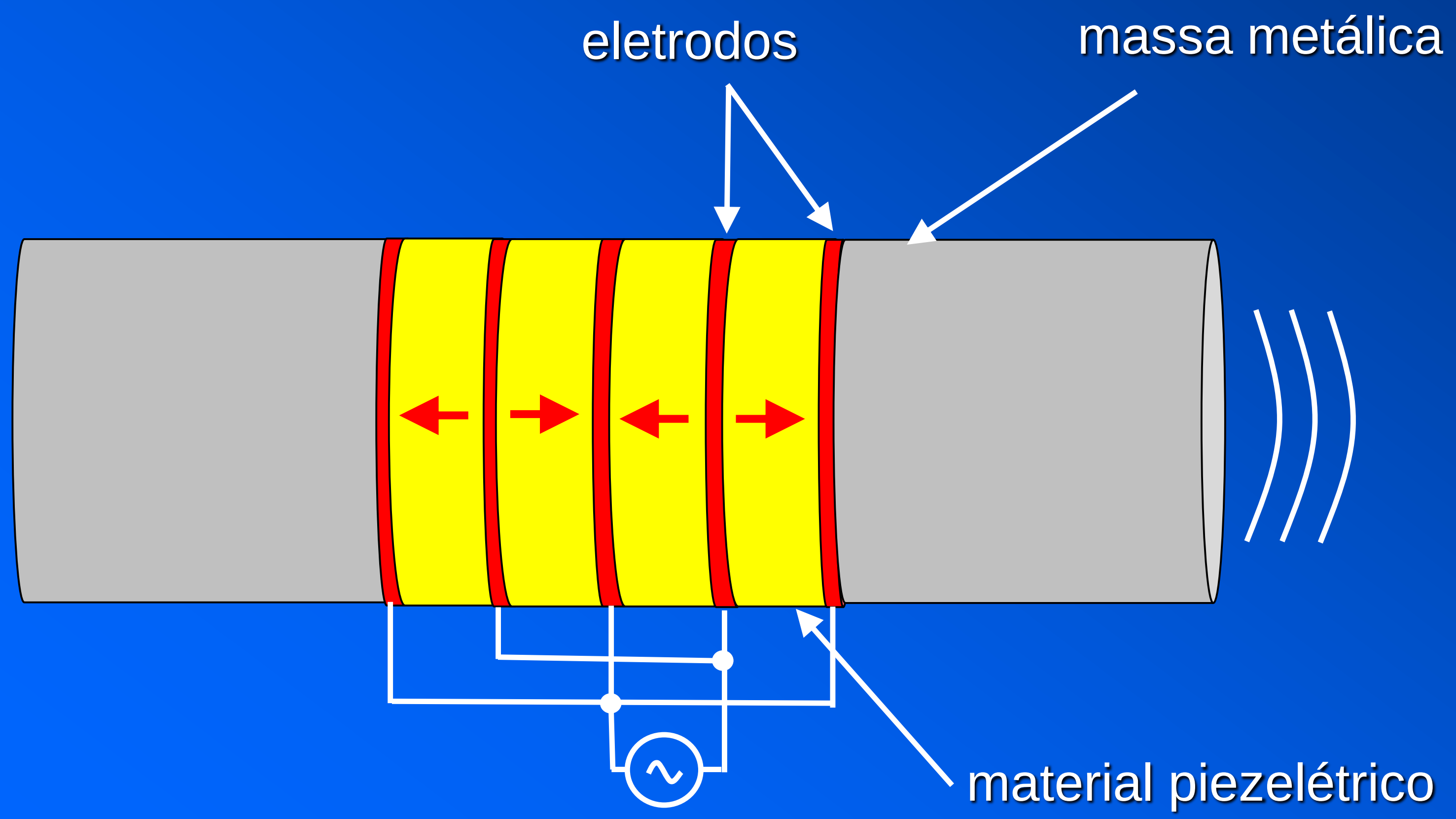
Transdutores de ultrassom (banda larga)



Transdutores de ultrassom (fisioterapia)

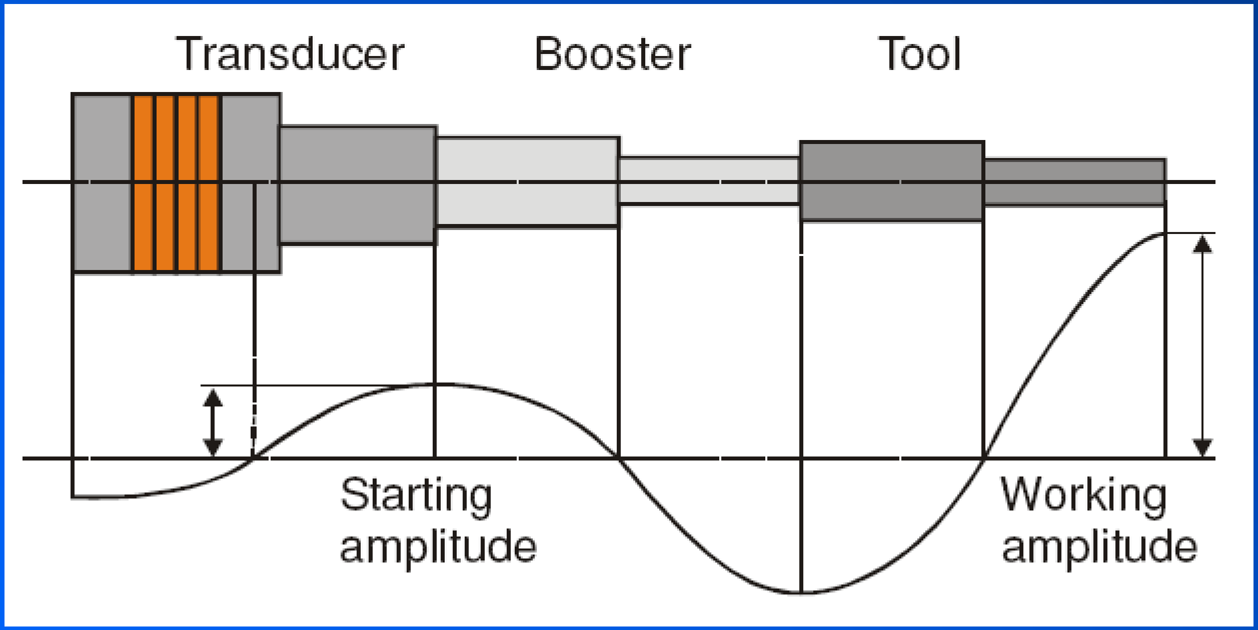


Transdutores de ultrassom (Langevin)



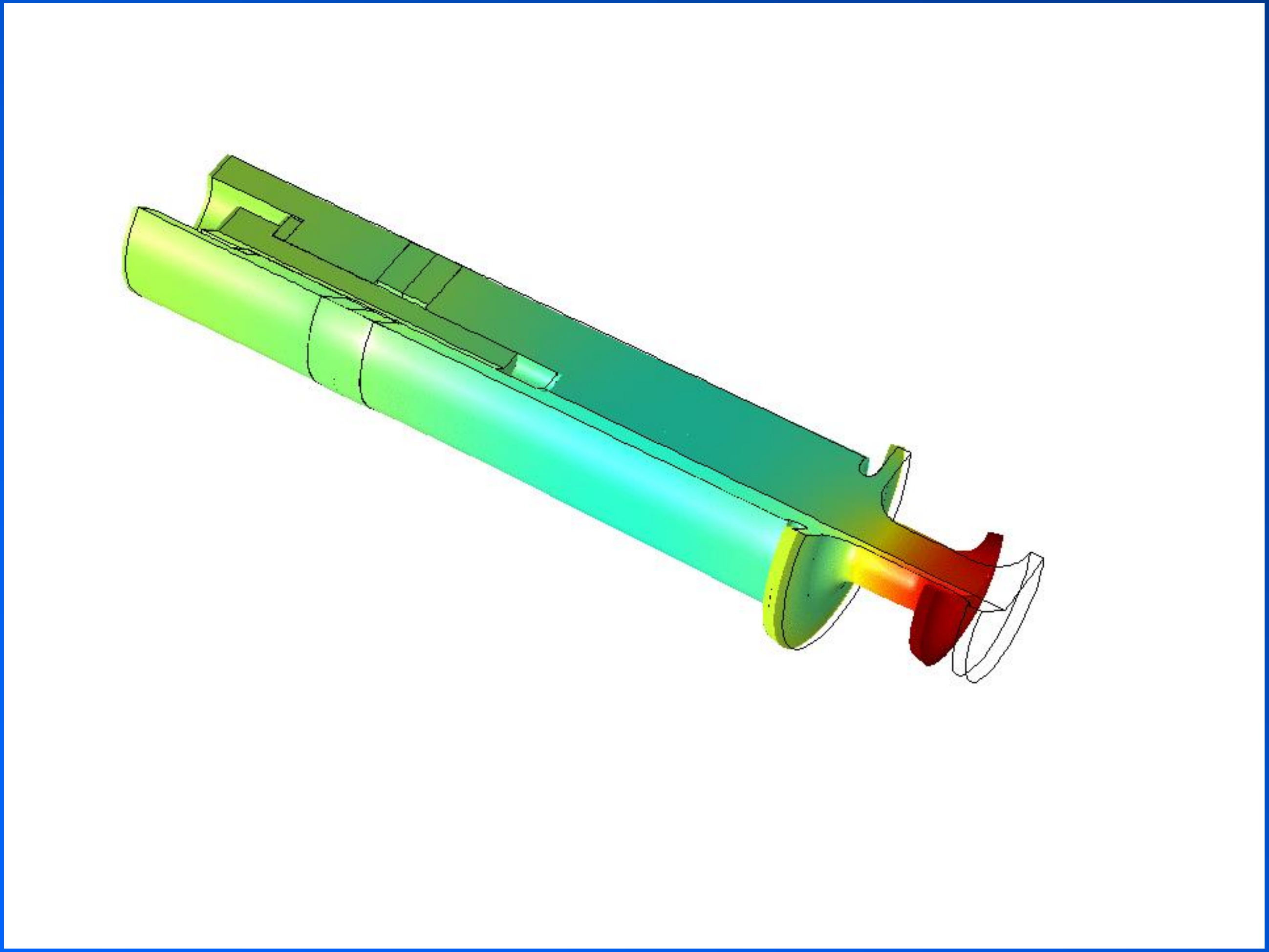
Transdutores de ultrassom (Langevin)

Transdutores de ultrassom (Langevin)



Retirado da dissertação: Piezoelectric Actuator Design via Multiobjective Optimization Methods

Transdutores de ultrassom (Langevin)



Aplicações médicas

Ultrasonografia:

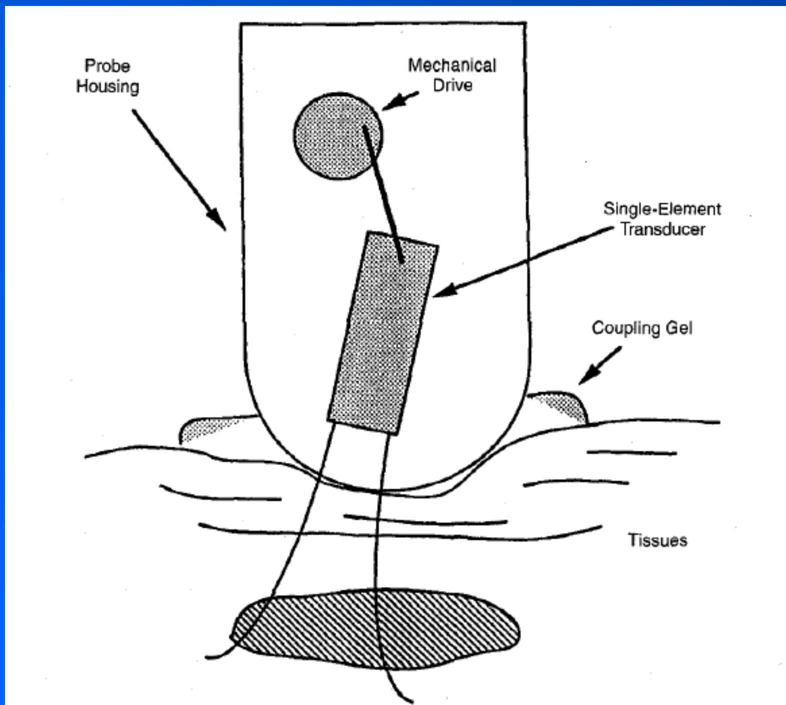
formação de imagens com ultrassom

Ultrasonografia

fonte: http://mypreciousbump.wordpress.com

fonte: http://www.yourultrasound.com

Transdutor monoelemento

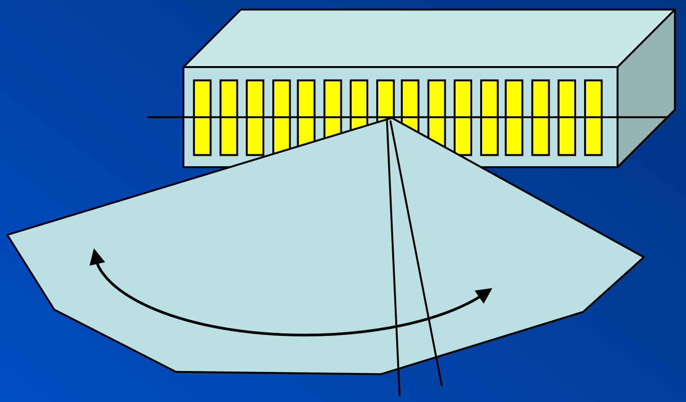


fonte: IEEE Engineering in Medicine and biology 15(6), 20-30 (1996)

fonte: http://www.yourultrasound.com

Introdução – transdutores matriciais

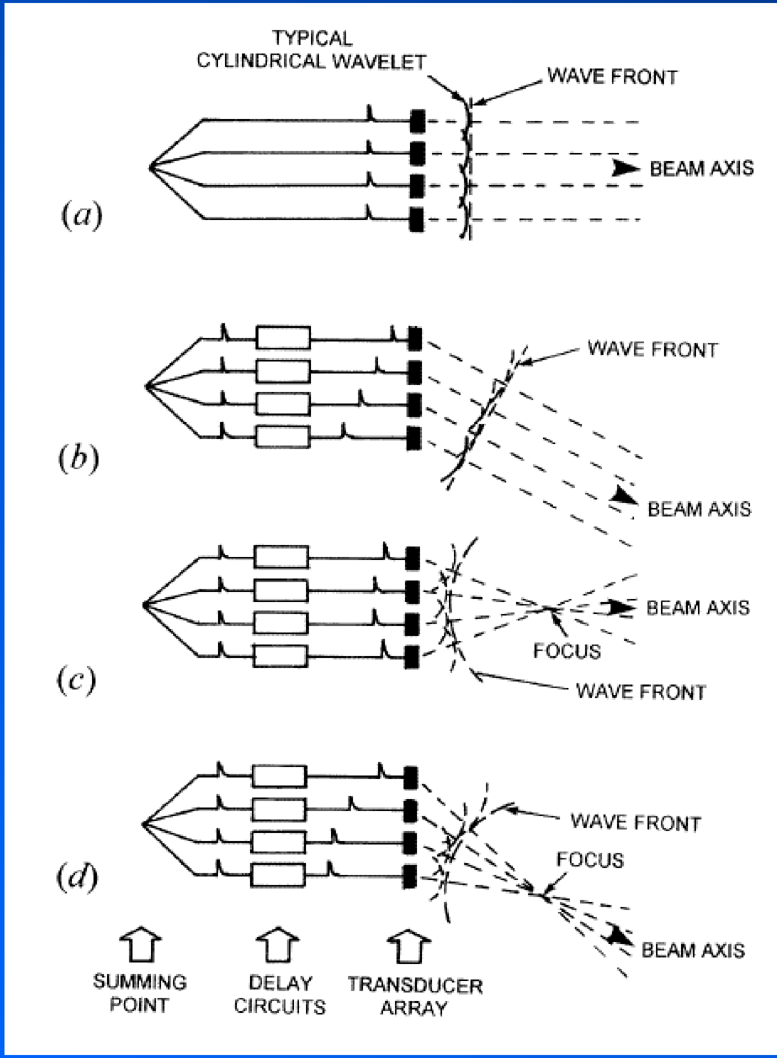
• Transdutores matriciais (*arrays*) são amplamente utilizados em imagens médicas.



• Esse tipo de transdutor possibilita defletir e focalizar eletronicamente o feixe ultra-sônico sem necessidade de mover o transdutor.

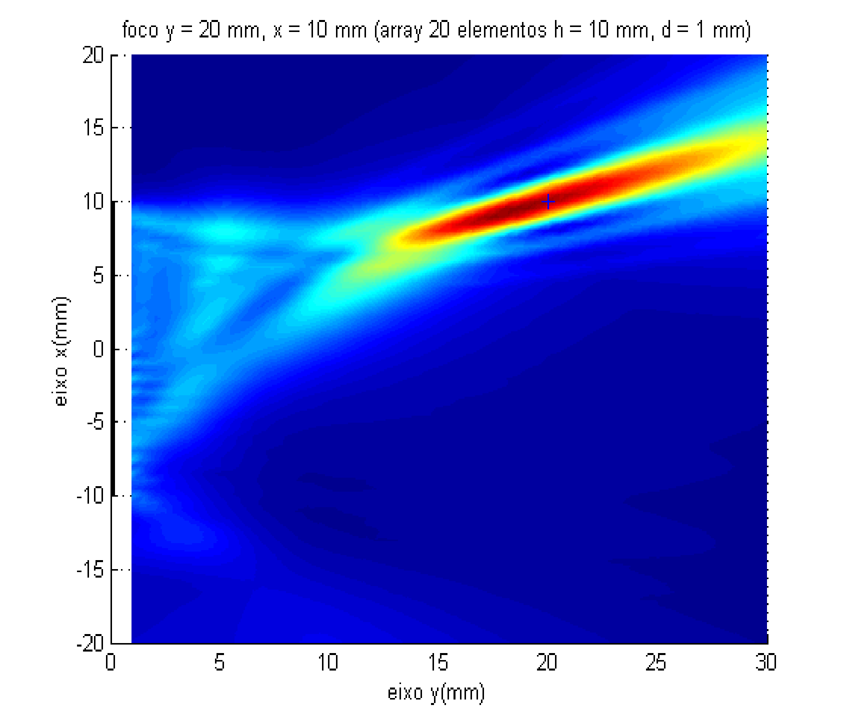
• A focalização e a deflexão é feita aplicando-se diferentes atrasos na excitação dos elementos do transdutor.

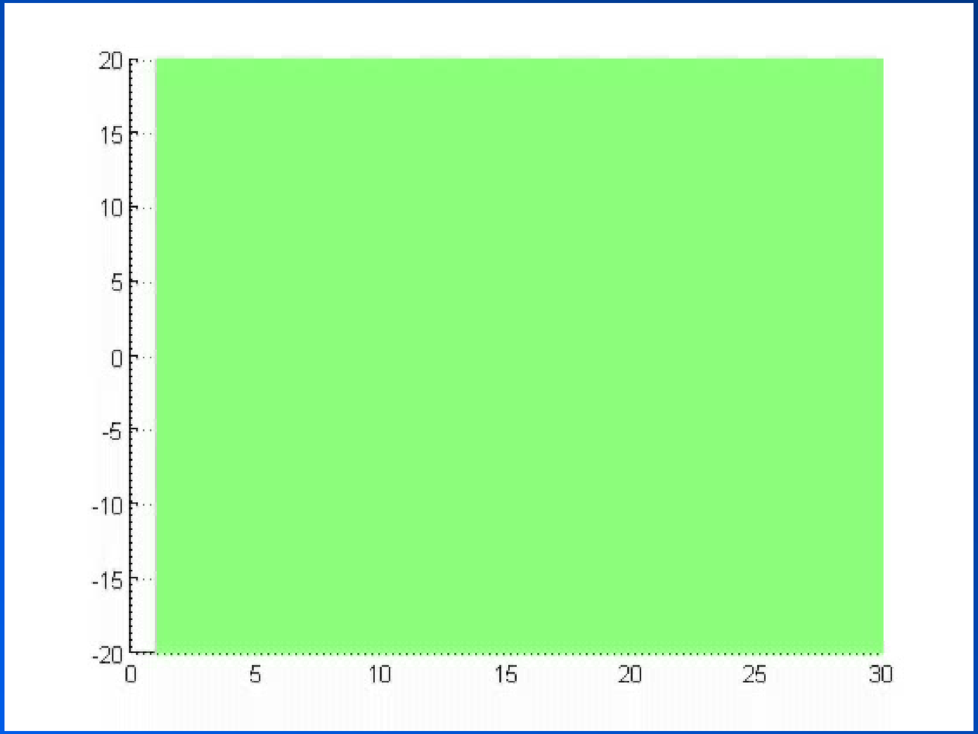
transdutores matriciais



fonte: Rep. Prog. Phys 62, 671-722 (1999)

Introdução – transdutores matriciais



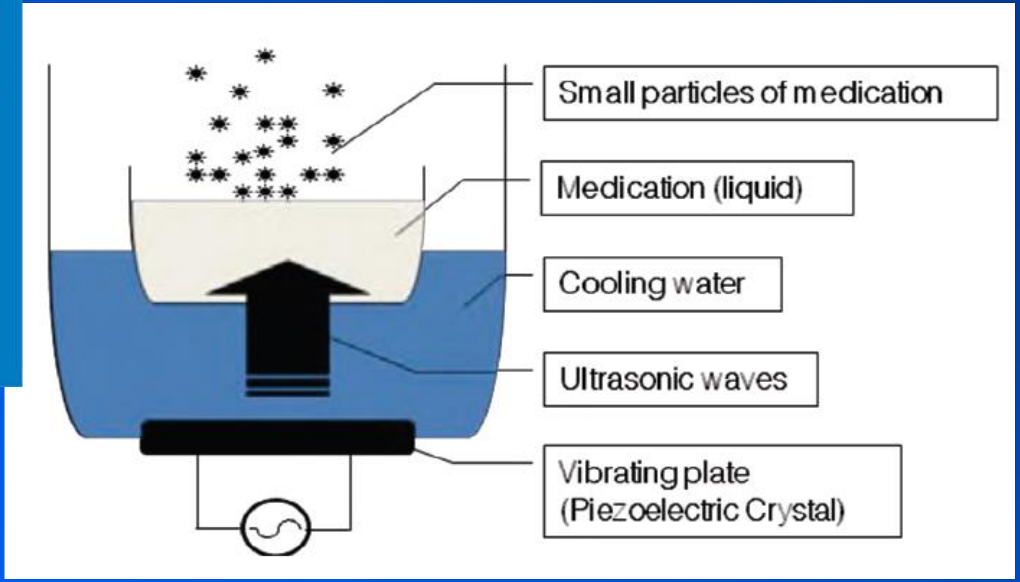


Outras aplicações de ultrassom na área biomédica

Inalador Ultrassônico

Inalador ultrassônico

fonte: http://www.mickeyoo.com/UploadFiles/ProImage/2009071410372021d6.jpg

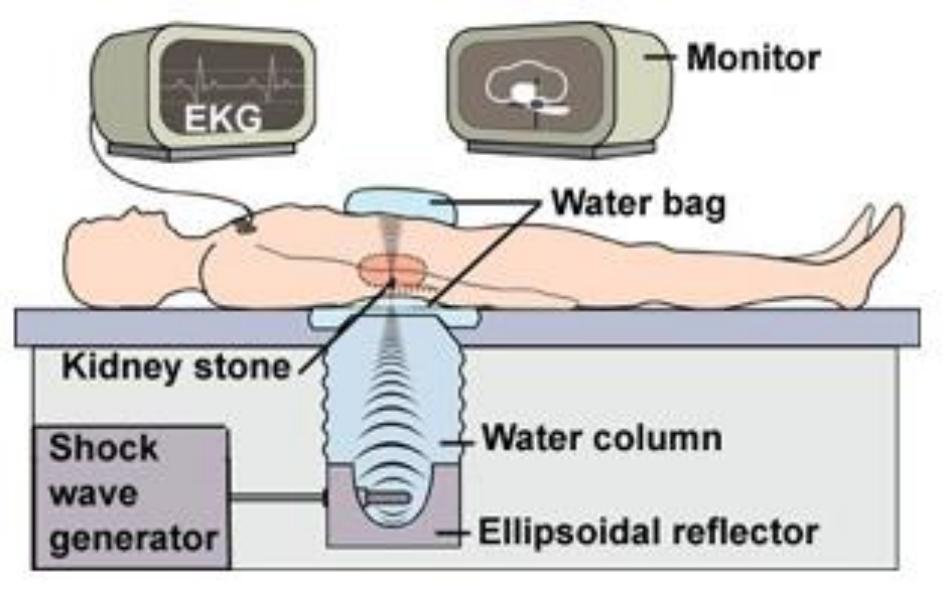


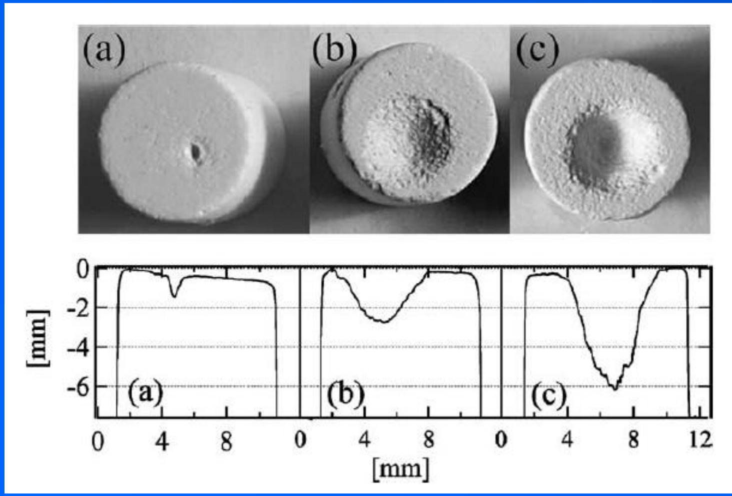
fonte: **New approaches to Nebulizer Drug Delivery**

International Symposium on Avanced Topics in Electrical Engineering

Litotripsia extra-corpórea

Litotripsia extra-corpórea





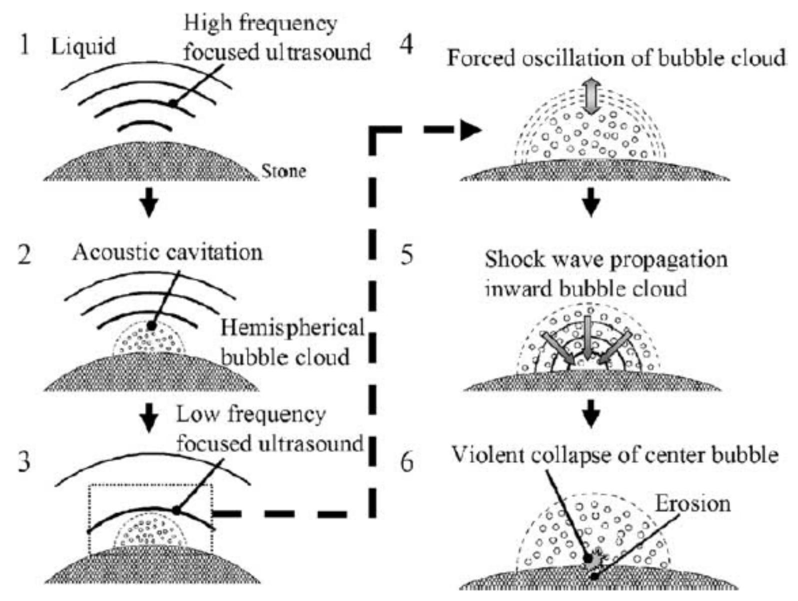
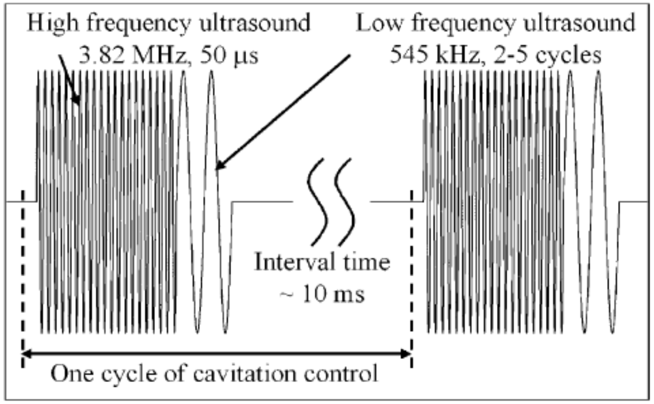


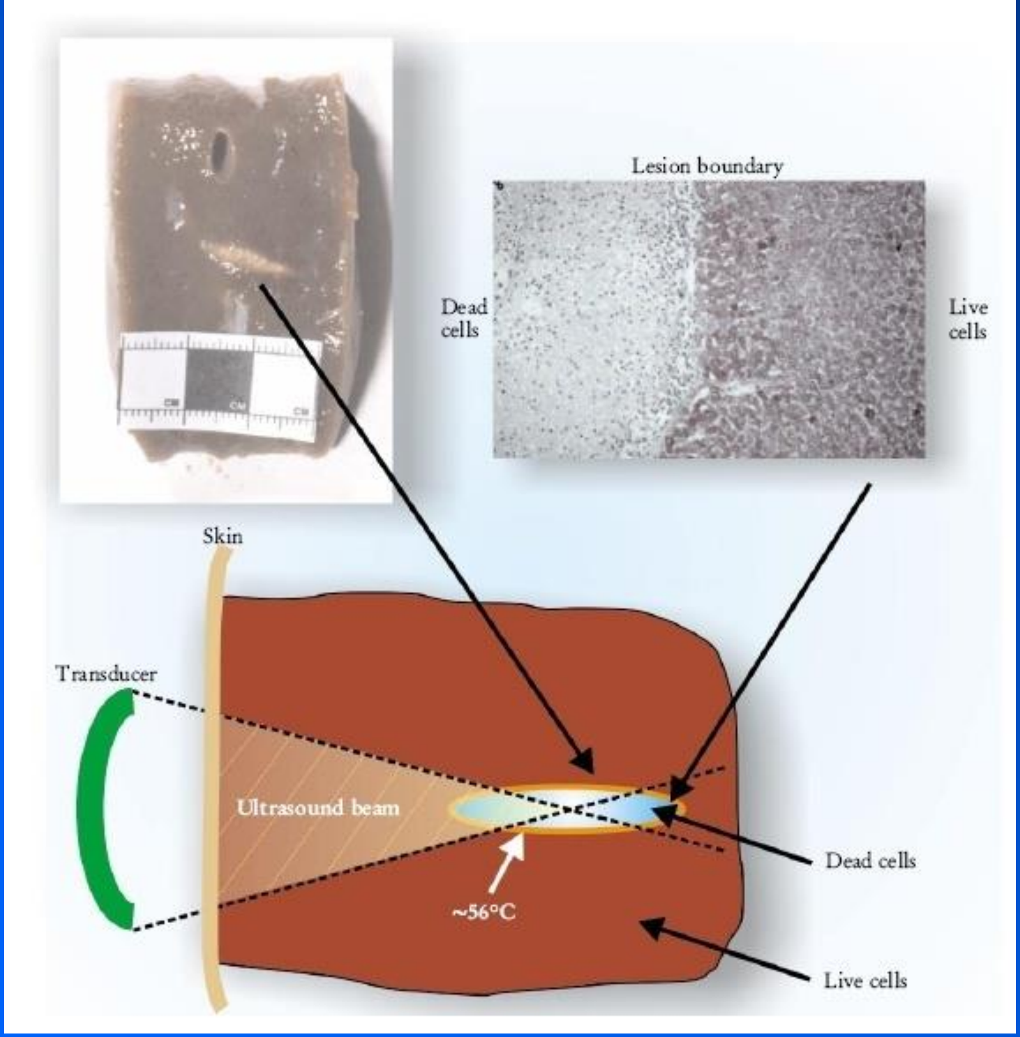
Fig. 10. Schematic of cloud cavitation control.



fonte: Med. Biol. Eng. Comput. (2009) 47:851-860

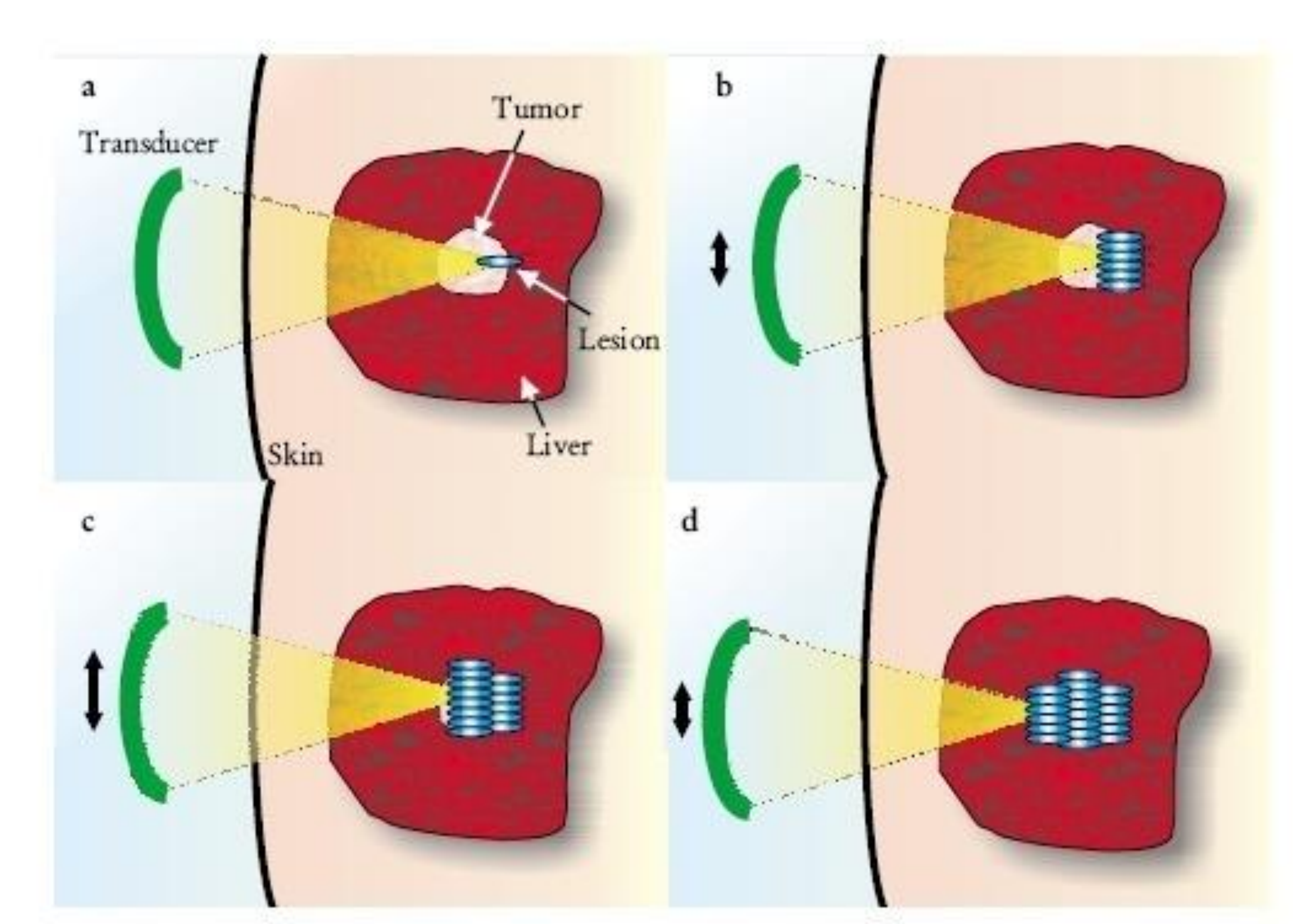
Cirurgia acústica

Cirurgia Acústica



fonte: Phys. Today 54(12), 29 (2001)

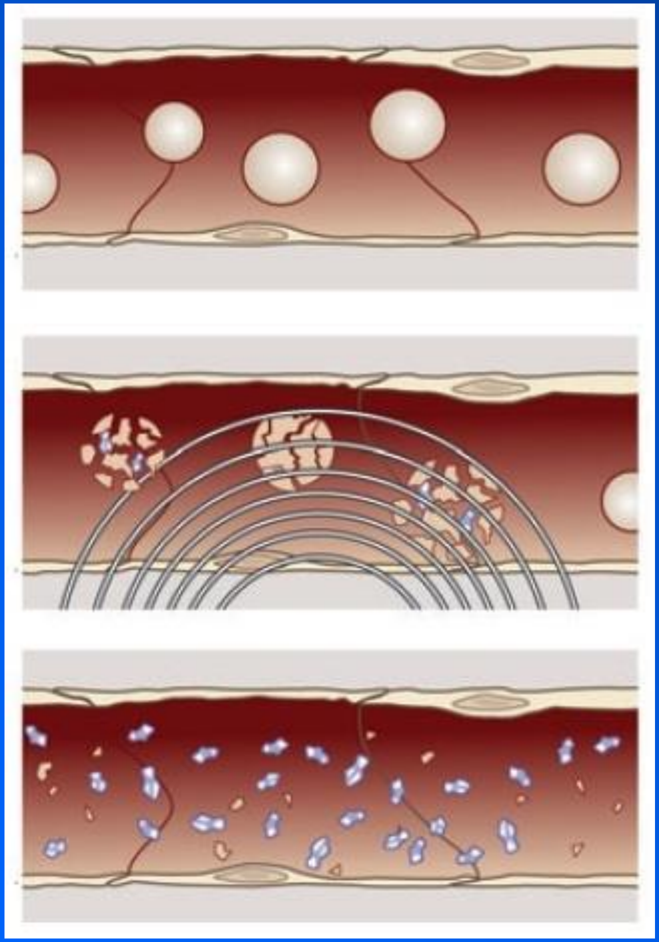
Cirurgia Acústica



fonte: Phys. Today 54(12), 29 (2001)

Drug delivery

Drug Delivery



fonte: Annu. Rev. Biomed. Eng. 2007. 9:415-47

Aplicação odontológica

Aplicação odontológica

fonte: https://www.youtube.com/watch?v=bx4GgAKYvEc

Video: Dental Ultrasonic Scaler tools supply

Aplicações industriais

Soldagem de plásticos

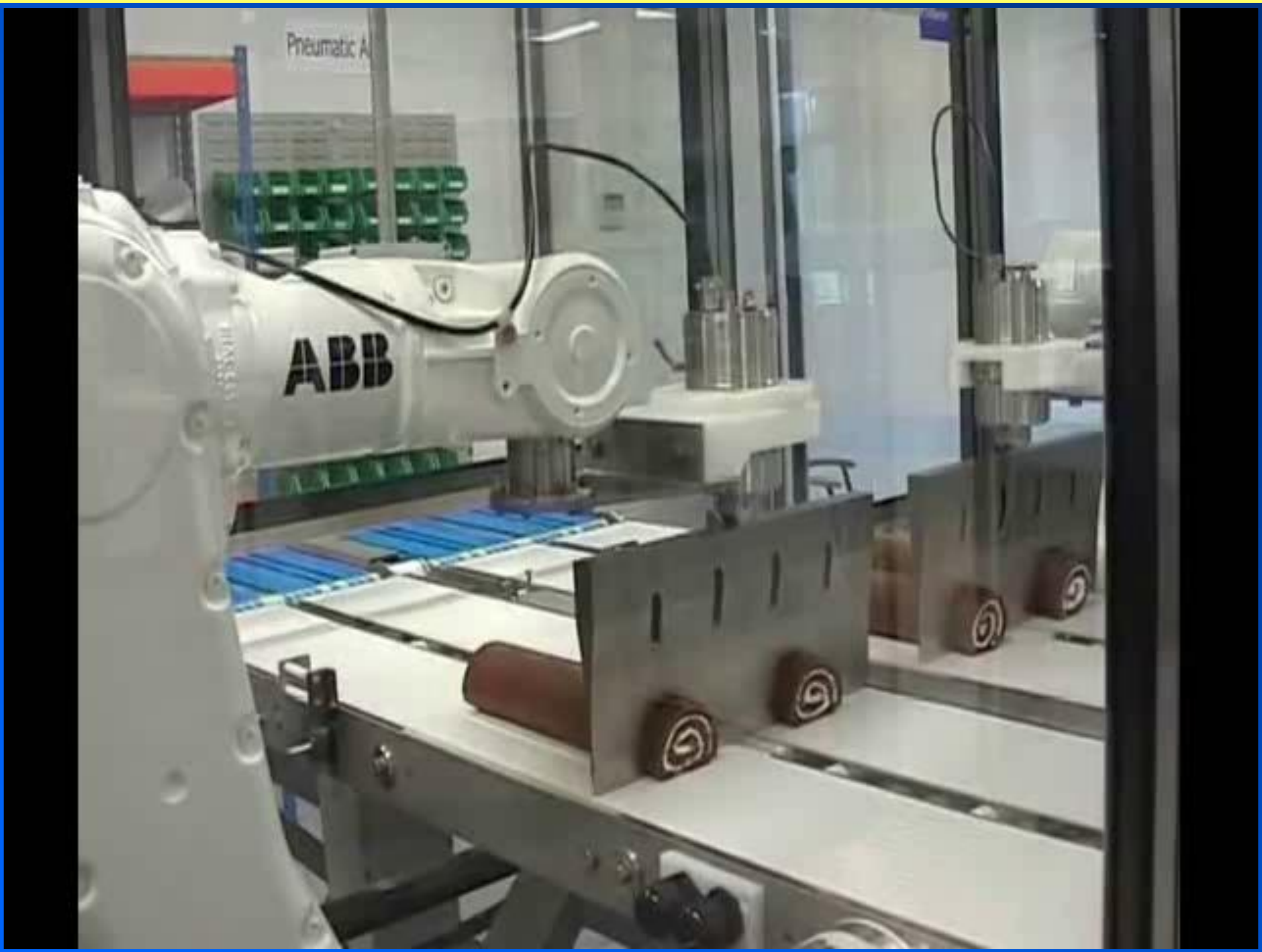
Soldagem de plásticos

fonte: https://www.youtube.com/watch?v=xreJsI8Dpsk

Video: Horizontal ultrasonic sealing technology by Herrmann Ultrasonics

Corte com ultrassom

Corte com ultrassom



fonte: https://www.youtube.com/watch?v=mcWFmIH3zWk

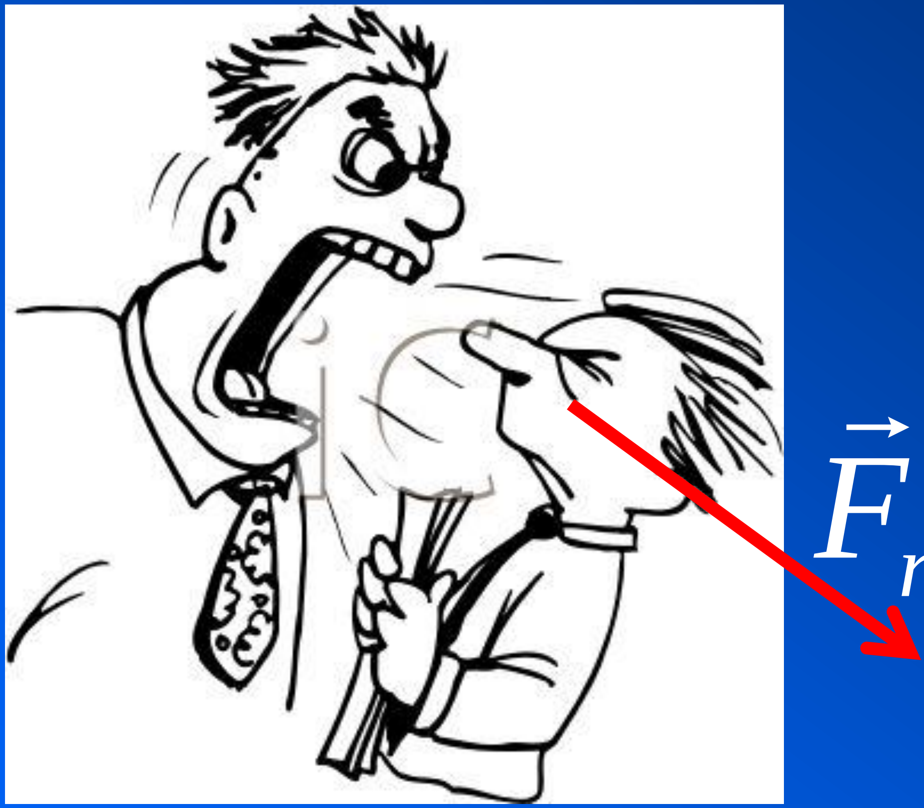
Video: newtech – ultrasonic food cutting applications

Força de radiação acústica

E

Levitação acústica

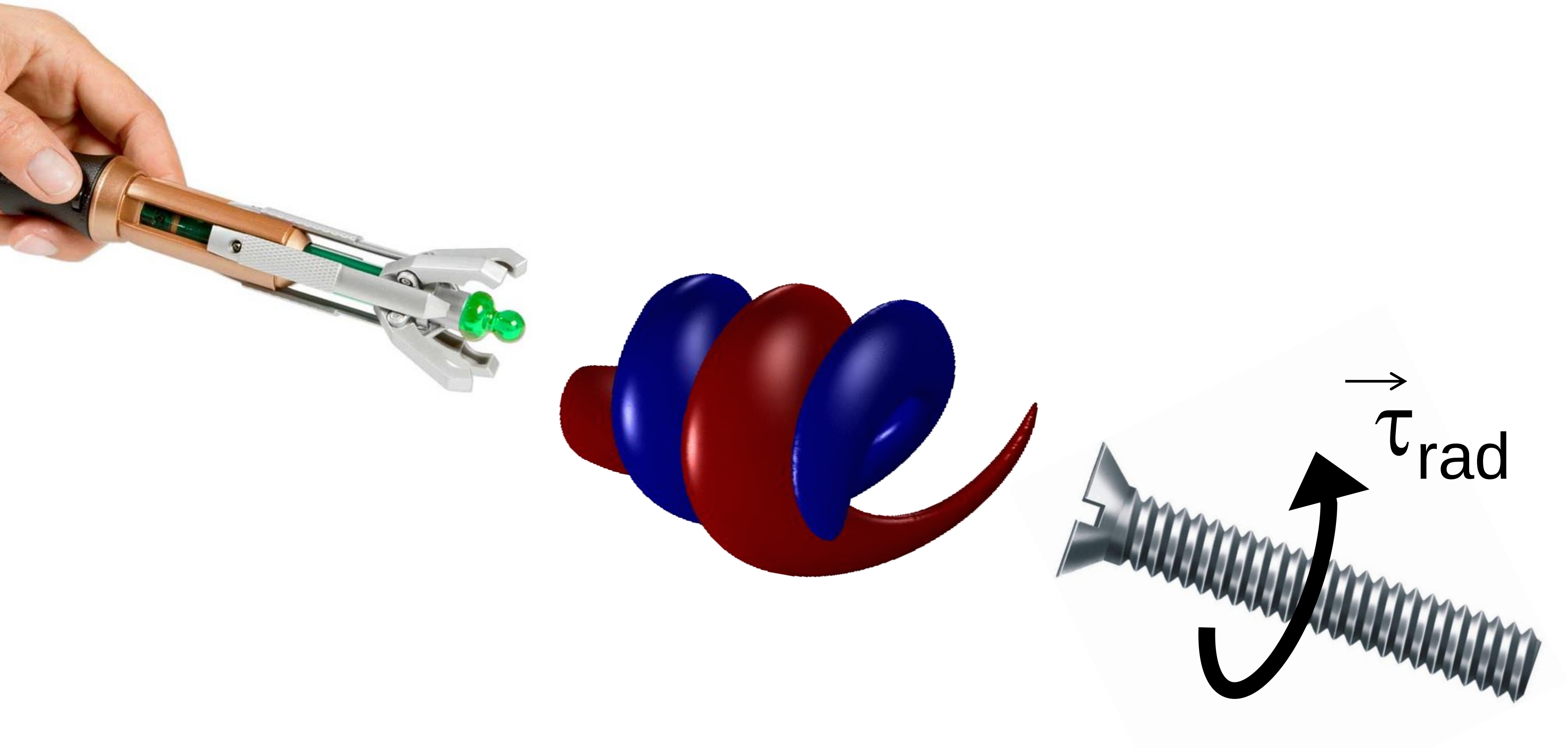
Força de radiação acústica



$$\vec{F}_{rad}$$

Momento linear ⇒ **Força de radiação acústica**

Torque de radiação



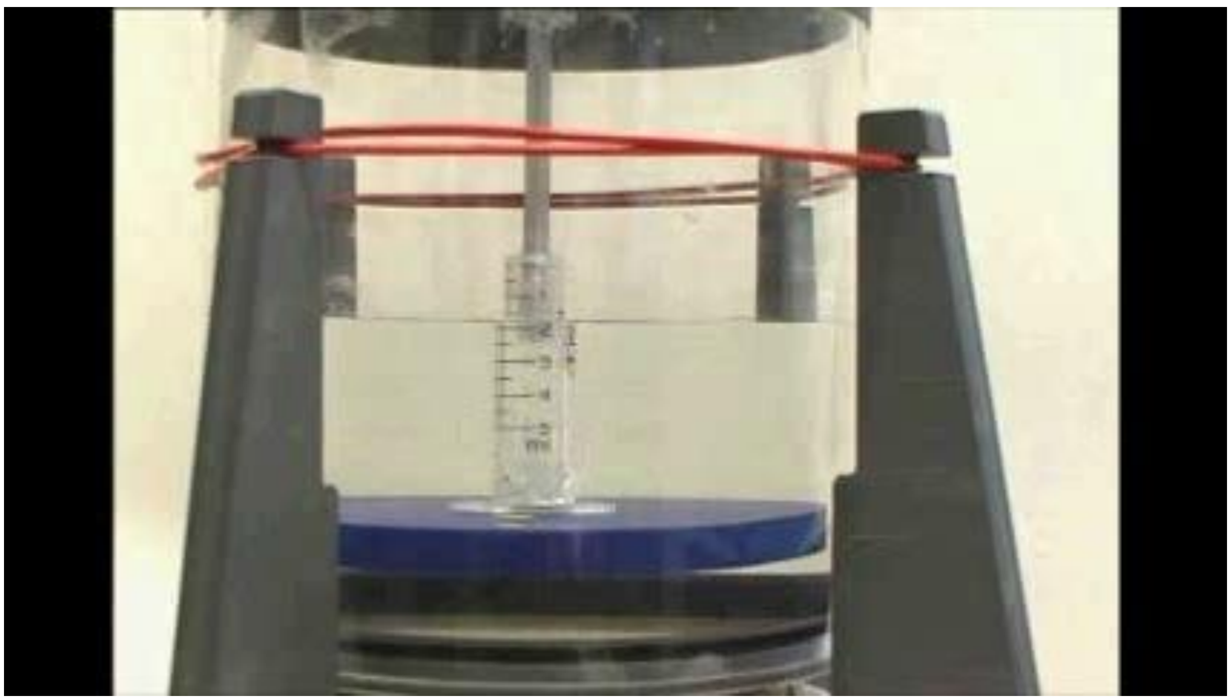
Momento angular → **Torque de radiação**

Mechanical Evidence of the Orbital Angular Momentum to Energy Ratio of Vortex Beams

Christine E. M. Demore,[1] Zhengyi Yang,[1] Alexander Volovick,[1,2] Sandy Cochran,[1]
Michael P. MacDonald,[1] and Gabriel C. Spalding[3]

[1]*Institute for Medical Science and Technology, University of Dundee, DD2 1FD Dundee, United Kingdom*
[2]*InSightec Ltd., Tirat Carmel 39120, Israel*
[3]*Department of Physics, Illinois Wesleyan University, Bloomington, Illinois 61701, USA*

(Received 30 January 2012; published 8 May 2012)

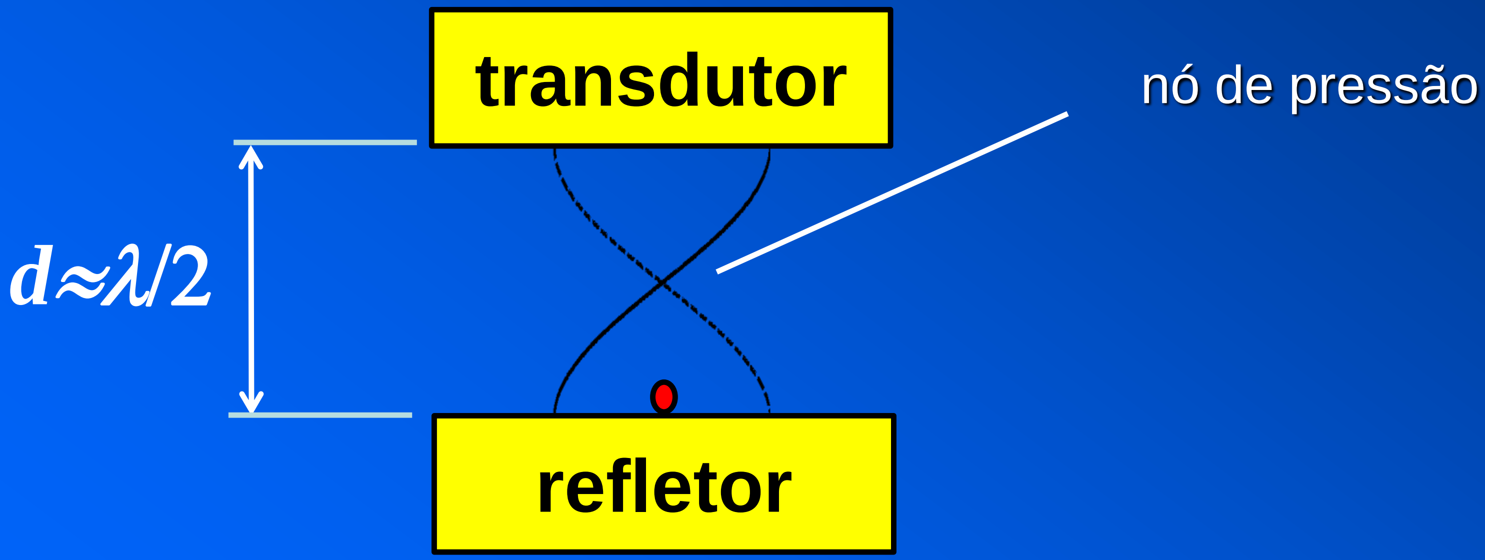


f = 550 kHz

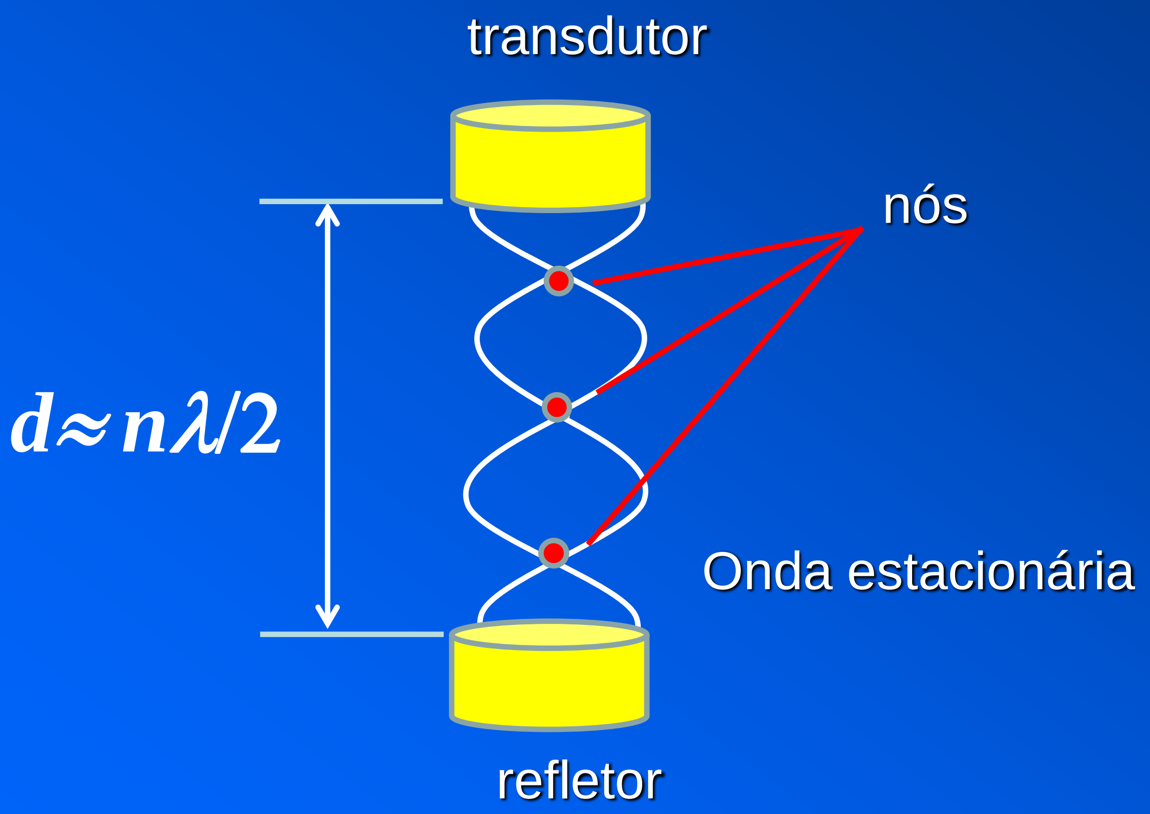
Levitação Acústica:

Princípio de funcionamento

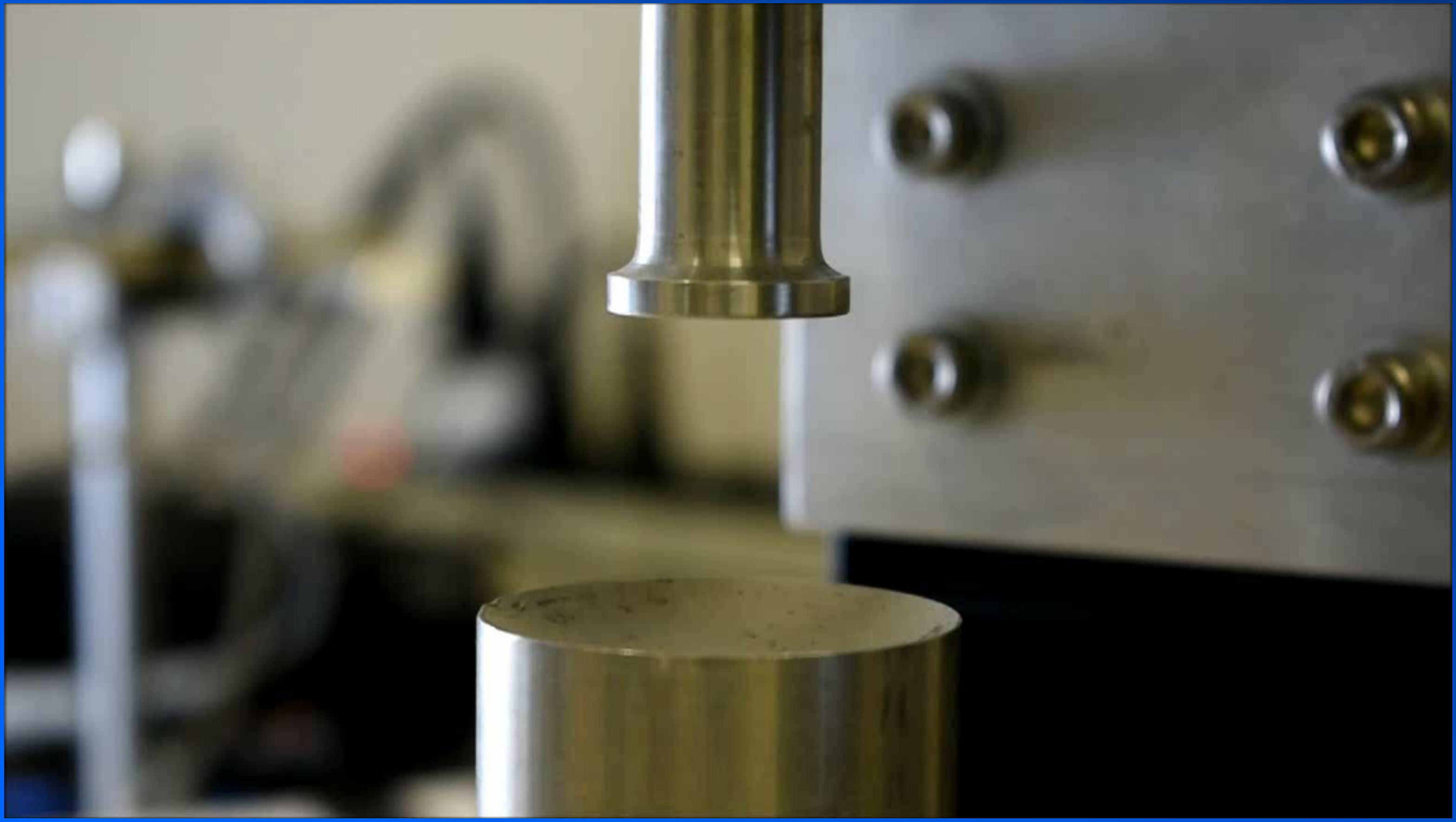
Levitação acústica



Ondas estacionária



Levitação acústica



$f \approx 25$ kHz

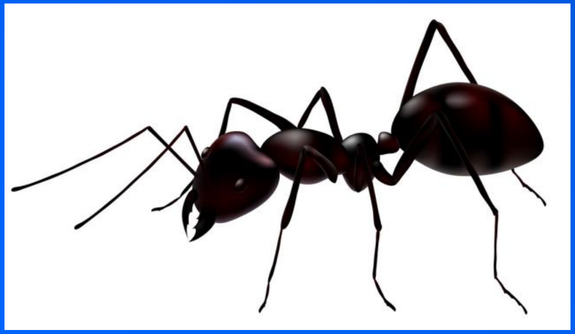
Levitação acústica

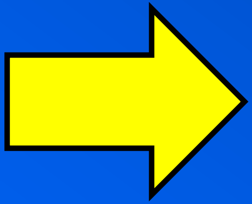
f **≈ 20 kHz**

Força de radiação acústica:

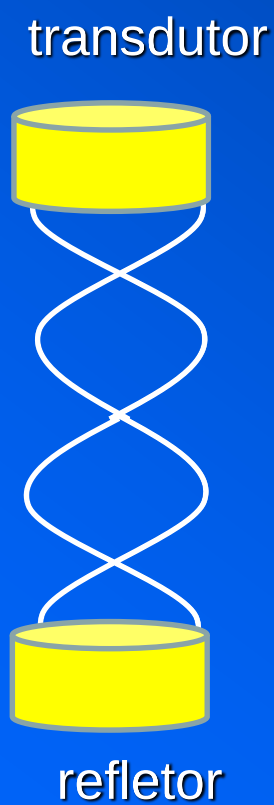
Equação de Gor`kov

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





Equação de Gor`kov



Força de radiação acústica:

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

Equação de Gor’kov:

$$U = 2\pi R^3 \left[\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_0 c_0^{\,2}} - \frac{\rho_0 \langle u^2 \rangle}{2} \right]$$

R – raio da esfera

p – campo de pressão

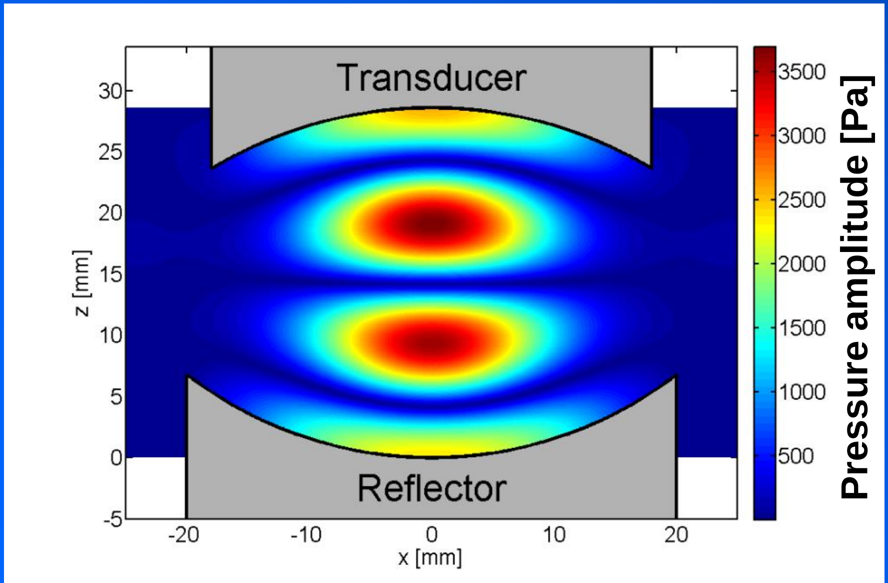
u – campo de velocidade

ρ_0 – densidade do ar

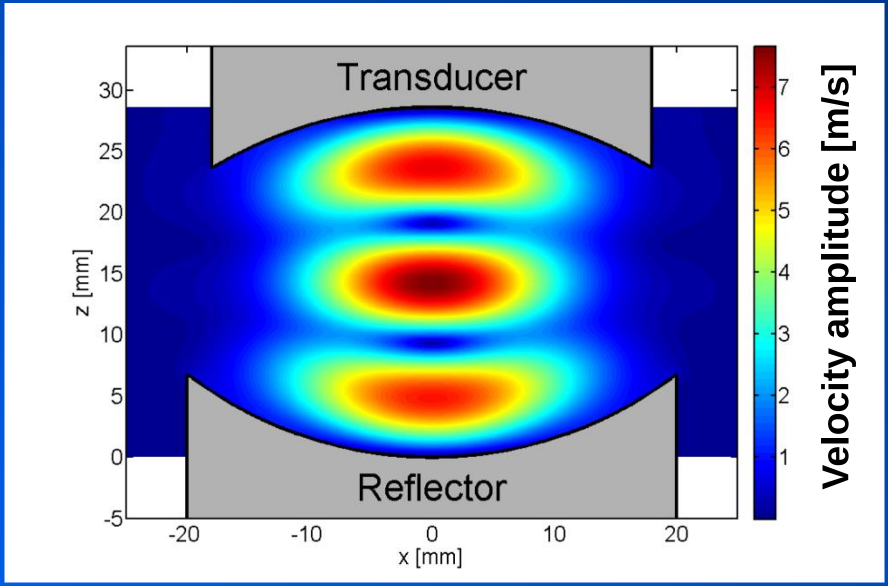
c_0 – velocidade do som

Simulação – levitador acústico

p – Campo de pressão acústica



u – Campo de velocidade



frequência = 20340 Hz

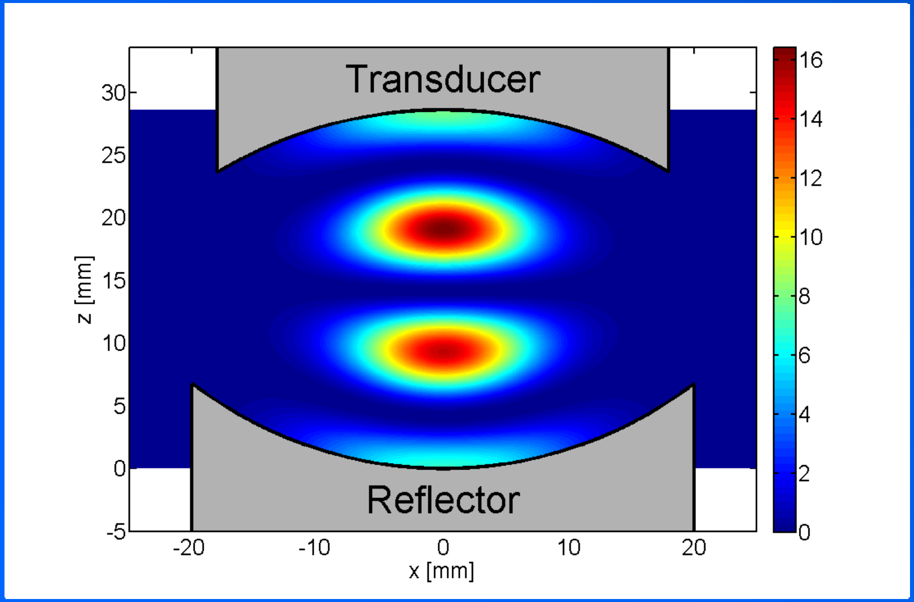
Amplitude de deslocamento da face do transdutor = 1 μm

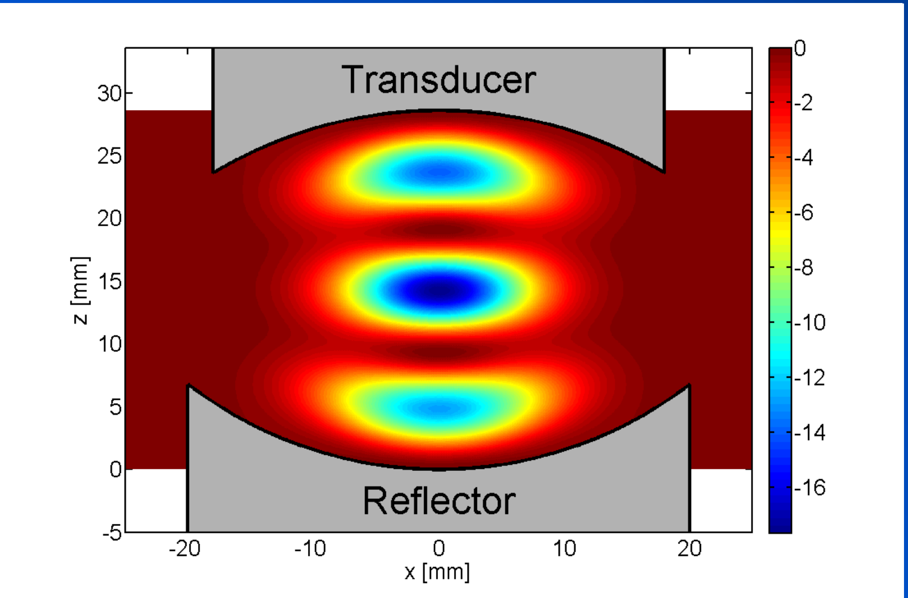
Equação de Gor`kov

$$U = 2\pi R^3 \left[\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_0 c_0^2} - \frac{\rho_0 \langle u^2 \rangle}{2} \right]$$

$$\frac{< p^2 >}{3\rho_0 c_0^2}$$

$$-\frac{\rho_0 < u^2 >}{2}$$

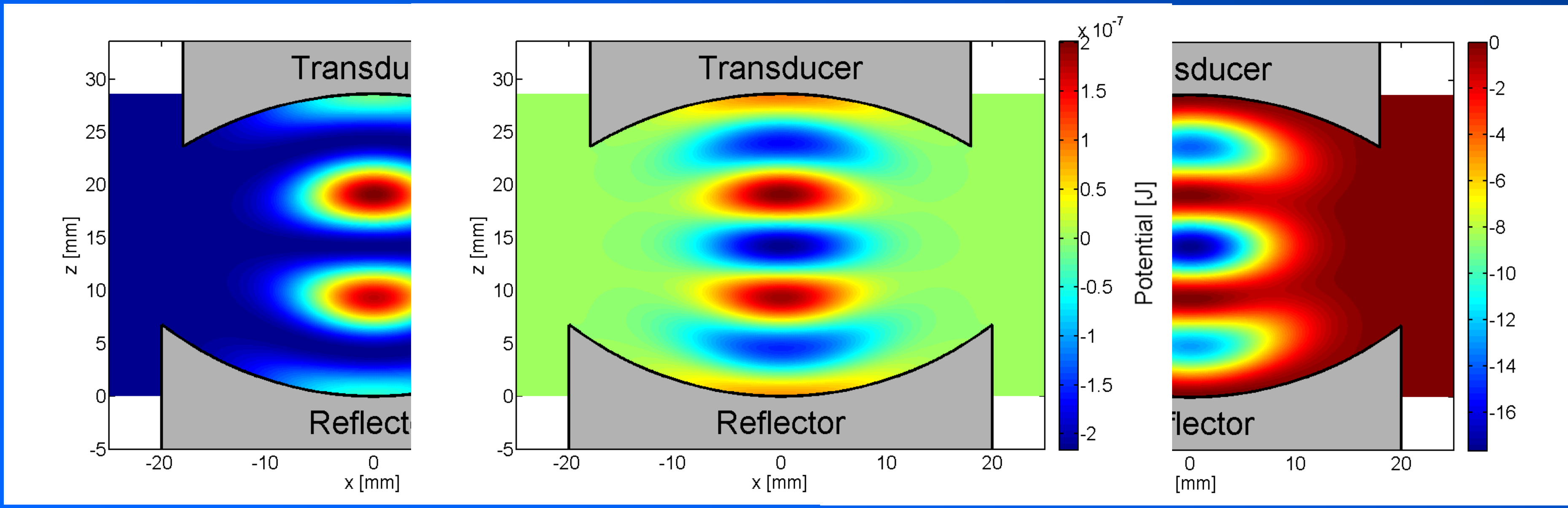




Equação de Gor`kov

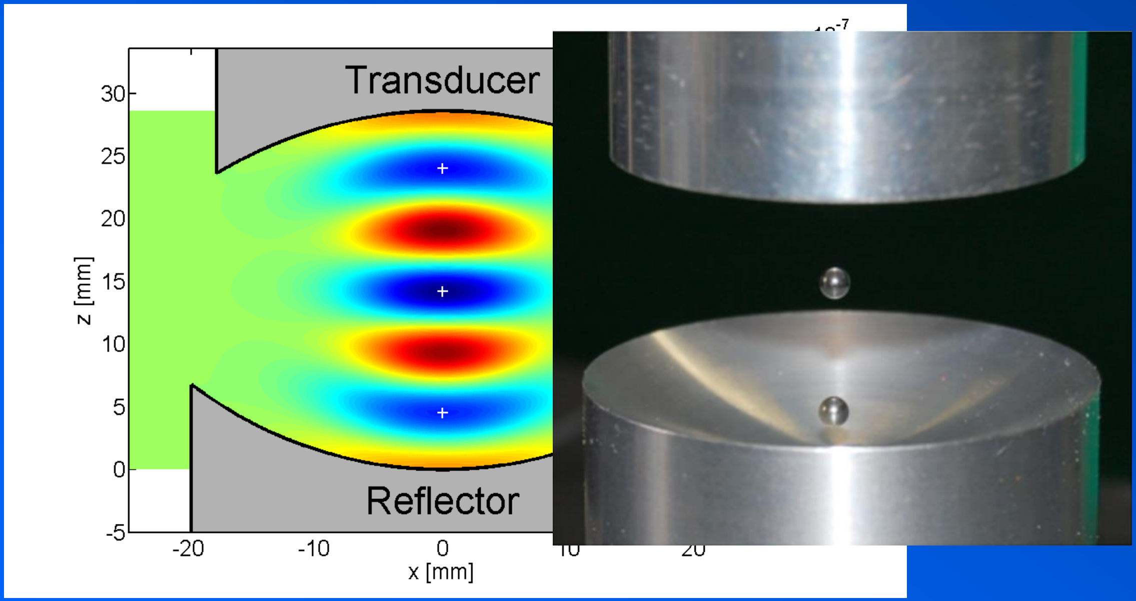
$$U = 2\pi R^3 \left[\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_0 c_0^2} - \frac{\rho_0 \langle u^2 \rangle}{2} \right]$$

$$U = 2\pi R^3 \left(\frac{< p^2 >}{3\rho_0 c_0^2} \right) - \frac{\rho_0 < u^2 >}{2}$$



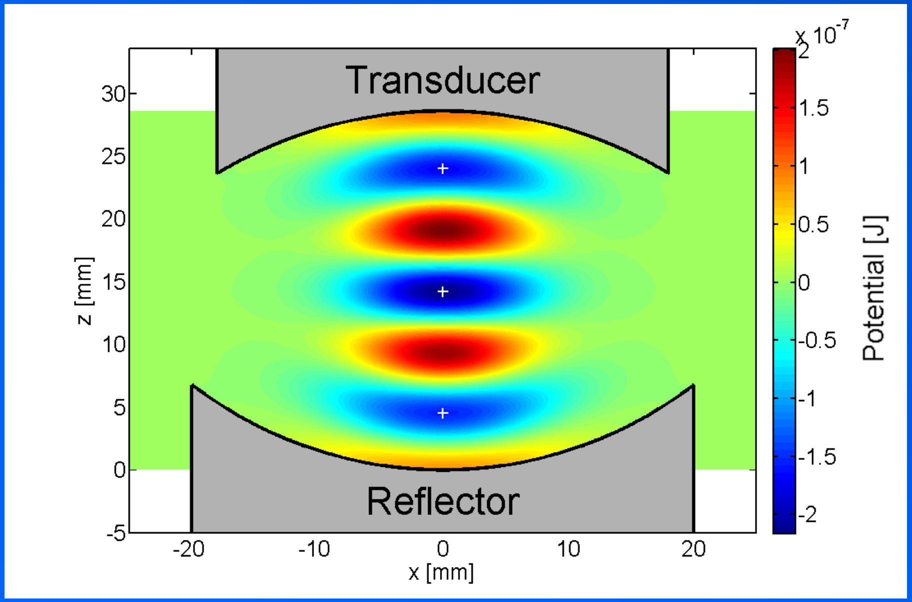
Equação de Gor`kov

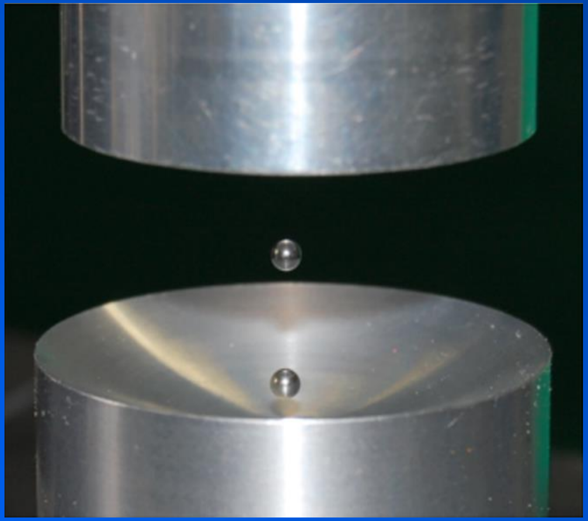
$$U = 2\pi R^3 \left[\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_0 c_0^2} - \frac{\rho_0 \langle u^2 \rangle}{2} \right]$$



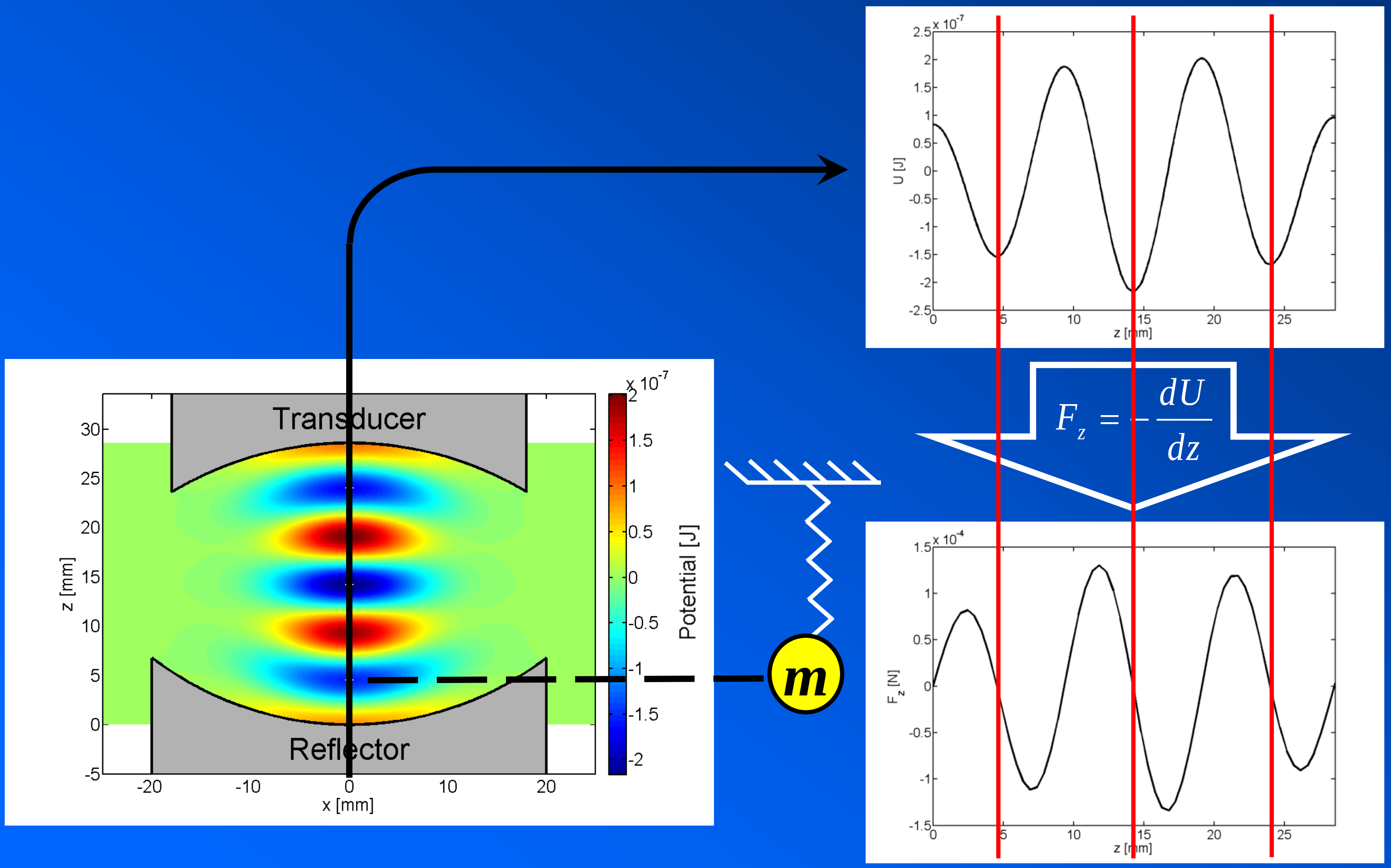
Equação de Gor`kov

$$U = 2\pi R^3 \left[\frac{\langle p^2 \rangle}{3\rho_0 c_0^2} - \frac{\rho_0 \langle u^2 \rangle}{2} \right]$$





Equação de Gor`kov

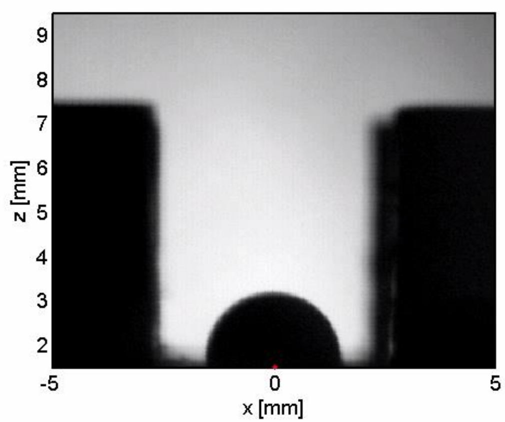


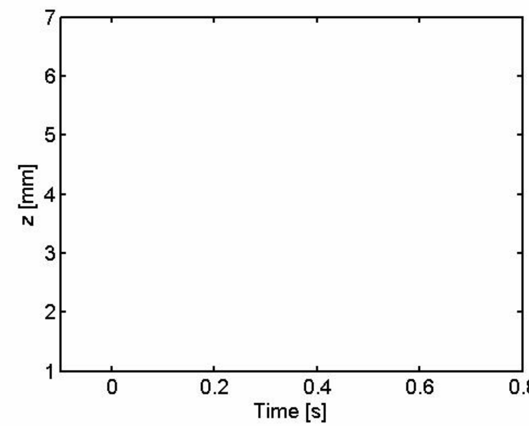
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS **116**, 184903 (2014)

Experimental determination of the dynamics of an acoustically levitated sphere

Nicolás Pérez,[1,a)] Marco A. B. Andrade,[2] Rafael Canetti,[3] and Julio C. Adamowski[4]
[1]*Centro Universitario de Paysandú, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay*
[2]*Institute of Physics, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*
[3]*Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay*
[4]*Department of Mechatronics and Mechanical Systems Engineering, Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

(Received 12 August 2014; accepted 1 November 2014; published online 12 November 2014)





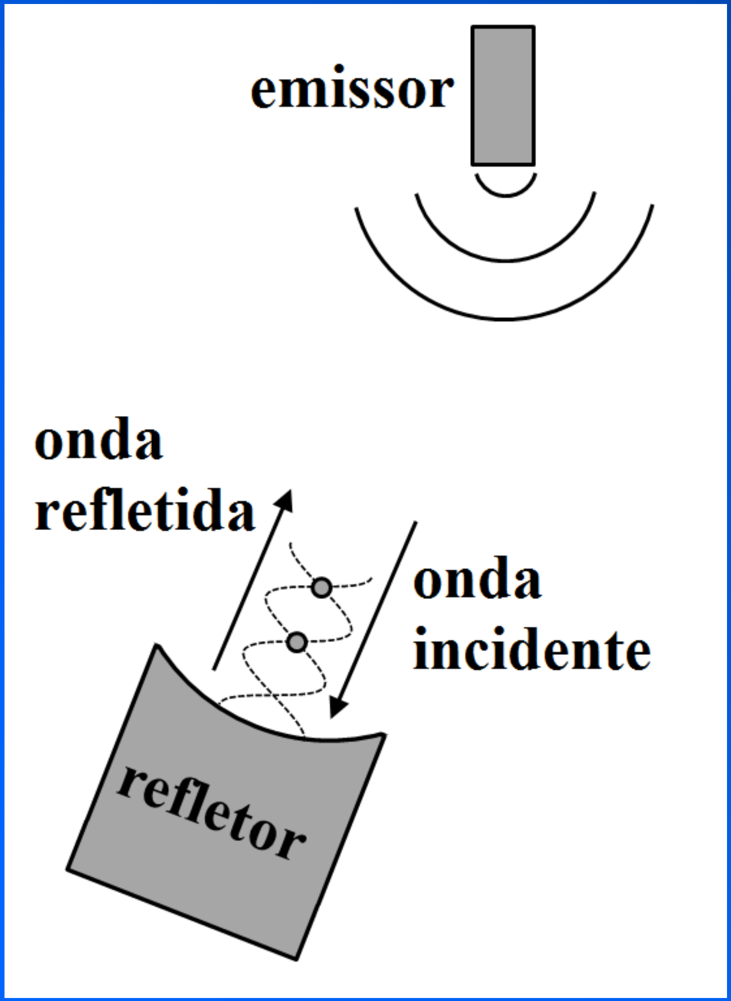
$f \approx 20$ kHz

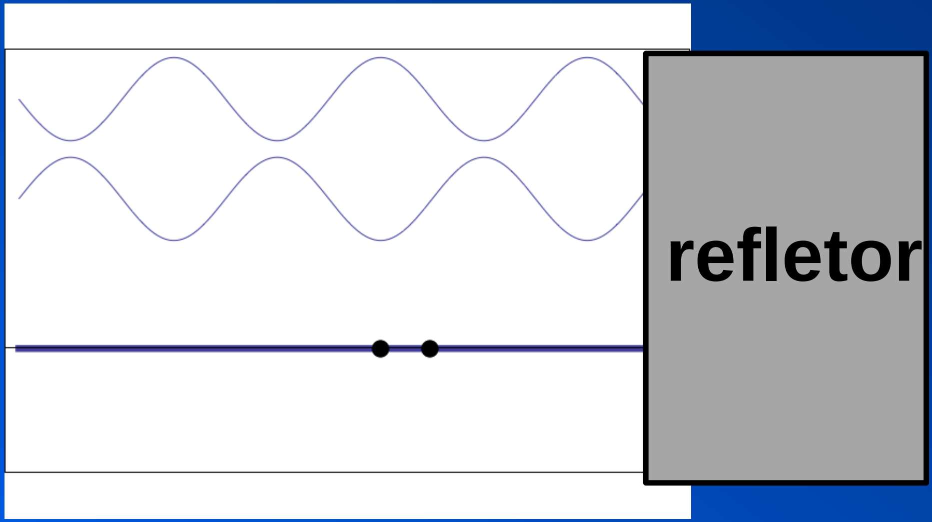
Nossa pesquisa

Levitador acústico não ressonante

Levitador acústico não ressonante

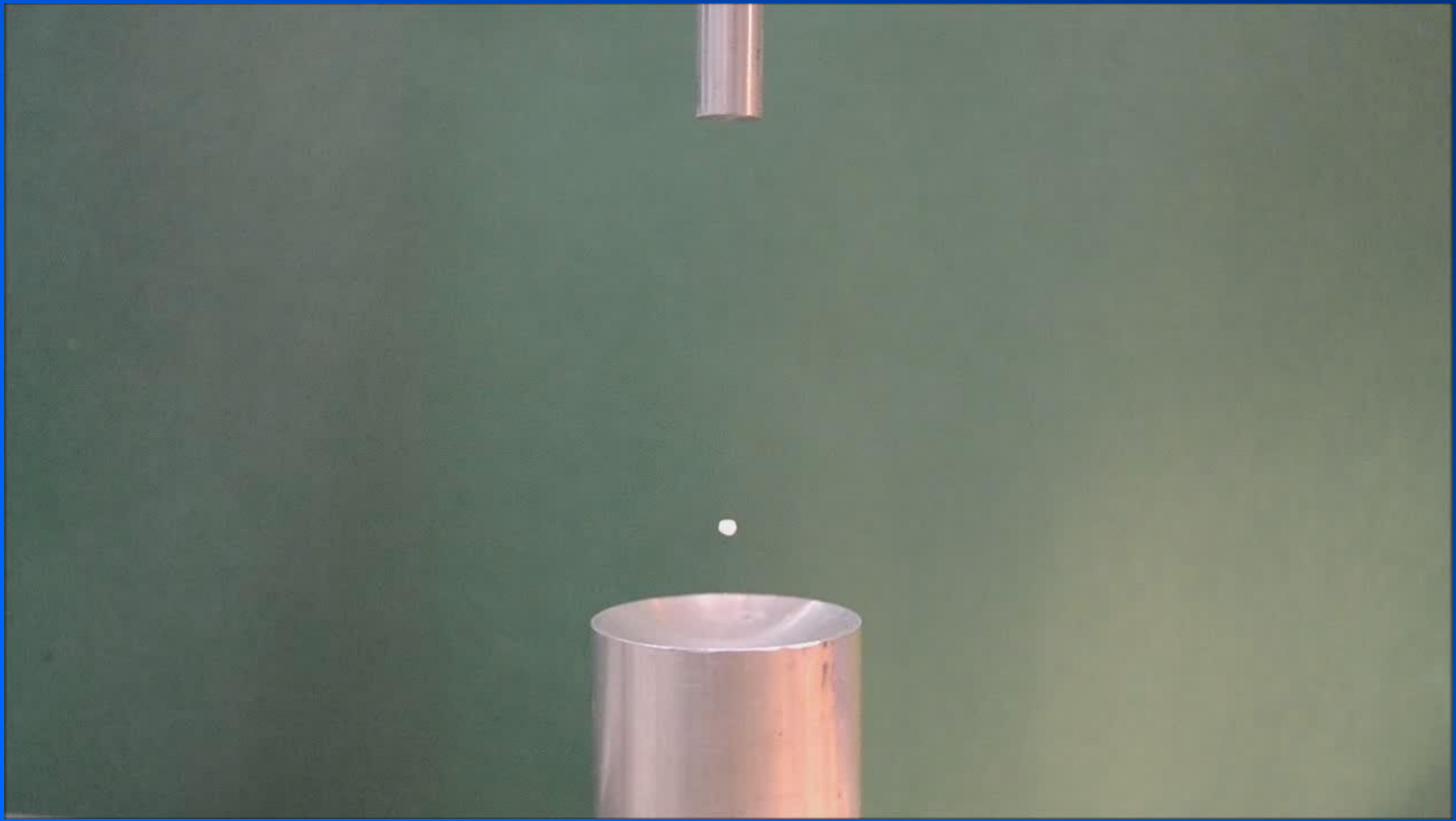
Levitador não ressonante





f = 23.700 Hz

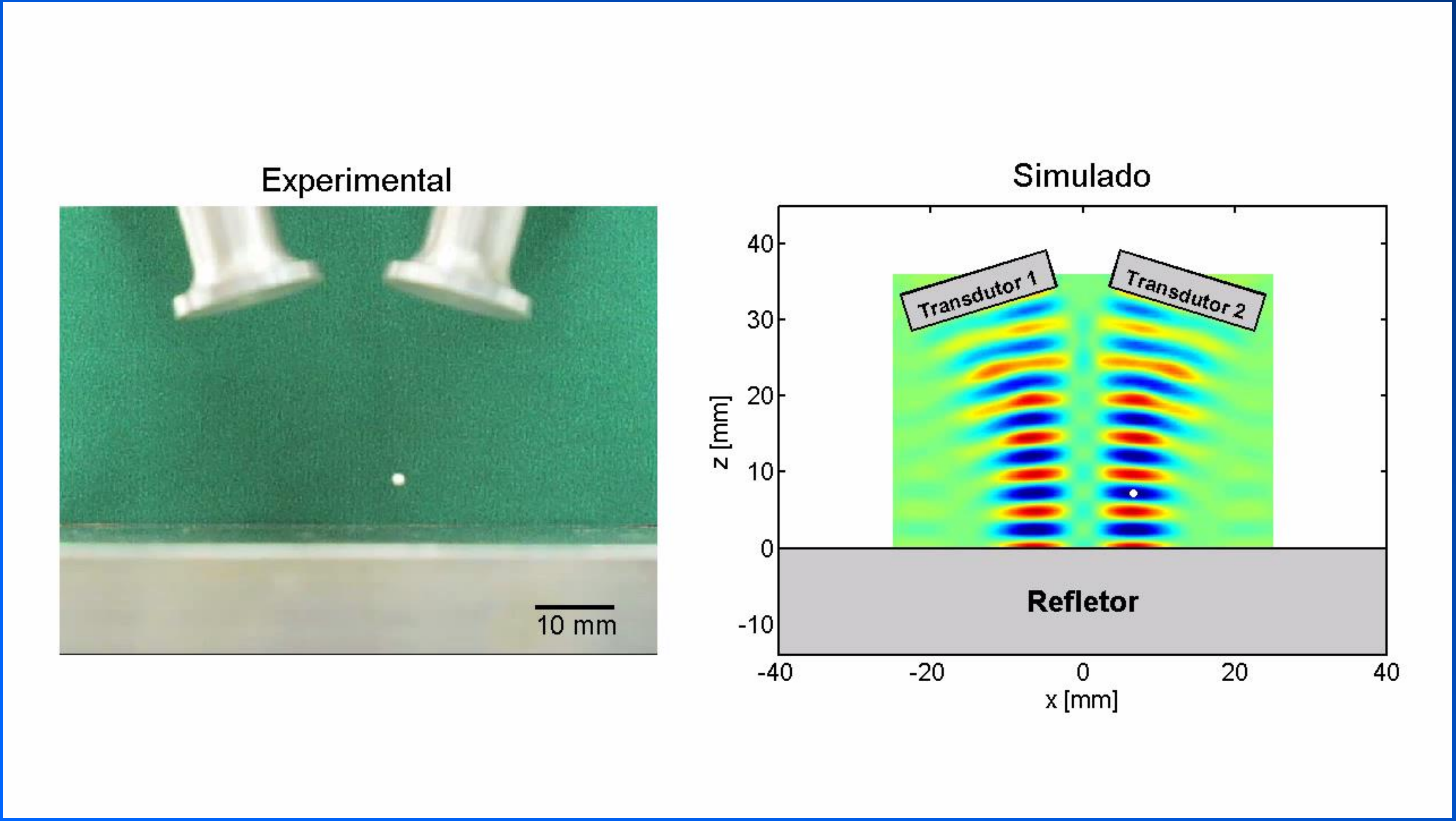
Levitador acústico não ressonante



fonte: Appl. Phys. Lett., 2015, 106(1), 014101

Manipulação da partícula

fonte: IEEE TUFFC, 2011, 58(8), 1674-1683

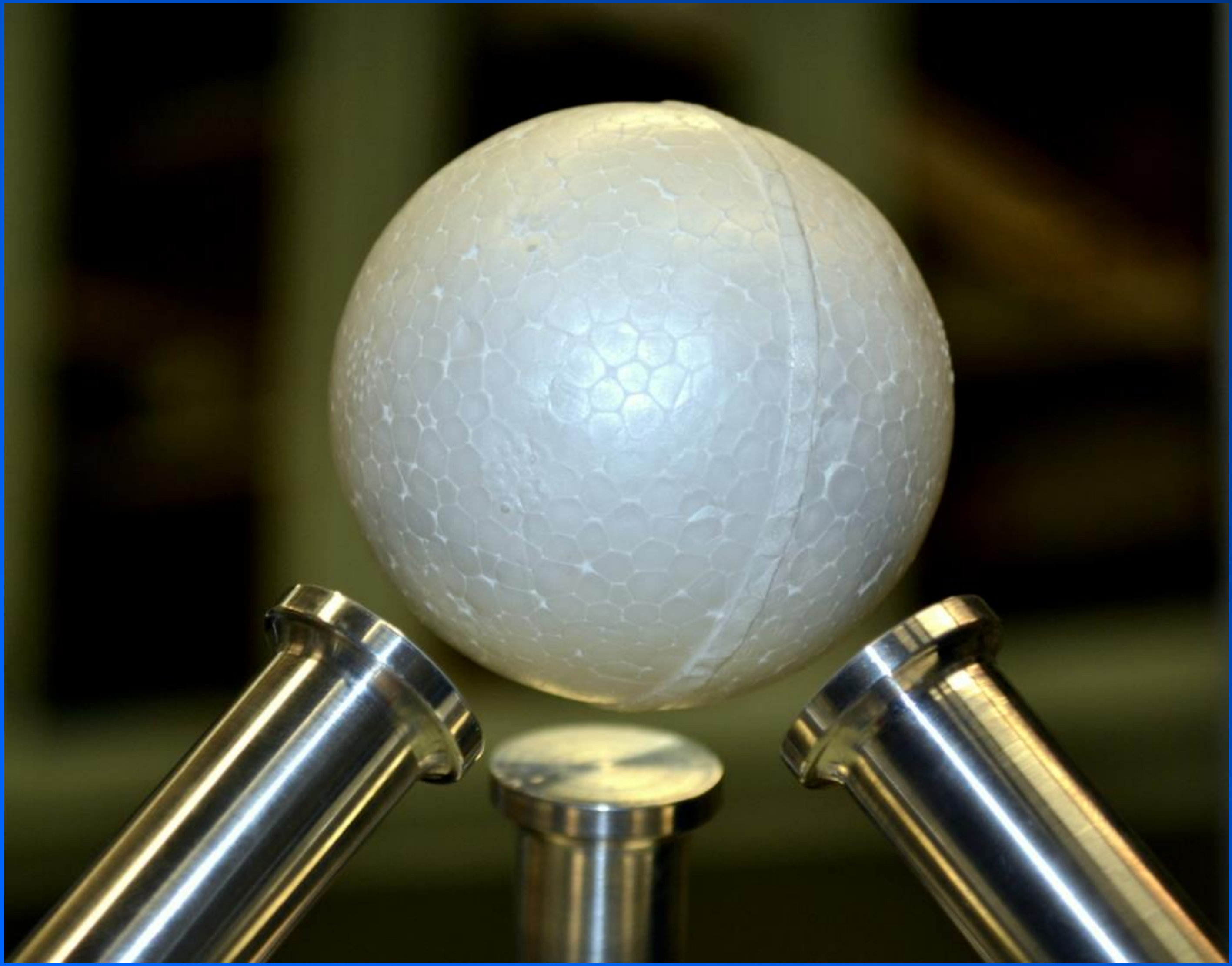


2 transdutores

***f* = 37.900 Hz**

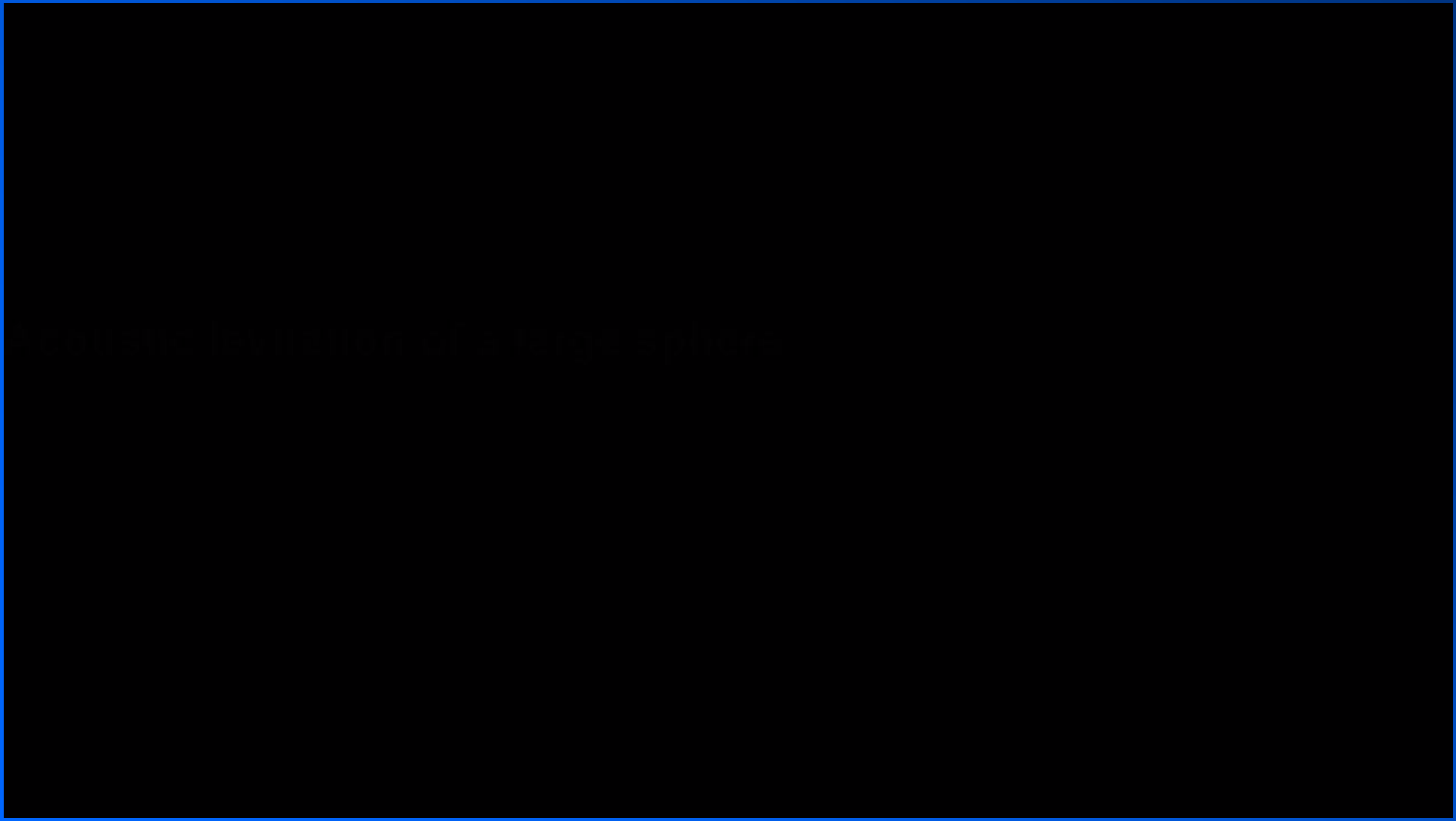
Levitação de uma esfera grande

Levitação acústica: esfera grande



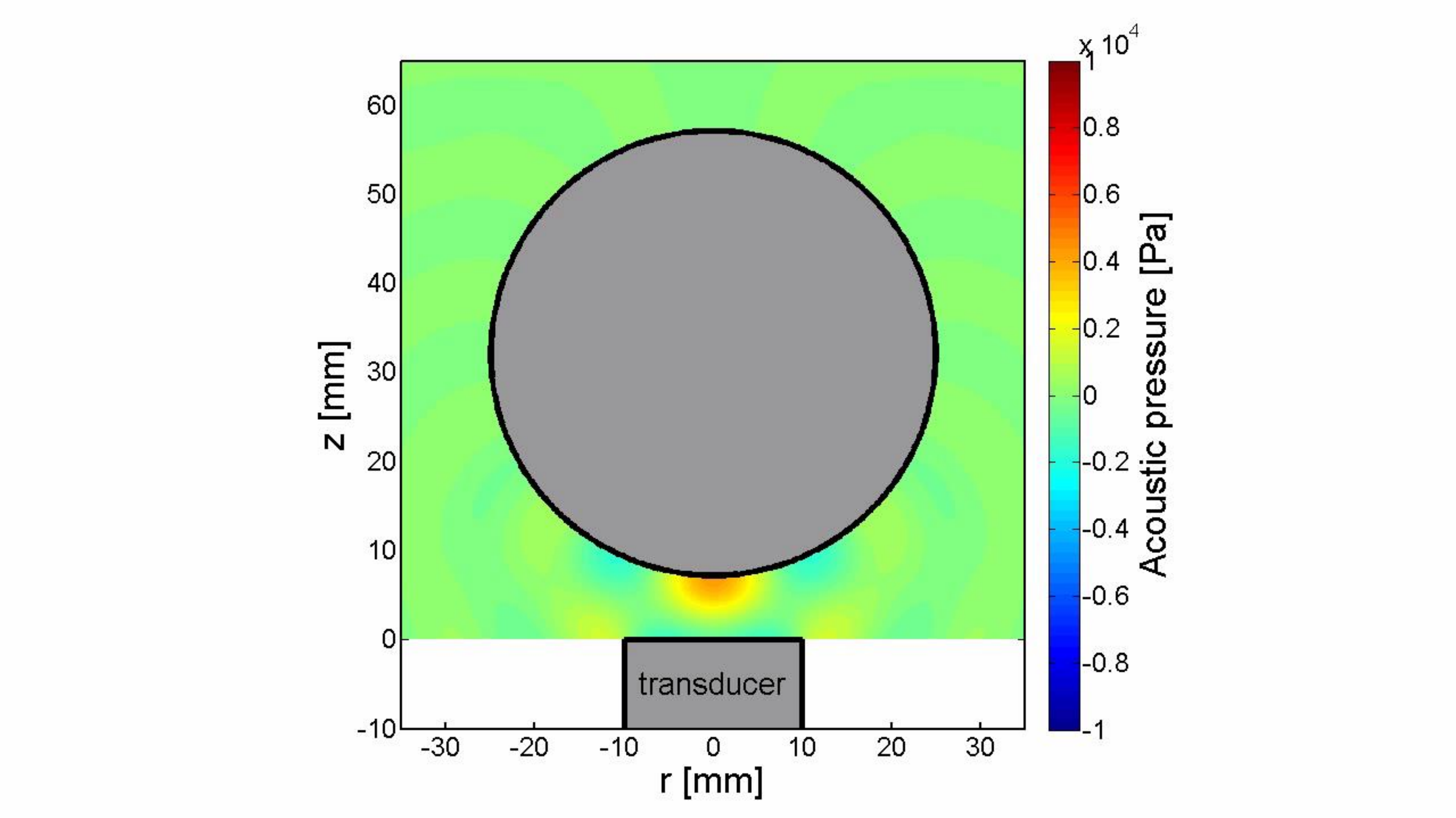
fonte: Appl. Phys. Lett., 2016, 109(4), 044101

Levitação acústica: esfera grande



fonte: Appl. Phys. Lett., 2016, 109(4), 044101

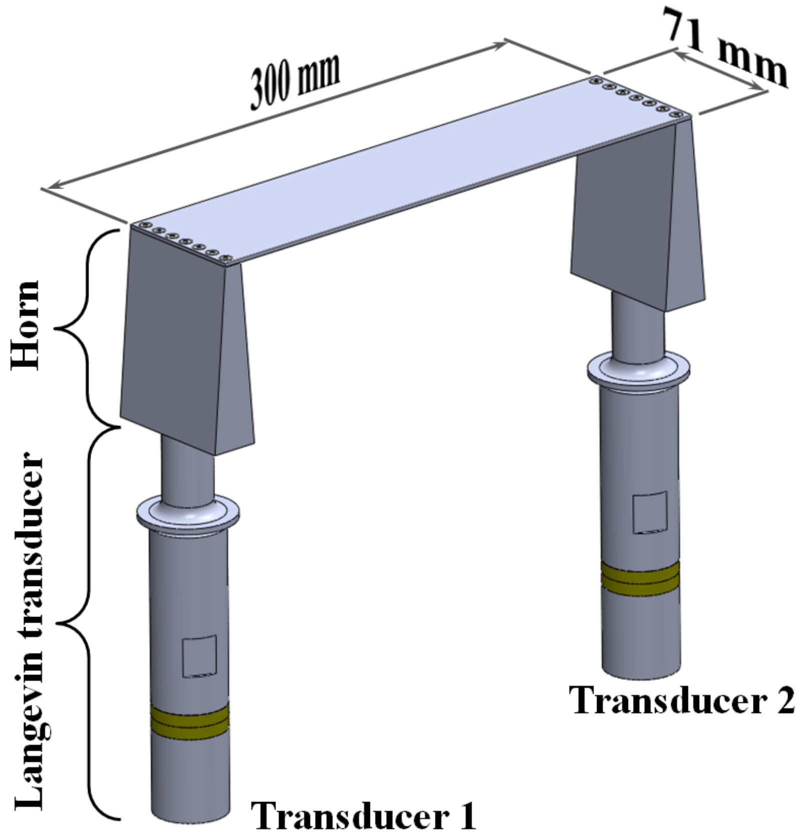
Levitação acústica: esfera grande

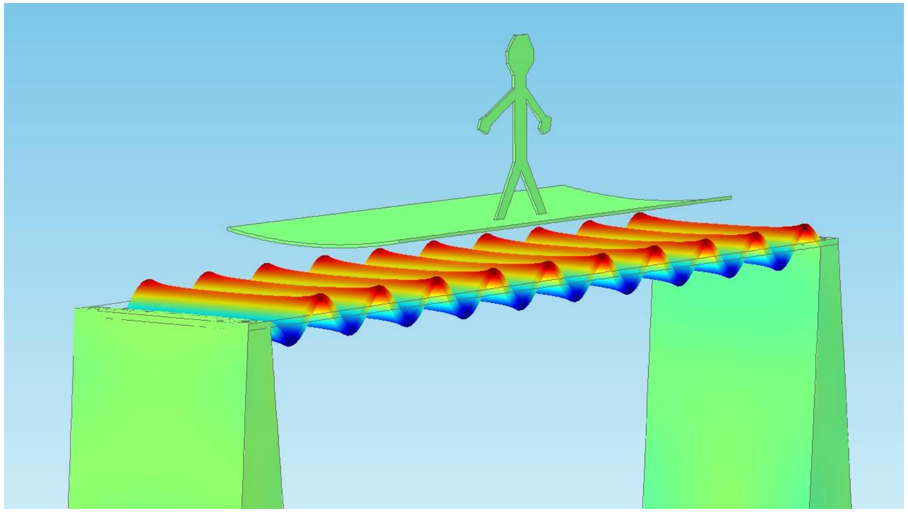


fonte: Appl. Phys. Lett., 2016, 109(4), 044101

Levitação acústica de um "surfista"

J. Acoust. Soc. Am. **141**, 4148 (2017)





frequência: 25 kHz

Levitação acústica de um “surfista”

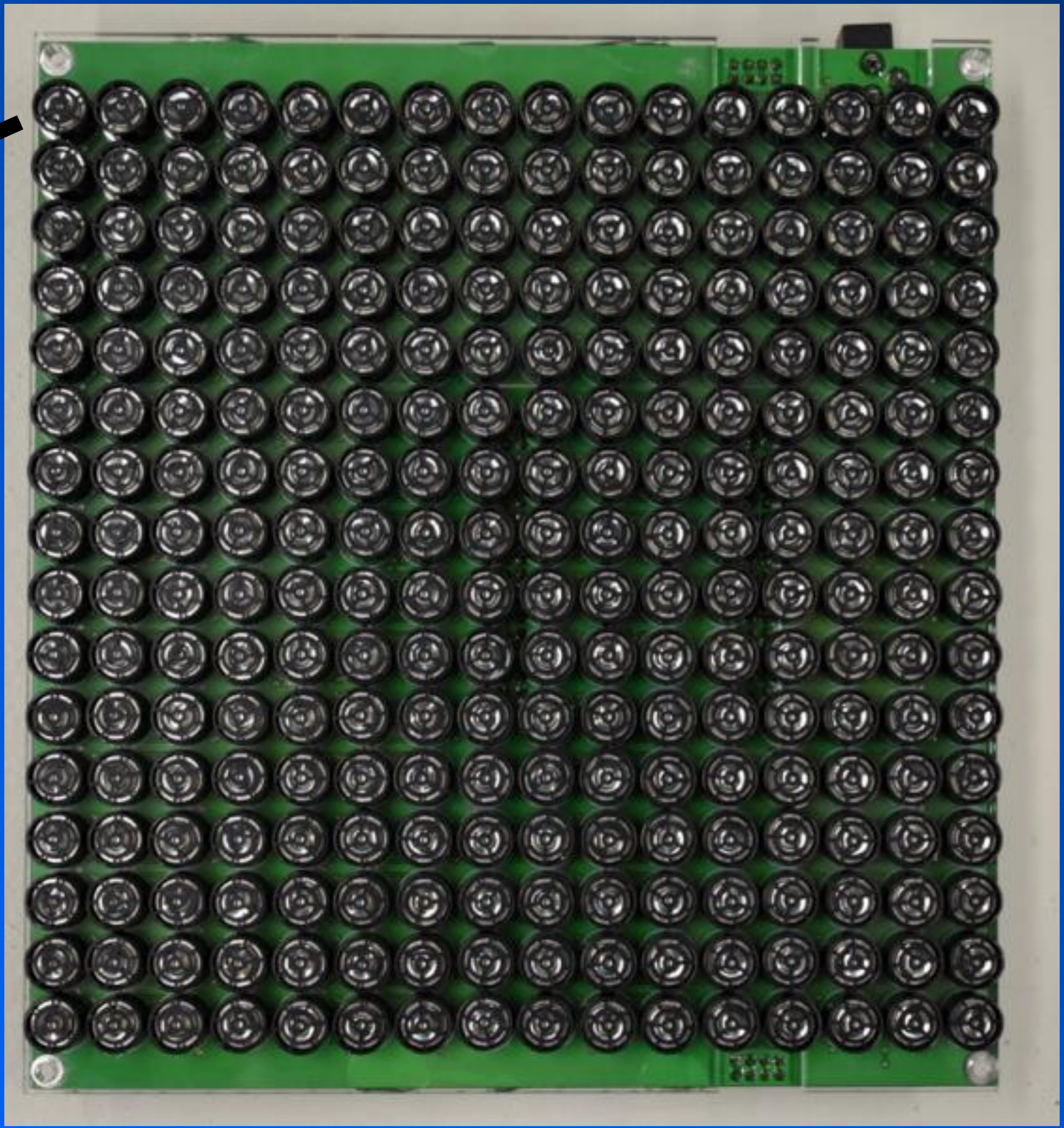
J. Acoust. Soc. Am. **141**, 4148 (2017)

Levitação acústica de um “surfista”

J. Acoust. Soc. Am. **141**, 4148 (2017)

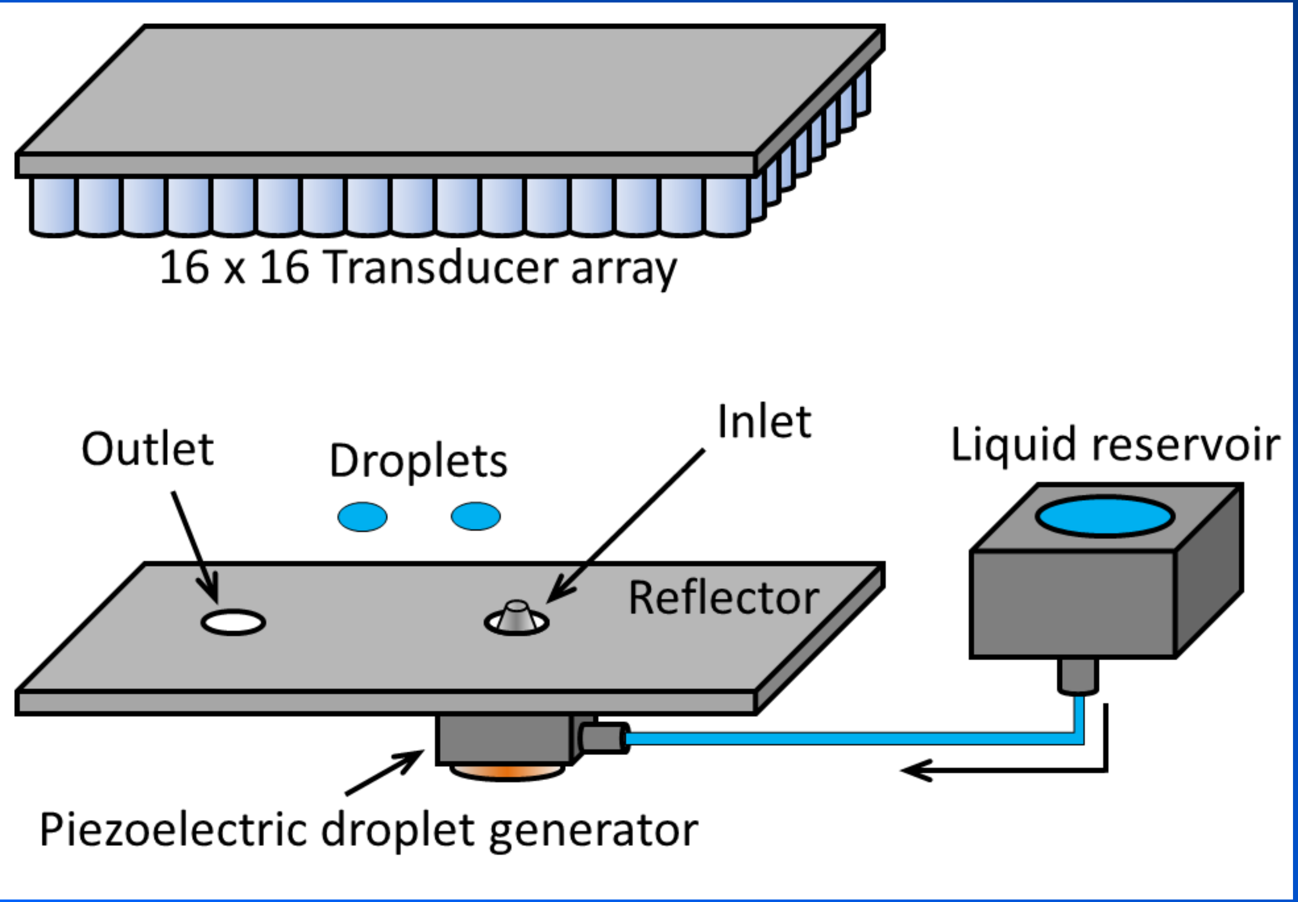
Manipulação acústica de gotas

Manipulação acústica de gotas



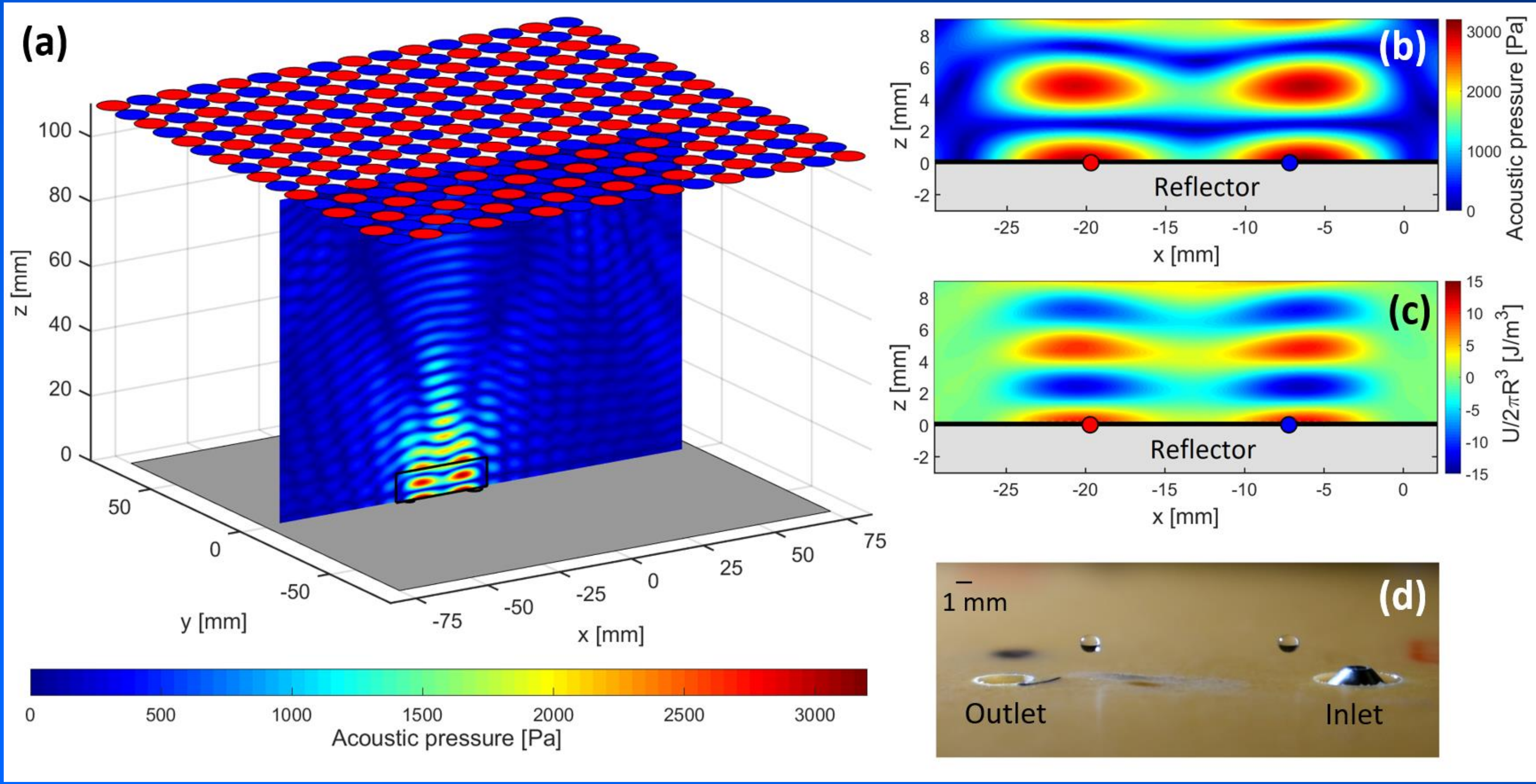
256 emissores
de 40 kHz

Manipulação acústica de gotas



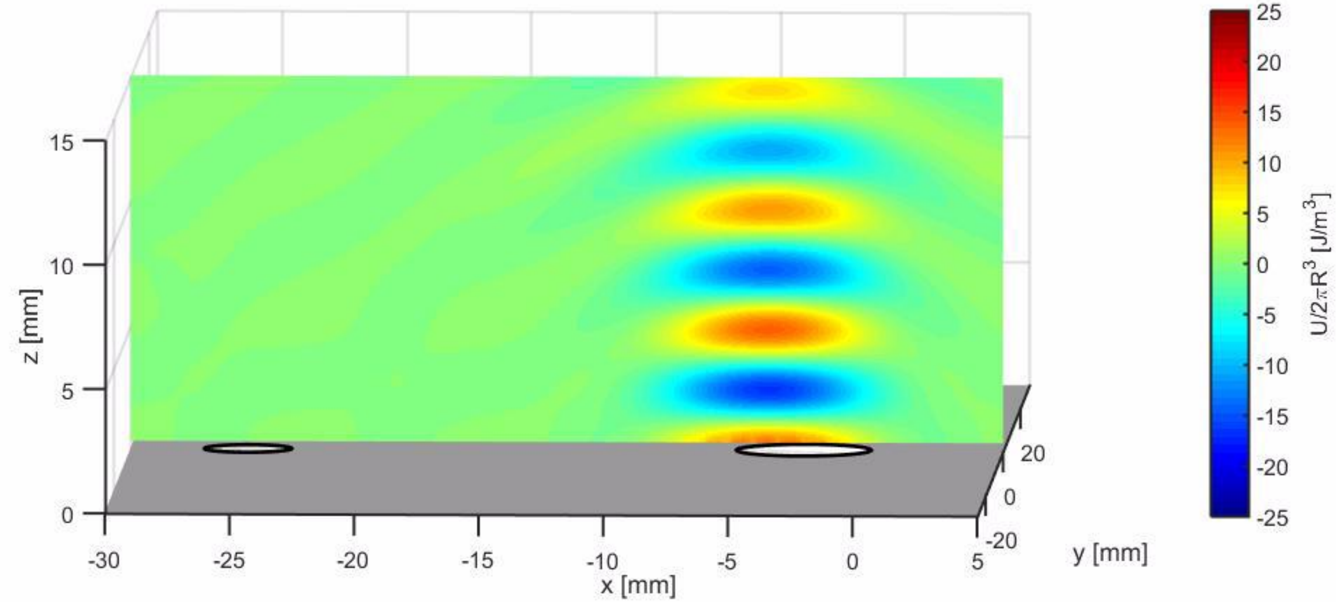
fonte: Rev. Sci. Instrum., 2018, 89(12), 125105

Manipulação acústica de gotas



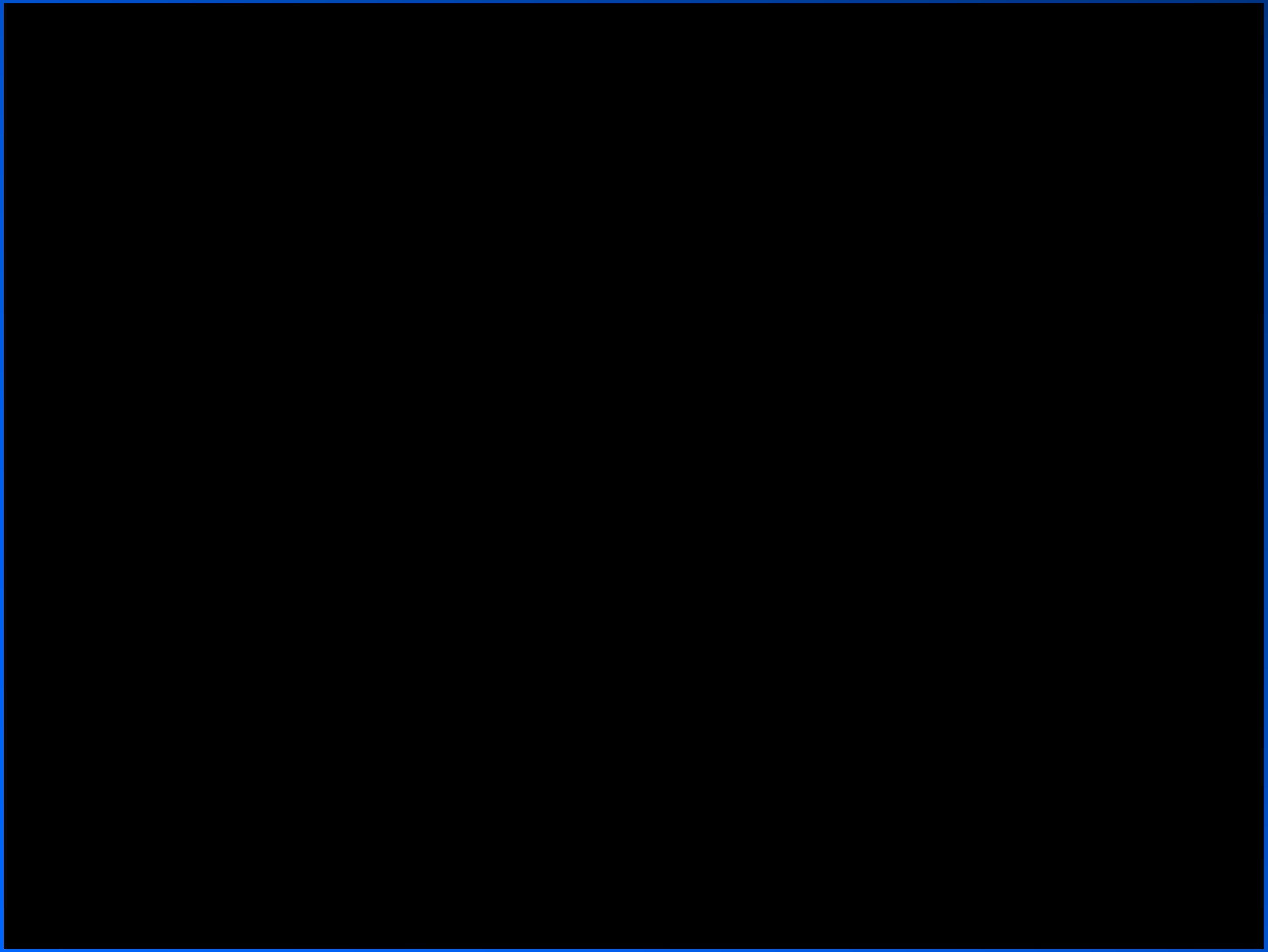
fonte: Rev. Sci. Instrum., 2018, 89(12), 125105

Manipulação acústica de gotas



fonte: Rev. Sci. Instrum., 2018, 89(12), 125105

Manipulação acústica de gotas



fonte: Rev. Sci. Instrum., 2018, 89(12), 125105

Obrigado pela atenção !

Contato:

marcobrizzotti@gmail.com