



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE INOVAÇÃO - INOVA USP
Curso de Ciências Moleculares



ALICE ALVES BOZZI
BRUNA RODRIGUES DA SILVA
LUIZA LUCCHETTI ODDI LOURENÇO
SOFIA FIGUEIREDO FORTI

NOTA: 7,0/10

Descontos:

-2,5 O relatório apresenta excesso de informações que não contribuem diretamente para a análise proposta. Há trechos que poderiam ser mais concisos, focando nos pontos essenciais da atividade. Recomenda-se uma revisão com foco em objetividade e clareza.

-0,5 Por não referenciar algumas das imagens no texto.

RELATÓRIO Nº2 DE AULA PRÁTICA:
Princípio de Arquimedes

SÃO PAULO,
2025

ALICE ALVES BOZZI
BRUNA RODRIGUES DA SILVA
LUIZA LUCCHETTI ODDI LOURENÇO
SOFIA FIGUEIREDO FORTI

RELATÓRIO Nº2 DE AULA PRÁTICA:

Princípio de Arquimedes

Relatório referente à aula prática ministrada no dia 24/03/2024 na disciplina CCM0122 - Física II do Curso de Ciências Moleculares da Universidade de São Paulo, na modalidade de bacharelado, como requisito parcial avaliativo para aprovação semestral.

Orientador: Prof. Dr. Caetano Rodrigues Miranda

SÃO PAULO,
2025

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal a análise experimental dos princípios da hidrostática, com ênfase no conceito de empuxo, pressão, volume e densidade. Para tanto, foram conduzidos cinco experimentos fundamentais: o peso do ouro, a balança de empuxo, Ludião pescador, a gangorra hidrostática e o torque e tubo de Venturi. A realização desses experimentos permitiu a visualização prática dos fenômenos hidrostáticos, reforçando a importância de estudos experimentais para a validação de conceitos físicos teóricos. Os resultados obtidos estão em concordância com o Princípio de Arquimedes, além de evidenciarem aplicações práticas desses princípios em contextos reais. Diante disso, este relatório apresenta uma análise detalhada dos procedimentos experimentais realizados, discutindo as conclusões extraídas e a relevância dos fenômenos observados para o entendimento da hidrostática.

Palavras-chave: Hidrostática, Princípio de Arquimedes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
1.1	Experimento 1: O peso do ouro.....	4
1.2	Experimento 2: Balança de Empuxo.....	5
1.3	Experimento 3: Ludião pescador.....	6
1.4	Experimento 4: Gangorra.....	6
1.5	Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi.....	7
2	OBJETIVOS.....	7
2.1	Experimento 1: O peso do ouro.....	8
2.2	Experimento 2: Balança de Empuxo.....	8
2.3	Experimento 3: Ludião pescador.....	8
2.4	Experimento 4: Gangorra.....	8
2.5	Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi.....	8
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3.1	Experimento 1: O peso do ouro.....	9
3.2	Experimento 2: Balança de Empuxo.....	10
3.3	Experimento 3: Ludião pescador.....	10
3.4	Experimento 4: Gangorra.....	11
3.5	Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi.....	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1	Experimento 1: O peso do ouro.....	13
4.2	Experimento 2: Balança de Empuxo.....	14
4.3	Experimento 3: Ludião pescador.....	15
4.4	Experimento 4: Gangorra.....	16
4.5	Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi.....	17
5	CONCLUSÃO.....	18
	REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

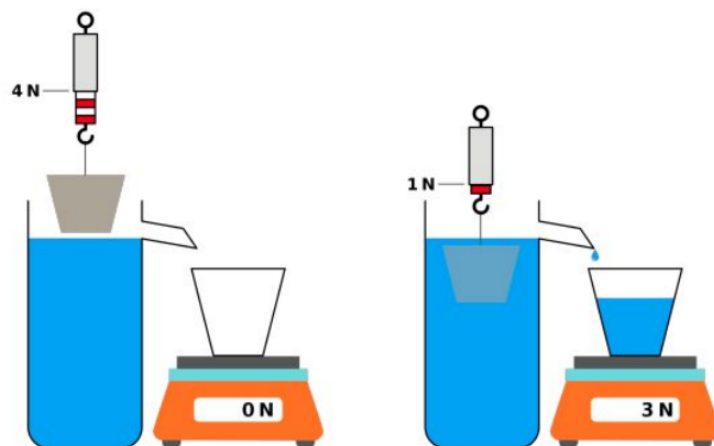
A hidrostática, ramo da física que estuda os fluidos em equilíbrio, tem como um de seus fundamentos mais importantes o Princípio de Arquimedes, que descreve a força de empuxo exercida por um fluido sobre um corpo nele imerso. Esse princípio afirma que todo corpo mergulhado em um fluido sofre uma força vertical, para cima, igual ao peso do volume de fluido deslocado. Essa descoberta revolucionou não apenas a compreensão da flutuação, mas também possibilitou aplicações práticas em engenharia naval, medição de densidade e instrumentos de pesagem.

1.1 Experimento 1: O peso do ouro

O Princípio de Arquimedes pode ser utilizado como uma ferramenta útil para descobrir o volume de um sólido, para isso, basta descobrir o volume de água que foi deslocado quando o sólido foi completamente submerso. O volume de água deslocado será igual ao volume do sólido que queremos descobrir. Se tanto seu volume quanto sua massa forem conhecidos, poderemos calcular sua densidade e, assim, estimar de que material o sólido em questão é feito.

No experimento em questão, utilizamos um sistema como o esquematizado na imagem abaixo. A imagem abaixo ilustra como o Princípio de Arquimedes age sobre um corpo submerso num fluido. No esquema abaixo, o corpo em questão é mais denso que a água e, por isso, mesmo quando é totalmente imerso, e o volume de água deslocado é igual ao seu volume total. Ainda assim, a força de empuxo exercida pelo fluido sobre o objeto não é suficiente para equilibrar seu peso, por isso, como vemos na imagem, o peso do fluido deslocado foi de 3 Newtons, enquanto o peso do corpo é de 4 Newtons. Vemos que a força do empuxo, mesmo que não seja suficiente para fazer o corpo boiar, ainda age sobre o corpo, e por isso vemos que a medida da força no dinamômetro analógico passa de 4 Newtons para 1 Newton, pois subtrai-se a força de 3 Newtons exercida pelo empuxo.

Figura 1: Esquema ilustrativo do experimento realizado.



Fonte: Slides da aula, 2025.

1.2 Experimento 2: Balança de Empuxo.

A balança de empuxo consiste em uma aplicação direta do Princípio de Arquimedes por meio da construção de um dispositivo simples que permite medir massas a partir do deslocamento de um fluido. Conhecido popularmente como balança de garrafas PET, este experimento consiste em um sistema composto por duas garrafas plásticas: uma cortada e preenchida com água que serve como base, e outra fechada contendo ar, que flutua na primeira funcionando como elemento de medição.

Figura 2: Balança de garrafas PET



Fonte: Manual do Mundo, 2012.

Quando um objeto é colocado em cima da balança, a garrafa flutuante afunda um pouco mais no fluido, deslocando um volume adicional.

O empuxo (E) gerado pelo deslocamento do fluido é igual ao peso do objeto, dado pela seguinte fórmula:

$$E = m \cdot g = \rho \cdot Vd \cdot g$$

Onde:

m = massa do objeto.

Vd = volume do fluido deslocado.

ρ = densidade do fluido.

Como a densidade do fluido e a gravidade são constantes, o volume deslocado é proporcional à massa do objeto:

$$m = \rho \cdot Vd$$

E esta relação de proporcionalidade é precisamente o que possibilita o funcionamento da balança de empuxo. A graduação na garrafa externa é calibrada para relacionar o nível de submersão da garrafa flutuante com a massa do objeto conhecido.

1.3 Experimento 3: Ludião pescador.

O Ludião Pescador é um experimento clássico que ilustra pressão e empuxo. O fenômeno ocorre devido à relação entre pressão externa, volume de ar interno e densidade do sistema. Quando submetido a uma compressão, o ar dentro do bonequinho é reduzido, aumentando sua densidade, e, como ele fica mais denso que a água ao seu redor, isso o faz submergir. Ao cessar a pressão, o ar se expande, diminuindo a densidade e permitindo que o bonequinho retorne à superfície. Enquanto o outro bonequinho cheio de água permanece no fundo. Esse princípio é análogo ao funcionamento de submarinos e boias reguláveis.

1.4 Experimento 4: Gangorra.

O experimento da "gangorra hidrostática" ilustra princípios fundamentais da hidrodinâmica, como o equilíbrio de torques, a flutuação de corpos e o Princípio de Arquimedes. Para que um sistema atinja o equilíbrio, a condição essencial é que a soma dos torques em relação ao ponto de apoio seja nula. Quando um objeto é imerso em água, seu peso aparente é reduzido pelo empuxo, definido como a força vertical ascendente igual ao peso do volume de líquido deslocado. Neste experimento, uma caixa de vidro com água, dividida parcialmente ao meio, é equilibrada sobre barras de vidro, que atuam como ponto de apoio, e observa-se como a inserção de um objeto denso (pedra) na água causa desequilíbrio, enquanto o mesmo objeto, ao flutuar dentro de um recipiente, mantém o equilíbrio.

1.5 Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi.

O experimento apresentado analisa o comportamento de uma esfera flutuante submetida ao impacto de um jato de água. Esse fenômeno é observado em um sistema no qual a água é impulsionada por uma bomba e direcionada por um tubo de Venturi, evidenciando relações fundamentais da mecânica dos fluidos e da dinâmica rotacional.

A primeira base teórica utilizada na análise do sistema é a equação da continuidade, que expressa a conservação da massa em um fluido incompressível:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Associada a ela, utiliza-se a equação de Bernoulli, que relaciona pressão, velocidade e altura em um escoamento estacionário:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{const.}$$

Ao atingir a bolinha, o jato de água exerce uma força de impacto que, ao incidir fora do centro de massa da esfera, gera um torque responsável por sua rotação. O torque é definido por:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \cdot \vec{F}$$

2 OBJETIVOS

2.1 Experimento 1: O peso do ouro

O objetivo do experimento no qual o peso chamado de “ouro” foi submerso em uma jarra de água posta sobre uma balança foi descobrir, de fato, de qual material o objeto era feito. Além disso, outro objetivo do experimento foi elucidar como diferentes forças agem sobre diversos objetos quando estes são submersos na jarra de água, e como o peso destes objetos é distribuído em diferentes situações, por exemplo, quando os objetos estão totalmente fora da jarra, parcialmente submersos, ou totalmente submersos na jarra.

2.2 Experimento 2: Balança de Empuxo.

Os objetivos do experimento da balança de empuxo foram determinar as massas calculadas pela balança de empuxo do peso de 500g, do HD e dos celulares, além de fazer uma distribuição do peso dos celulares do grupo.

2.3 Experimento 3: Ludião pescador

Esse experimento teve como objetivo compreender como a força de empuxo atua sobre os bonequinhos de vidro, mantendo-os em equilíbrio entre flutuação e submersão, demonstrando, assim, o Princípio de Arquimedes; observar como a pressão externa aplicada no recipiente altera o volume de ar dentro dos bonequinhos, modificando sua densidade aparente e como pequenas variações na pressão externa permitem controlar a subida e descida dos Ludiões.

2.4 Experimento 4: Gangorra

O objetivo do experimento é analisar como a distribuição de massa e o deslocamento de água influenciam o equilíbrio de um sistema baseado em torques. Busca-se comparar os efeitos de adicionar um peso diretamente na água (onde afunda) versus dentro de um recipiente flutuante, explorando os conceitos de empuxo, densidade e equilíbrio estático.

2.5 Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi

O objetivo do experimento é analisar a variação da velocidade da água no tubo de Venturi, a variação de pressão no tubo e analisar o surgimento de torque e rotação induzida por forças hidrodinâmicas na esfera.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Experimento 1: O peso do ouro

Para realizar o experimento foram utilizados uma jarra com água, uma balança de medir massa, dois pesos de massa e volume conhecidos, um peso de metal desconhecido, e um peso de metal desconhecido que recebeu o nome de “ouro”.

Antes de submergir os pesos na jarra, a jarra com a água foi colocada sobre a balança e então a balança foi tarada de modo que, neste arranjo, a jarra com a água tivesse massa igual a zero. O peso chamado de “ouro” foi submergido completamente sob a água, e foi colocado sobre o fundo da jarra, de modo que seu peso gerasse uma força normal sobre a jarra, e sua massa fosse registrada pela balança. Após registrar a massa do “ouro”, erguemos o peso por um fio transparente, de modo que ele continuasse completamente submerso, mas não encostasse no fundo da jarra. A medida da balança nesse arranjo foi então registrada, e sabemos pela teoria que a massa registrada nesse caso corresponde à massa de água deslocada pelo peso “ouro”.

Figura 3: Materiais utilizados no experimento.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

3.2 Experimento 2: Balança de Empuxo

Para a montagem da balança de empuxo (Figura 4), foram utilizados os seguintes materiais:

- Duas garrafas PET transparentes (uma cortada e outra intacta);
- Prato de plástico (para apoio dos objetos a serem pesados);
- Água com corante (para facilitar a visualização do nível de deslocamento);
- Régua de papel graduada (para calibração e medição do deslocamento);
- Objetos de teste: peso de 500 g, HD de computador e 3 celulares.

Figura 4: Balança de Empuxo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Para a medição das massas desejadas, inicialmente calibrou-se novamente a balança com o peso de massa conhecida, anotando a marcação dada pela garrafa. Em seguida, pesou-se os outros objetos e anotou-se os valores.

3.3 Experimento 3: Ludião pescador

A demonstração do Ludião pescador é feita com o uso do aparato que consiste num recipiente fechado, preenchido completamente com um certo líquido, e dentro deste recipiente é posto o ludião em questão. No caso da demonstração realizada, os materiais utilizados foram uma garrafa PET com água, e um ludião feito em vidro.

A demonstração consiste em manter a garrafa orientada para cima, ~~com o ludião boiando em sua parte superior. Em seguida, deve-se apertar a garrafa de plástico, causando uma força externa que a comprime, e ao fazer isso, o ludião que antes flutuava começa a afundar. Isso permite que o fenômeno que se deseja analisar seja visto claramente.~~

3.4 Experimento 4: Gangorra

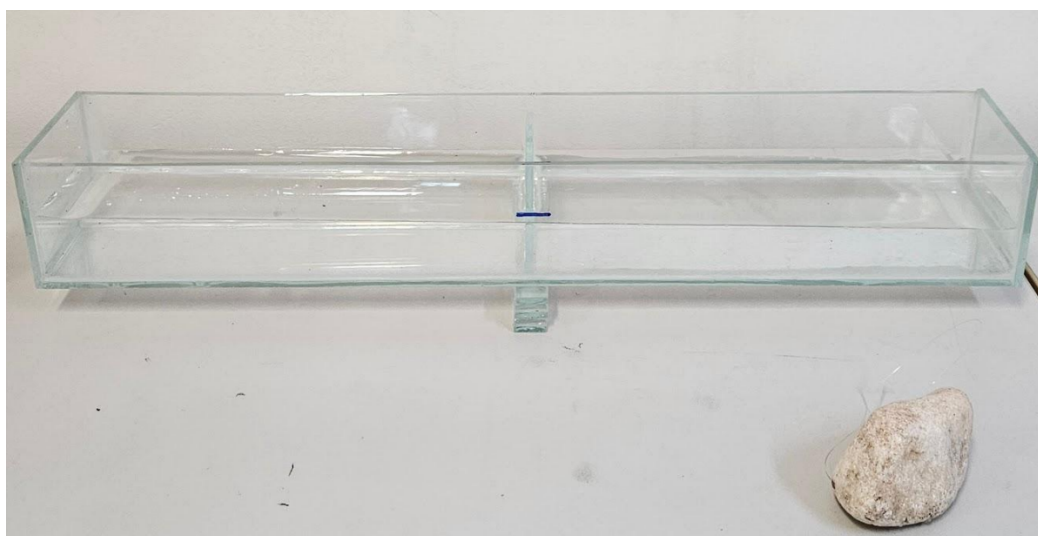
Materiais utilizados:

- Caixa de vidro retangular aberta, com divisória parcial no centro.
- Água para preencher a caixa.
- Barras de vidro (ponto de apoio).
- Pedra.
- Pote plástico leve e estanque.

Procedimento:

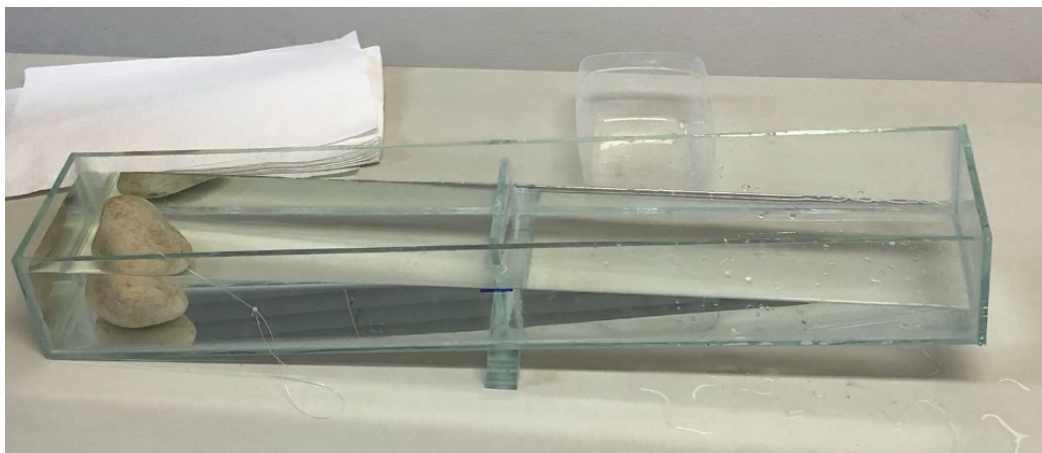
A caixa de vidro é preenchida com água até a altura desejada e posicionada sobre as barras de vidro, que servem como ponto de apoio central (**Figura 5**). A divisória parcial impede a livre movimentação da água entre os lados. Em seguida, a pedra é colocada diretamente em um dos lados da caixa. Como sua densidade é maior que a da água, ela afunda, e o desequilíbrio da gangorra é observado (**Figura 6**). Logo depois, a mesma pedra é colocada dentro do pote plástico, que é posicionado na superfície da água. O conjunto flutua, e o equilíbrio da gangorra é mantido (**Figura 7**).

Figura 5 - Aparato experimental do experimento 4, gangorra em equilíbrio



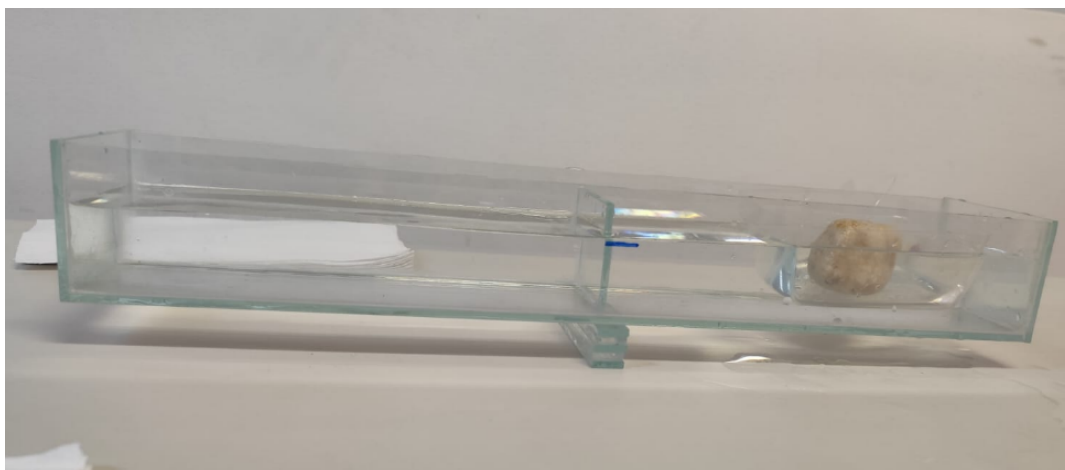
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Figura 6 - Aparato experimental do experimento 4, gangorra pendendo para o lado onde está a pedra



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Figura 7 - Aparato experimental do experimento 4, gangorra em equilíbrio com a pedra no pote de plástico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

3.5 Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi

Os materiais utilizados neste experimento foram:

- Um reservatório de água transparente com uma bomba submersa;
- Uma estrutura de tubos rígidos suspensos acima do tanque em forma de Venturi;
- Tubos flexíveis, como mangueiras, que, por um lado conectam o reservatório a uma estrutura de Venturi, e por outro mantém contato entre a estrutura mencionada e a atmosfera.
- Uma esfera de plástico que flutua na água

Figura 8 - Aparato experimental do experimento 5



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A metodologia utilizada para o estudo desse experimento foi a análise qualitativa dos fenômenos observados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: O peso do ouro

O peso chamado de “ouro” é na verdade feito de um material desconhecido. Ao pesarmos o objeto, foi possível obter sua massa ~~diretamente, por meio da balança~~. Quando foi colocado o “ouro” dentro da jarra, de modo que o objeto encostasse no fundo da mesma e não houvesse nenhuma força o puxando para cima, a massa registrada na balança ~~(que fora tarada com o peso da água)~~ ~~foi precisamente a massa do “ouro”~~. Foi sob este arranjo que obtivemos o valor de $m_{\text{“ouro”}} = 1151 \pm 1 \text{ g}$.

Posteriormente, obtivemos o valor da massa de água deslocada quando o objeto foi totalmente submerso, mas não encostou no fundo da jarra. ~~Nessa situação o objeto foi imerso, e para impedir que ele tocasse no fundo da jarra,~~ foi atrelado um fio à sua parte superior, como descrito na seção Materiais e Métodos. ~~No arranjo descrito,~~ a balança registrou o valor de

$m_{H_2O} = 148 \pm 1 \text{ g}$, o que nos permitiu calcular o volume de água deslocado $V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{\rho}$,

onde $\rho = 0,9665 \pm 0,0001 \text{ g/cm}^3$ é a densidade da água. Substituindo os valores, obtemos o volume:

$$V = \frac{148}{0,9665} = 148 \pm 1 \text{ cm}^3$$

Sabemos que o volume de água deslocado V_{H_2O} é precisamente igual ao volume do “ouro”, e por isso usamos esse V para calcular a densidade do “ouro”:

$$\rho_{\text{"ouro"}} = \frac{1151}{148} = 7,8 \pm 0,32 \text{ g/cm}^3$$

Comparando esse resultado com a literatura, o material metálico que aparenta se aproximar melhor da densidade obtida foi o aço inóx. ~~A densidade do aço inoxidável~~ varia entre 7,7 e 8,0 g/cm³, dependendo da composição química e do tipo de aço.

4.2 Experimento 2: Balança de Empuxo.

Para o calibramento da balança, obteve-se que o peso de massa conhecida igual 500g marca aproximadamente 525g na balança de empuxo (Figura 3).

Figura 9: Massa do peso conhecido.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Isso implica que todos os objetos pesados terão aproximadamente 25g a menos que a massa indicada pela balança.

Juntando os dados coletados, obteve-se a tabela 1.

Tabela 1: Massas dos objetos estudados no experimento 2.

Objeto	Massa na balança ($\sigma = 25 \text{ g}$)	Massa real aproximada ($\sigma = 25 \text{ g}$)
Peso	525	500g
HD	675	650g
Celular 1	250	225g
Celular 2	225	200g
Celular 3	200	175g

Fonte: Elaborado pelos autores., 2025

Em primeira análise, podemos afirmar que a calibração inicial da balança estava incorreta, ou seja, a relação entre deslocamento e massa não foi corretamente estabelecida durante a calibração, levando ao erro de aproximadamente 25g. Após subtrairmos o erro sistemático de calibração, mantivemos o intervalo de incertezas considerado na estimativa da massa real aproximada dos objetos. Além disso, vários outros fatores podem ter influenciado o erro na medida das massas, como a dificuldade de equilibrar o prato em cima da garrafa e a falta de precisão da régua de papel. Apesar disso, fica claro que as massas obtidas não diferem muito do esperado para a massa de um HD de computador mais antigo e de celulares novos.

Em relação às massas dos celulares, se tomarmos a média dos 3 valores encontrados, teremos que a massa média será de 200 g. Se fizermos uma distribuição do peso dos celulares do grupo, veremos que os valores obtidos estão distribuídos de forma igual em torno do valor de 200 g. Ou seja, tanto a média quanto o centro da distribuição das medidas corresponde ao valor 200 g, mesmo que nem sempre esses dois valores sejam iguais, no caso em questão eles são.

4.3 Experimento 3: Ludião pescador

~~Após os integrantes do grupo testarem o funcionamento do aparato do experimento, ou seja, a garrafa plástica que continha os ludiões dentro de si, imersos em água, foi possível concluir certos fatos sobre o funcionamento do sistema, e compreender os princípios físicos que governavam os fenômenos ilustrados pelo experimento.~~

Ao apertar a garrafa plástica, que estava quase completamente cheia, uma porção da água do recipiente entrava dentro do ludião. Isso ocorria pois a água é um fluido praticamente incompressível; logo, ao comprimirmos o volume da garrafa, a água era forçada a entrar dentro do

ludião. Isso fazia com que a bolha de ar dentro do ludião ocupasse um menor espaço, e houvesse mais água dentro do mesmo. Na situação inicial, quando o ludião estava na parte superior da garrafa, o fato de ele não afundar era explicado pela pequena bolha de ar em seu interior: essa bolha estava deslocando uma certa quantidade de água, e isto causava uma força de empuxo que superava a força peso do ludião, fazendo ele flutuar.

~~Porém, como foi explicado, essa bolha diminui de volume quando a garrafa é comprimida, e isso faz com que a força de empuxo diminua de maneira correspondente. Assim, o empuxo diminui até que fique menor que a força peso do ludião, e quando isso acontece, ele afunda. Isso acontece no contexto onde a garrafa é mantida comprimida, o que garante que a bolha de ar do ludião esteja pequena o suficiente. Quando paramos de apertar a garrafa, a bolha de ar volta ao tamanho inicial e o empuxo aumenta novamente, fazendo-o flutuar.~~

Frente a isso, como a compressão da garrafa ocorre independentemente do lugar em que ela é apertada, e o ludião sofre os efeitos dessa força externa da mesma maneira independente do ponto em que se aperta a garrafa, ~~podemos concluir que não há diferença em relação à posição em que se aperta a garrafa.~~

4.4 Experimento 4: Gangorra

A barreira parcial no centro da caixa controla o fluxo de água, ou seja, retarda e limita a movimentação entre os lados, o que cria um tempo de observação antes da água se redistribuir totalmente pelo recipiente. Quando a pedra é colocada em uma das pontas, esse lado ficará mais pesado e a balança penderá para ele, a água, então, fluirá lentamente para essa ponta do recipiente e aumentará ainda mais o peso no lado da pedra, piorando o desequilíbrio. Com a presença da barreira os conceitos físicos envolvidos são mais facilmente vistos.

A gangorra permanece equilibrada quando a pedra está dentro do barquinho devido à igualdade de torques em relação ao ponto de apoio. Isso ocorre pois o barquinho desloca um volume de água cujo peso é igual ao peso total do sistema (barco + pedra). Assim, segundo o Princípio de Arquimedes, o empuxo (E) equilibra o peso (P_{total}):

$$E = \rho_{\text{água}} \times V_{\text{deslocado}} \times g = P_{total}$$

A água deslocada pelo barquinho equivale, em massa, ao sistema barco + pedra. Como a gangorra está equilibrada horizontalmente, a distância ao ponto de apoio (d) é igual para ambos os lados. Portanto, os torques se igualam:

$$\tau_{\text{esquerdo}} = \tau_{\text{direito}} \Rightarrow (m_{\text{água deslocada}} \times g) \times d = (m_{\text{água original}} \times g) \times d$$

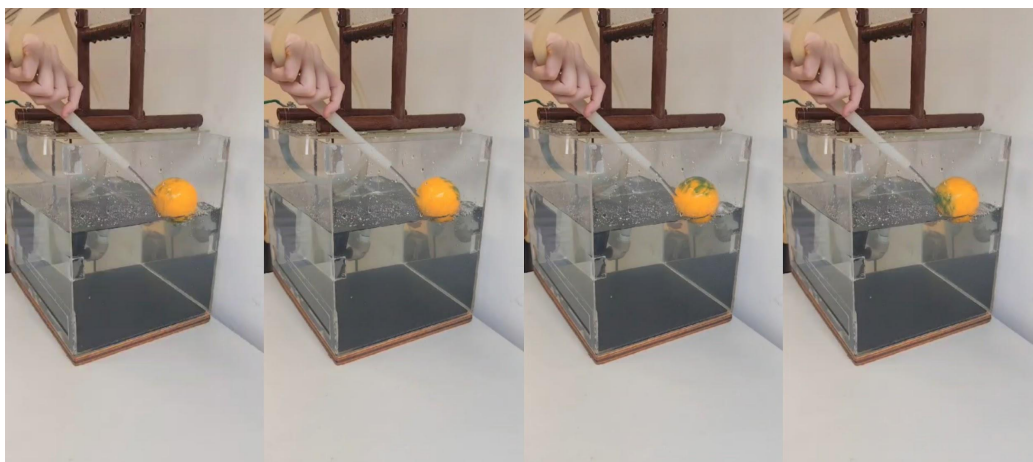
~~Além disso, mesmo permitindo alguma redistribuição de água, a barreira garante que a massa deslocada pelo barquinho atue localmente, mantendo a igualdade de torques.~~

~~A diferença entre colocar o peso diretamente na água ou colocá-lo dentro do barquinho está na relação entre densidade do objeto e empuxo. A pedra é mais densa que a água ($\rho_{\text{pedra}} > \rho_{\text{água}}$) e desloca um volume de água menor que o necessário para gerar empuxo igual ao seu peso ($V_{\text{deslocado}} < \frac{m_{\text{pedra}}}{\rho_{\text{água}}}$), logo o torque no lado da pedra é maior do que o torque no lado oposto, desequilibrando a gangorra. Ao colocar um recipiente plástico junto à pedra na gangorra, o volume total do sistema “barquinho” aumenta, reduzindo sua densidade efetiva ($\rho_{\text{efetiva}} = \frac{m_{\text{barco} + \text{pedra}}}{V_{\text{barco} + \text{pedra}}}$) (e ar em seu interior também a reduz) e fazendo com que o volume deslocado seja suficiente para gerar empuxo igual ao peso total ($E = P_{\text{total}}$), assim a massa efetiva no lado do “barquinho” equivale à massa da água deslocada, equilibrando torques.~~

4.5 Experimento 5: Torque e Tubo de Venturi

Neste experimento, a bomba impulsionava a água para cima pela mangueira à esquerda, que percorria todo o tubo até chegar à mangueira da direita. A água que escoava pelo lado direito, quando caía sobre a esfera, promovia nela um movimento de forma que ela não se movia para frente ou para trás, apenas rotação em torno de si. Essa rotação pode ser observada na Figura 10 ao acompanharmos a movimentação do símbolo em destaque na esfera.

Figura 10: rotação da esfera sobre a água.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Quando a água passa pelo tubo de Venturi, ela acelera na região estreita devido à equação da continuidade. De acordo com a equação de Bernoulli, a pressão nessa região estreita diminui. A diferença de pressão pode ser visualizada por meio das colunas de líquido que seguem para cima nas regiões larga e estreita do tubo, mostradas na descrição experimental.

A força peso da esfera está equilibrada pela força de empuxo, em equilíbrio vertical. Quando o jato de água atinge a esfera de forma deslocada do centro, ou seja, não exatamente no topo, a força do impacto da água, força tangencial, tem um braço de alavanca em relação ao centro da esfera. Essa configuração gera torque, ou seja, uma tendência à rotação da esfera em torno de seu próprio eixo.

5 CONCLUSÃO

Os experimentos realizados permitiram explorar de forma prática e didática os princípios fundamentais da hidrostática, com ênfase no Princípio de Arquimedes e suas aplicações. Através da análise do empuxo, densidade e equilíbrio de corpos em fluidos, foi possível observar como essas grandezas influenciam o comportamento de objetos submersos ou flutuantes.

No Experimento 1, a determinação da densidade do objeto chamado de "ouro" confirmou que ele não era feito de ouro, mas sim de um material com densidade significativamente maior, possivelmente um metal como chumbo ou uma liga metálica. O método de medição do volume por deslocamento de água mostrou-se eficaz para calcular densidades de sólidos irregulares.

A Balança de Empuxo (Experimento 2) demonstrou uma aplicação criativa do Princípio de Arquimedes para medição de massas, embora com um erro sistemático de aproximadamente 25 g devido a imperfeições na calibração. ~~Apesar disso, o experimento comprovou a relação linear entre o volume deslocado e a massa do objeto, reforçando a validade do princípio físico envolvido.~~

O Ludião Pescador (Experimento 3) ilustrou de maneira clara como variações de pressão afetam o volume de ar dentro de um objeto, alterando sua densidade aparente e, consequentemente, sua capacidade de flutuar ou submergir. ~~Esse princípio é fundamental para o funcionamento de submarinos e outros dispositivos de controle de flutuação.~~

Já o Experimento 4 (Gangorra Hidrostática) evidenciou a importância do empuxo e da distribuição de massa no equilíbrio de torques. A diferença entre colocar um objeto diretamente na água (causando desequilíbrio) e dentro de um recipiente flutuante (mantendo o equilíbrio) destacou como a flutuação redistribui as forças atuantes no sistema.

~~Por fim, o Experimento 5 (Torque e Tubo de Venturi) sugere uma investigação sobre dinâmica de fluidos e a relação entre pressão e velocidade em um tubo de Venturi, complementando o estudo com noções de hidrodinâmica.~~

Em síntese, os experimentos não apenas validaram os conceitos teóricos da hidrostática, mas também demonstraram sua relevância em aplicações práticas, desde medições de densidade até o desenvolvimento de instrumentos de flutuação e equilíbrio. Os resultados obtidos reforçam a universalidade do Princípio de Arquimedes e sua utilidade tanto em contextos científicos quanto tecnológicos.

REFERÊNCIAS

NUSSENZVEIG, Moysés. Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.

SEARS & ZEMANSKY, Young & Freedman. Física II, Termodinâmica e Ondas. Editora Pearson

Balança de garrafas PET (balança caseira - EXPERIÊNCIA de FÍSICA). Manual do Mundo, 2012.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ox7ZEYivjSU>.

Densidade dos Materiais. Acesso em 05/04/2025.

Disponível em: <https://operaction.com.br/densidade-dos-materiais/>

Fotos das integrantes do grupo com o ludião:

