

## LEVITAÇÃO ACÚSTICA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA

Gabriel Xavier Luz<sup>1</sup>, Alex Lino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de São Paulo Campus Caraguatatuba. e-mail: gabrixlz280300@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Federal de São Paulo Campus Caraguatatuba. e-mail: alexlinoassis@gmail.com

**Resumo:** Objetivando um ensino de Física mais relacionado ao mundo vivenciado pelos estudantes, significativo e questionador, o presente projeto se propõe na elaboração, aplicação e avaliação de uma metodologia de ensino baseada em uma atividade experimental sobre levitação acústica para o ensino de ondulatória tendo como subsídio a teoria da aprendizagem significativa. O fenômeno de levitação acústica explica como podemos suspender objetos no ar por meio de ondas sonoras. Teremos a intenção de verificar se a levitação acústica é uma atividade com potencial no que diz respeito a auxiliar estudantes de graduação e ensino básico a aprender conceitos importantes de física, tais como o movimento harmônico simples, o fenômeno de ondas estacionárias e energia potencial. Neste trabalho, proporemos a montagem de um levitador acústico por meio de transdutores e arduino entre outros aparatos; apresentaremos o princípio de funcionamento de um levitador acústico por meio de um material paradidático; e por fim, elaboraremos e aplicaremos uma sequência didática com a utilização do levitador para uma aula de ondulatória.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Levitador Acústico; Ondulatória.

**Linha Temática:** Ensino e Aprendizagem (EA); Tecnologia Educacional (TE).

### 1 INTRODUÇÃO

Levando em consideração que o ensino atual de Física esteja baseado, muito frequentemente, à apresentação de conceitos, leis e fórmulas de forma desarticulada com o mundo vivenciado pelos aprendizes, levando-os, na maioria das vezes, à uma aprendizagem sem significados, desmotivadora, que apresenta uma imagem de que a Física é uma ciência imutável, além de não desenvolver a crítica e a racionalização sobre os fenômenos científicos, o presente projeto tem o escopo de gerar uma proposta metodológica sobre levitação acústica para aulas de ondulatória utilizando a ideia mais geral da teoria da aprendizagem significativa de que se deve ensinar o aprendiz a partir do que ele já sabe.

A aprendizagem Significativa é o processo pelo qual uma nova informação incorpora-se a uma estrutura de conhecimento já formada no indivíduo. Esta nova informação relaciona-se a um conceito estabelecido na estrutura cognitiva, denominado por David Ausubel de conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor. O conceito subsunçor terá a função de ancorar a nova informação a ser assimilada na estrutura de conhecimento do indivíduo (AUSUBEL et al., 1980).

A vantagem será uma aprendizagem que armazenará a nova informação na estrutura de conhecimento do aluno, ao contrário de uma aprendizagem mecânica em que a nova informação não se relaciona a nenhuma estrutura pré-estabelecida, podendo ser esquecida facilmente.

Outra vantagem da aprendizagem significativa é a assimilação obliteradora, ou ainda, obliteração subsunçora. No decorrer da aprendizagem significativa os conceitos subsunçores e as informações armazenadas são ligeiramente modificados. Ao longo de uma sequência de assimilações, uma modificação substancial pode ocorrer com o subsunçor fazendo com que a estrutura de conhecimentos fique cada vez mais complexa (NOVAK, 1981).

### 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 A levitação acústica

Podemos levar objetos no ar por diversos métodos físicos. Um dos métodos mais conhecidos é a levitação magnética, na qual um objeto metálico pode ser suspenso no ar quando imerso em um campo magnético muito intenso. Um bom exemplo é o pião magnético. Podemos ainda levar partículas por meio da levitação ótica, utilizando o fato de que uma onda eletromagnética pode exercer uma pressão de radiação em uma superfície, ou ainda, a levitação eletrostática, onde partículas carregadas são suspensas pela força eletrostática gerada por um forte campo elétrico. Em todos os processos de levitação a força peso deve ser equilibrada para que um objeto se mantenha no ar sem cair, ou seja, devemos gerar uma força contrária e de igual valor à força peso.

Na técnica de levitação acústica uma partícula pode ser suspensa em ar pela força de radiação acústica gerada por uma onda estacionária. Esta técnica pode ser utilizada tanto para levitar pequenas partículas sólidas como líquidas, sem a necessidade de que elas estejam eletricamente carregadas ou magnetizadas. Apesar de parecer algo mágico e complexo, para explicar o funcionamento da levitação acústica podemos utilizar conceitos básicos de física, podendo assim, se tornar uma ótima ferramenta para motivar estudantes de graduação e ensino básico nas aulas de física (ANDRADE et al., 2015).

A levitação acústica é uma técnica relevante para aplicações em que se deseja manipular e transportar objetos sem contato, proporcionando a suspensão de objetos frágeis que necessitam manter sua integridade física ou química. Este cuidado se deve ter com substâncias como células sanguíneas, lipídeos ou microrganismos (RAMOS, 2017).

Outra aplicação em que é utilizada a levitação é a separação acústica. Nesse sistema é utilizado um transdutor ultrassônico e um refletor. Quando há o escoamento de um fluido por uma tubulação com pequenas partículas indesejadas podemos fazer com estas se separem. As partículas que passam em frente ao transdutor são empurradas para o nó da onda estacionária gerada pelo sistema transdutor-refletor. As partículas ficam concentradas no centro do canal principal separando-as do fluido (ANDRADE, 2010).

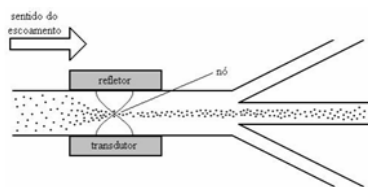


Figura 1: Sistema de separação acústica (ANDRADE, 2010, p. 2).

Em geral, a levitação ocorre devido a ação de uma força de radiação acústica produzida por uma onda estacionária. O processo de onda estacionária ocorre quando uma onda incidente interfere com a própria onda refletida em um obstáculo. Dado tempo suficiente o fenômeno resultante pode ser esquematizado da seguinte maneira:

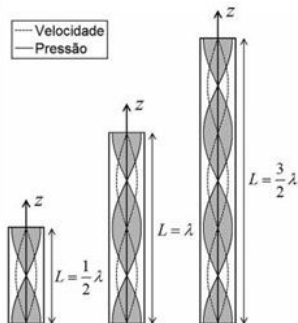


Figura 2: formação de ondas estacionárias em tubos fechados (ANDRADE et al., 2015, p. 2).

A figura 2 representa uma onda estacionária formada por uma onda mecânica se propagando dentro de um tubo fechado nas duas extremidades. Podemos observar regiões de interferência construtiva, que também são chamados de anti-nódo ou ventres, e regiões de interferência destrutiva que formam os nós; L representa o tamanho do tubo e  $\lambda$  representa o comprimento de onda da onda estacionária. Podemos observar ainda que nas regiões de nós temos a mínima pressão e velocidade máxima das partículas do meio, assim como, para as posições onde a pressão acústica é máxima, a velocidade das partículas é zero.

A próxima figura ilustra um levitador acústico de um único eixo. Este consiste basicamente em um transdutor de ultrassom e um refletor que são separados por uma distância L, que deve ser aproximadamente igual a um múltiplo inteiro de meio comprimento de onda.

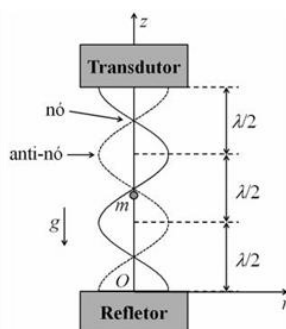


Figura 3: Levitador acústico de um único eixo (ANDRADE et al., 2015, p. 3).

Existem outros tipos de levitadores acústicos que utilizam um transdutor no lugar do refletor, tendo o mesmo efeito de superposição.

Para levitar uma partícula é necessário que a força de radiação acústica tenha intensidade igual ao peso. A força que uma onda estacionária exerce em uma partícula esférica de raio  $R$  pode ser calculada por meio da teoria de Gor'kov.

No entanto este modelo de levitador, que seria o de Langevin (ANDRADE et al., 2015) possui algumas complicações por ser baseado em um único transmissor, que seria o transdutor. Ele deve operar em altas voltagens (de 100V a 1000V) para gerar um ponto de alta pressão apresentando, assim, dificuldade de sintonizar uma frequência de ressonância para o funcionamento. Outro problema é que esse tipo de transdutor é muito sensível à altas temperaturas que acabam se aquecendo durante um período de funcionamento intenso perdendo sua energia (MARZO; BARNES; DRINKWATER, 2017).

Tendo em vista as complicações deste tipo de levitador, neste projeto iremos utilizar o modelo Tinylev para construção por não se basear em um levitador não ressonante feito com materiais de baixo custo, facilmente encontrados na internet funcionando entre 6V-12V operando por altos períodos de tempo (MARZO; BARNES; DRINKWATER, 2017). O modelo utilizado para o desenvolvimento deste projeto usará 72 transdutores simples ultrasônicos, invés de um ou dois de Langevin, e o funcionamento será em um único eixo.

Para que o equipamento atinja a amplitude desejada devemos amplificar a intensidade dos transdutores. Uma das técnicas é utilizar um transdutor acoplado a um amplificador mecânico que vibra em ressonância com o transdutor. Outra técnica consiste em utilizar muitos transdutores em fase para chegar a amplitude em questão. Utilizaremos a última técnica apontada para realizar este projeto.

## 2.2 Aprendizagem Significativa

Segundo Moreira e Masini:

“a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (MOREIRA E MASINI, 1982).

Em outras palavras, as novas informações assimiladas relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui.

A ideia mais geral da teoria de Ausubel é a de que se deve ensinar o aprendiz a partir do que ele já sabe (NOVAK, 1981). É o processo pelo qual uma nova informação incorpora-se a uma estrutura de conhecimento já formada no indivíduo. Esta nova informação relaciona-se a um conceito estabelecido na estrutura cognitiva, denominado por Ausubel de conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor.

O conceito subsunçor terá a função de ancorar a nova informação a ser assimilada na estrutura de conhecimento do indivíduo (AUSUBEL et al., 1980).

Mas quais são as vantagens de uma aprendizagem significativa?

A vantagem será uma aprendizagem que armazenará a nova informação na estrutura de conhecimento do aluno, ao contrário de uma aprendizagem mecânica em que a nova informação não se liga a nenhuma estrutura pré-estabelecida sendo esquecida facilmente.

Outra vantagem da aprendizagem significativa é a assimilação obliteradora, ou ainda, obliteração subsunçora. No decorrer da aprendizagem significativa os conceitos subsunçores são ligeiramente modificados e as informações armazenadas. Ao longo de uma sequência de assimilações, uma modificação substancial pode ocorrer com o subsunçor (NOVAK, 1981).

A modificação do subsunçor é resultado de novas assimilações.

Estas novas informações são retidas por mais tempo (aprendizagem significativa), mas também podem ser esquecidas, perdidas da estrutura cognitiva.

Quando essas novas informações não podem ser mais lembradas, Ausubel diz que ocorreu a assimilação obliteradora ou ainda subsunção obliteradora. Um fator importante neste momento é que depois de modificado, o subsunçor não volta ao seu estado original, uma vez modificado continuará desta forma (AUSUBEL et al., 1980).

A informação esquecida após a subsunção obliteradora deixa um efeito residual no conceito subsunçor, facilitando assim novas aprendizagens relacionadas mesmo após a ocorrência do esquecimento (NOVAK, 1981).

Esta é uma vantagem da aprendizagem significativa, pois mesmo após o esquecimento de uma informação pelo fato de esta ter sido assumida a uma composição mais completa, a reaprendizagem pode ser facilitada pelo conceito subsunçor inicial que foi alterado.

As ideias que foram tratadas como subsunçores serão ligeiramente modificadas e com isso se tornarão mais abrangentes ao resgatar novas informações ainda a serem aprendidas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Com base nos referenciais, daremos início a elaboração do levitador acústico por meio da plataforma arduino e com transdutores.

Primeiramente, para a confecção do levitador precisaremos dos seguintes materiais: transdutores de 72x10mm de 40kHz; arduino nano; amplificador L298N dual motor drive board; power switch; fonte de tensão regulável ou fixa entre 9V e 12V; fios de jumper; DC conector fêmea; fios preto e vermelho 12 AWG e 24 AWG; entre outras ferramentas que nos auxiliarão na montagem.

Necessitaremos também de duas bases esféricas onde serão acoplados os transdutores. Essas bases serão dispostas uma contra a outra e distanciadas para possamos gerar as ondas de interferência entre elas.

A próxima figura mostra o esquema de montagem:

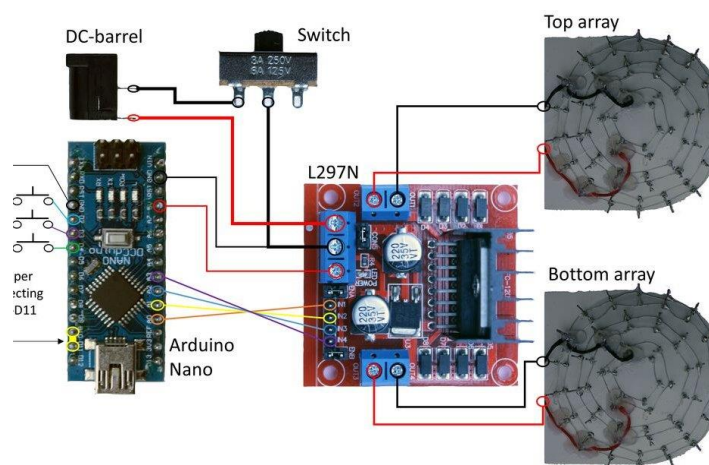


Figura4: Esquema de montagem (Fonte: [www.instructables.com/id/Acoustic-Levitor/](http://www.instructables.com/id/Acoustic-Levitor/))



Figura 5: Levitador TinyLev (MARZO; BARNES; DRINKWATER, 2017)

Para realização da atividade, utilizaremos o laboratório de Física do curso de Licenciatura em Física do campus de Caraguatatuba.

Após a montagem do levitador, o projeto dará início a elaboração de uma sequência didática para o ensino de ondulatória utilizando como potencial motivador o levitador acústico. A proposta também levará em consideração a teoria da aprendizagem significativa. Para tanto deveremos trabalhar os conceitos prévios dos estudantes, no entanto, antes, devemos analisar se realmente existem estas concepções em relação aos conceitos de ondulatória que serão desenvolvidos. Caso não detectemos esses conhecimentos iniciais, seguiremos, como propõe a teoria de Ausubel, com os chamados organizadores prévios, que buscarão formar na estrutura cognitiva dos estudantes os subsunçores, para assim, terem a possibilidade de assimilação dos novos conceitos.

Teremos o objetivo de ensinar conceitos básicos de ondulatória como o fenômeno de onda estacionária, interferência de ondas, propagação de uma onda, amplitude, frequência, velocidade, comprimento de onda, entre outros.

A proposta será aplicada para os alunos do curso de Licenciatura em Física do campus de Caraguatatuba e também para o Ensino Médio do mesmo campus. A proposta será desenvolvida independentemente para cada nível, levando em conta os conceitos prévios e o nível de cálculo que poderemos utilizar. Aplicaremos ainda um questionário no início e ao final da atividade com o intuito de verificar a aprendizagem desses conceitos anteriormente mencionados tendo como pressuposto a ideia de obliteração subsunçora da teoria da aprendizagem significativa.

## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho ainda se encontra na fase de produção do levitador. Já realizamos a sua montagem, no entanto, ainda estamos fazendo alguns testes visando seu melhoramento. Após concluirmos esta etapa, daremos início à elaboração da sequência didática e aplicação da proposta para que assim possamos analisar os questionários e verificar o alcance ou não de nossos objetivos.

Esperamos contribuir com a construção do levitador acústico e fazer com que seu entendimento possa ser facilitado em relação a sua reprodução, uma vez que é um tema de pesquisa atual na física e com muitas aplicações tecnológicas.

Temos ainda como intuito o ensino-aprendizagem de conceitos básicos de ondulatória por meio da sequência didática elaborada pelo projeto, e ainda a divulgação científica desse tema de levitação acústica.

Com relação às produções esperadas, almejamos, além da elaboração e avaliação dessas atividades, a produção de um artigo científico e apresentação em congressos na área de Ensino de Ciências.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Marco Aurélio Brizzotti; PÉREZ, Nicolás; ADAMOWSKI, Julio Cezar. Levitação acústica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.2304-1, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11173721747>.
- ANDRADE, Marco Aurélio Brizzotti. **Estudo da força de radiação acústica em partículas produzidas por ondas progressivas e estacionárias**. 2010. 105 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- MARZO, Asier; BARNES, Adrian; DRINKWATER, Bruce W.. TinyLev: A multi-emitter single-axis acoustic levitator. **Review Of Scientific Instruments**, [s.l.], v. 88, n. 8, p.085105-08106, ago. 2017. AIP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4989995>.
- MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. Editora Moraes: São Paulo, 1982.
- NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. Ed. Pioneira: São Paulo, 1981
- RAMOS, Tiago dos Santos. **Força de radiação acústica produzida por ondas estacionárias de ultrassom**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Controle e Automação Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3152/tde-06122017-085952/>>. Acesso em: 2018-04-20.