

# Simulação De Um Sistema De Levitação Acústica Para Manipulação De Partículas Em Ar

M. A. B. Andrade<sup>1</sup>, N. Pérez<sup>2</sup>, J. C. Adamowski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Centro Universitario de Paysandú, Universidad de la República, Paysandú, Uruguai

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

## Abstract

### I. Introdução

Um típico dispositivo de levitação acústica consiste de um emissor de ondas acústicas e de uma superfície refletora [1, 2]. Neste tipo de dispositivo, é produzida uma onda acústica estacionária de alta intensidade entre o emissor e a superfície refletora, e devido ao fenômeno da força de radiação acústica [3], pequenas partículas podem ser suspensas nos nós de pressão da onda estacionária.

Recentemente foram propostos novos dispositivos que são capazes de levitar e manipular partículas em ar [4, 5]. Uma das formas de realizar a manipulação de partículas é produzir uma onda estacionária a partir da superposição de duas ondas progressivas emitidas por dois emissores opostos. Ao alterar a diferença de fase entre os emissores, o nó de pressão da onda é deslocado, fazendo com que a partícula aprisionada no nó seja manipulada [6].

Este trabalho apresenta a simulação computacional de um sistema de manipulação acústica de partículas. Este sistema é formado por dois transdutores de ultrassom de 37.9 kHz e de uma superfície plana [7], conforme ilustrado na Figura 1. Ao alterar a diferença de fase entre os transdutores, a partícula levitada é manipulada horizontalmente.

### II. Uso de COMSOL Multiphysics®

Neste trabalho, é utilizado o módulo acústico do software COMSOL Multiphysics para determinar as distribuições de pressão e velocidade no ar. Os valores de pressão e velocidade são utilizados na equação de Gor'kov [3] para determinar o potencial da força de radiação acústica que atua em uma esfera. Devido à simetria, apenas a metade da geometria foi considerada (Figura 2). Também foram realizadas simulações para verificar como a posição de levitação é alterada pela diferença de fase entre os transdutores.

### III. Resultados

A Figura 3 apresenta a distribuição de pressão acústica obtida para o caso onde as faces dos

dois transdutores vibram harmonicamente com uma diferença de fase de 180 graus e com uma amplitude de deslocamento de 1 micrometro. Na Figura 4 é apresentado o gráfico do potencial da força de radiação acústica. O ponto circular branco na Figura 4 indica a posição de um dos mínimos de potencial. Comparando-se as Figuras 1 e 4 pode-se notar que há boa concordância entre a posição de mínimo potencial (ponto circular branco) e a posição de levitação da esfera.

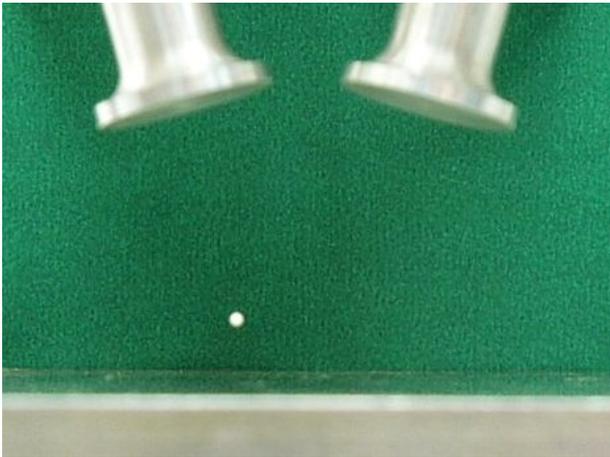
#### IV. Conclusão

Foi utilizado o Método dos Elementos Finitos para simular um sistema de levitação capaz de manipular partículas no ar. Os resultados obtidos numericamente apresentaram boa concordância com os resultados experimentais, mostrando que a simulação é capaz de prever corretamente a posição de levitação das partículas em função da diferença de fase entre os sinais aplicados aos dois transdutores. Como trabalho futuro, deseja-se aplicar o Método dos Elementos Finitos para desenvolver novos dispositivos para manipulação de partículas em ar.

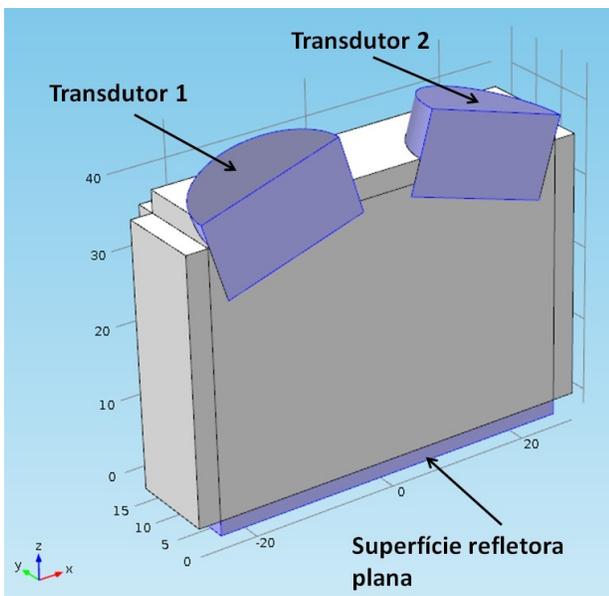
## Reference

- [1] W. J. Xie e B. Wei, "Parametric study of single-axis acoustic levitation", *Applied Physics Letters*, vol. 79, pp. 881-883, 2001.
- [2] M. A. B. Andrade et al., "Finite element analysis and optimization of a single-axis acoustic levitator", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 57(2), pp. 469-479, 2010.
- [3] L. P. Gor'kov, "On the forces acting on a small particle in an acoustical field in an ideal fluid", *Soviet Physics Doklady*, vol. 6(9), pp. 773-775, 1962.
- [4] D. Foresti et al., "Acoustophoretic contactless transport and handling of matter in air", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110(31), pp. 12549-12554, 2013.
- [5] T. Hoshi et al., "Three-dimensional noncontact manipulation by opposite ultrasonic phased arrays", *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 53, art. no. 07KE07, 2014.
- [6] T. Kozuka et al., "Acoustic standing-wave field for manipulating in air", *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 47(5), pp. 4336-4338, 2008.
- [7] M. A. B. Andrade et al., "Matrix method for acoustic levitation simulation", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 58(8), pp. 1674-1683, 2011.

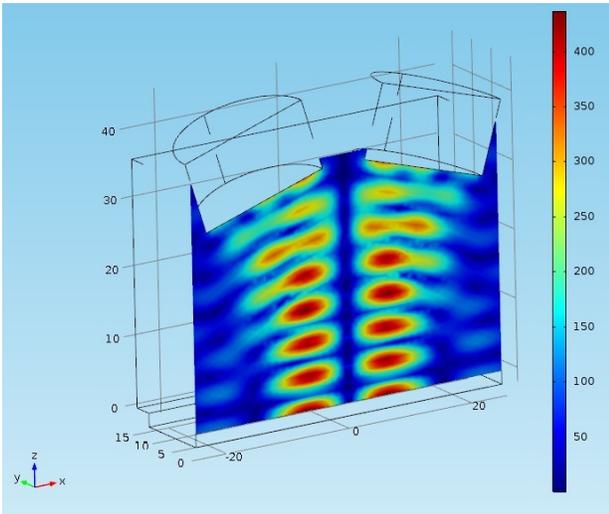
## Figures used in the abstract



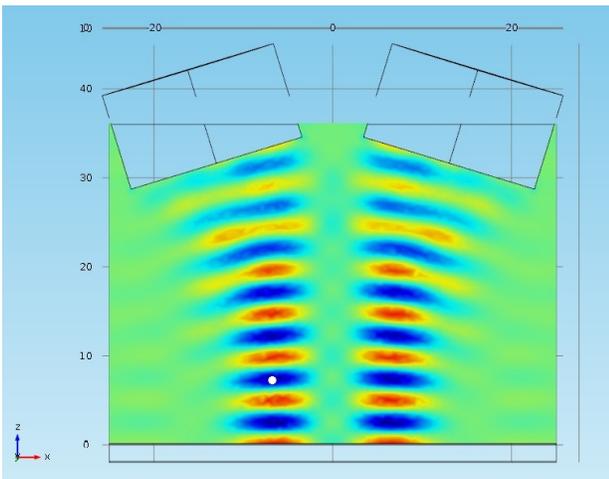
**Figure 1:** Sistema de manipulação acústica formado por dois transdutores de ultrassom de 20 mm de diâmetro e uma superfície plana.



**Figure 2:** Geometria do sistema de manipulação por ultrassom utilizada na simulação.



**Figure 3:** Distribuição de pressão acústica obtida numericamente.



**Figure 4:** Potencial da força de radiação acústica quando a diferença de fase entre os dois transdutores é de 180 graus.