



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE FÍSICA "GLEB WATAGHIN"  
F 609 – TÓPICOS DE ENSINO DE FÍSICA I



*Experimentos de Paradoxo Hidrostático*

**Material do experimento de F-609**

TÓPICOS DE ENSINO DE FÍSICA I

**Experimento De  
hidrostática**

*Experimentos de Paradoxo Hidrostático*

---

**Aluno: Luis Fernando Meira**

Email: L082024 @ dac.unicamp.br



**Orientador: Eng. Pedro Raggio**

Email: praggio @ ifi.unicamp.br

**IFGW/ UNICAMP 1º SEMESTRE DE 2012**

*Apresentação dia quinta-feira 14 de junho entre 16 e 18 horas.*

## Resumo:

A palavra “paradoxo” é uma figura de pensamento que consiste quando a conotação extrapola o senso comum e a lógica, ou seja, no projeto foram produzidos alguns experimentos para quebrar paradoxos relacionados à hidrostática. Para isso foram realizados quatro experimentos demonstrando as principais características da estática dos fluidos

O Primeiro experimento consiste em dois recipientes ligados por um cano ou mangueira flexível, enchendo eles até certo ponto verificamos que o nível de líquido neles é sempre o mesmo modificando a altura de um em relação ao outro.

O segundo experimento consiste em unir alguns recipientes de formatos diferentes em suas bases enchendo ele de algum líquido até certo nível em seguida inclinar essa base e verificar que o nível do líquido é sempre horizontal, verificando que esse nível não depende do formato dos recipientes.

No terceiro experimento demonstraremos que a pressão no fundo de um recipiente preenchido com um líquido depende apenas da altura do líquido. Para essa demonstração foram utilizados dois tubos cilíndricos de diâmetros diferentes, enchendo eles com a mesma quantidade de água verificamos que o tubo com o diâmetro menor a altura do líquido é maior. Fazendo furos idênticos na lateral próximo da base dos tubos verificamos que o jato de água do tubo menor irá percorrer uma distância maior, e com conceitos de hidrodinâmica conseguimos mostrar a pressão em um ponto do líquido no recipiente.

No ultimo experimento veremos que o valor do empuxo depende apenas do volume do objetivo quando colocado em um fluido de densidade  $\rho$ , para isso utilizaremos uma balança do tipo de feira e uma garrafa pet na qual colocaremos chumbos para variar seu peso, e inserindo essa garrafa dentro de um tubo com água veremos que o valor do empuxo será mostrado na balança.

## **Importância didática:**

Vemos que os experimentos bem demonstrativo e de fácil entendimento para alunos universitários e de ensino médio , ele contém alguns dos principais elementos da hidrostática como pressão dos líquidos, pressão atmosférica, empuxo e etc.

## **Originalidade:**

Na disciplina de f609 não foi feito nenhum experimento para estudar o paradoxo hidrostático, mas pesquisando na internet vemos vários experimentos parecidos no qual eu estarei citando alguns nas bibliográficas:

### **Materiais:**

-Canos

-Mangueiras

-Recipientes (vidros, plásticos e etc.)

-Cola quente

-Silicone

- Balança de feira
- Ferramentas de corte
- Aguá(ou algum outro liquido)
- Fita isolante
- Chumbo

### **Fotos dos experimentos:**

Os quatro experimentos propostos no relatório foram completados segue abaixo a foto deles completos e em preparação.



Figura 1: Ferramentas



Figura 2: Materiais para os experimentos 3 e 4



Figura 3; Materiais para os experimentos 1 e 2



Figura 4: Experimento 1



**Figura 5: Experimento 2**



**Figura 6: Experimento 3**

## **Dificuldades na produção dos experimentos**

Nos dois primeiros experimentos foram encontradas dificuldade em vedar as ligações entre os canos e mangueiras e as garrafas utilizando somente cola quente, mas depois de um pouco de pratica e com utilização de fita isolante pode-se obter um bom resultado. Para o experimento 3 houve dificuldade em produzir um suporte para o tubo ficar em pé já que ele tem uma altura grande e base de pequena área. No quarto experimento a dificuldade foi encontrar materiais para expressar resultados significativos na questão do empuxo.

## **Pesquisa realizada:**

Como o projeto foi indicado pelo orientador primeiramente houve pesquisa na internet procurando sobre estática de fluidos e paradoxo hidrostático. Não foram encontrados na internet muitos materiais sobre paradoxo hidrostático as principais encontradas estão indicadas na bibliografia, onde uma delas é um vídeo de um experimento idêntico ao primeiro.

O resto da pesquisa foi utilizando como guia para encontrar as teorias o livro do **H.Moysés. Curso de Física Básica 2** onde no primeiro capítulo os itens mais importantes para o projeto como propriedades dos fluidos, Pressão de um liquido , Principio de Arquimedes ,vasos comunicantes e etc. No capítulo dois que é sobre hidrodinâmica tem conceitos importantes para o experimento 3 que a equação de Bernoulli que servira para calcularmos a velocidade inicial do jato de água para identificarmos a pressão no fundo do recipiente.

## **Teoria experimentos 1 e 2:**

Inicialmente é importante analisarmos as propriedades dos fluidos, diferente dos sólidos que tem uma forma bem definida os líquidos tem somente um volume bem definido, ou seja, um liquido se molda no recipiente que o contem, ou seja, um fluido quando aplicado uma força tangencial ele escoar até

atingir uma posição de equilíbrio para isso cada porção do fluido deve estar em equilíbrio a somatória das forças devem ser igual a zero. Esse efeito podemos ver em todos os experimentos mas principalmente nos dois primeiros vemos que o líquido sempre escoar para a parte mais baixa e se mantém sempre perpendicular a força gravitacional da Terra (sempre a superfície do líquido ao esta horizontal em relação ao “solo”).

A Pressão num fluido é um dos principais pontos a serem discutidos no projeto, pois verificamos a sua necessidade em todos os experimentos. A pressão é definida como:

$$P = dF/dA \quad (1)$$

P=Pressão

F=força

A=Área

Como vimos um líquido não mantém uma força tangencial então a pressão da coluna de um líquido sobre uma área  $dA$  será o peso dessa coluna de líquido sobre a área.

$$dF = ma = \rho dV a = \rho g z dA \quad (2)$$

m=massa

$\rho$ =densidade

z=altura do líquido

a=aceleração=g= aceleração da gravidade

Substituindo (2) em (1) vem:

$$P = \rho g z \quad (3)$$

Analisando (3) podemos prever a pressão de um líquido em todo recipiente, e vemos que o volume total do líquido no recipiente não influencia na pressão, ou seja, a pressão em um ponto depende apenas da altura do líquido, com isso temos a conclusão que nos dois primeiros experimentos onde o líquido fica sempre no mesmo nível independentemente do formato e do volume do recipiente.

### Teoria experimento 3 :

No experimento 3 iremos provar que a pressão no fundo do recipiente só depende da altura do líquido, Para isso utilizamos a equação de Bernoulli que utiliza a conservação de energia no tubo, ou seja, a energia que a coluna de água tem ao escoar e é mesma energia que sai pelo furo na base do tubo. Com isso segue a equação de Bernoulli. (Figura 7).

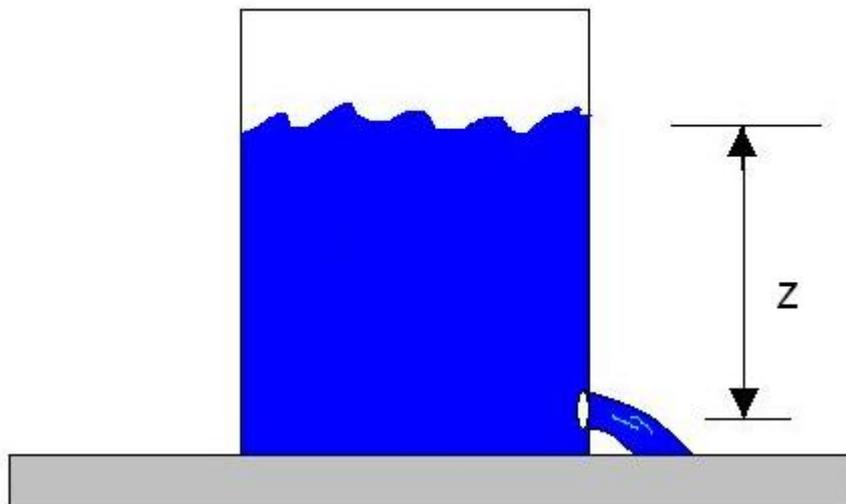


Figura 7: Figura para demonstração da equação de Bernoulli

$$\rho V^2/2 + P_a + \rho g z = \rho V_i^2/2 + P_{2a} + \rho g z_0 \quad (4)$$

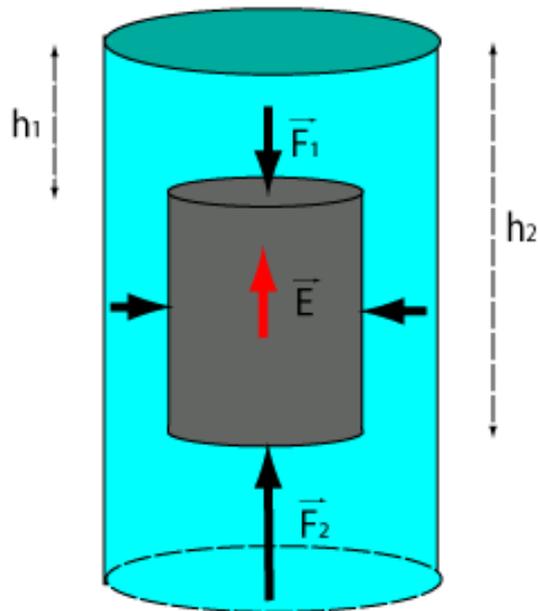
Onde o lado esquerdo da equação se refere a um ponto na superfície do líquido e o lado direito ao furo próximo à base do tubo. Analisando o lado esquerdo tomamos que  $V=0$  já que logo no início supomos que o nível não está descendo,  $P_{2a}$  é igual a  $P_a$  já que os dois lados do sistema estão em contato com o ambiente. Tomando  $z_0$  como referência ou seja  $z_0 = 0$  vemos que do lado esquerdo temos exatamente a pressão da coluna de líquido  $P = \rho g z$  encontramos então a relação entre a velocidade que o líquido sai inicialmente do com a pressão do líquido.

$$V_i = (2P/\rho)^{1/2} \quad (5)$$

Com essa equação vemos que quanto maior a coluna de água maior será a velocidade inicial com que a água deixa o recipiente, ou seja, a velocidade da vazão de líquido é proporcional a altura da coluna deste.

### **Teoria para o experimento 4:**

A teoria para o experimento 4 é conhecido como princípio de Arquimedes ou lei do empuxo, primeiro vamos imaginar um corpo como o da **Figura 7** o corpo tem uma base de área  $A$  e uma altura  $h$  onde  $h = h_2 - h_1$  esse corpo está inserido em um líquido de densidade  $\rho$ , analisando a equação (1) vemos que por simetria as forças sobre as superfícies laterais se anulam ou seja não temos movimento lateral já que as forças se anulam uma a uma.



**Figura 8: Princípio de Arquimedes**

Vemos que as forças  $F_1$  e  $F_2$  são forças causadas pela pressão do fluido, mas como já vimos quanto mais fundo estamos no líquido maior a pressão então já esperamos que  $F_2$  é maior que  $F_1$  essa diferença é conhecido como empuxo.

$$E = F_2 - F_1 \quad (6)$$

Fazendo as substituições com as equações (1) e (3) em termos de uma nova equação para o empuxo

$$E = \rho g V = \rho g h A \quad (7)$$

Vemos que no experimento 4 utilizamos exatamente esse conceito para explicar o paradoxo criado, vemos que o valor do empuxo depende da densidade do líquido e do volume do objeto. É diferente do que imaginamos ele não depende da massa e nem da profundidade onde se encontra o objeto.

### **Comentários do orientador:**

Na apresentação dos painéis ele comentou que como esperado o experimento foi simples e de fácil entendimento para o público em geral, comentou que os materiais utilizados foram de baixo custo com a utilização de garrafas.

### **Bibliografia:**

1. Vídeo Cienciacuriosa disponível em: [www.youtube.com/watch?v=-hYmlro8OU0](http://www.youtube.com/watch?v=-hYmlro8OU0)

Acessado em 29/03/2012

2. Site da Universidade Federal de Sergipe  
[www.fisica.ufs.br/egsantana/fluidos/estatica/paradoja/paradoja](http://www.fisica.ufs.br/egsantana/fluidos/estatica/paradoja/paradoja)

3. Moysés, H. Curso de Física Básica 2. 4. Ed. cap.1 e 2