

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Júlia Furtado Araújo – matrícula 2023003469

Pedro Henrique Freire Carneiro – matrícula 2022000646

Thiago Anthony Rocha Andrade – matrícula 2023000829

Resumo. Esse relatório apresenta os resultados obtidos através da medida de peso e volume por meio de um dinamômetro para atestar o Princípio de Arquimedes. O relatório foi feito por meio do Laboratório LDF6, localizado na Universidade Federal de Itajubá, com o intuito de identificar as densidades, mudanças de volume e peso, além do princípio de Arquimedes em dois sólidos diferentes imersos em água.

1. INTRODUÇÃO

Os fluidos tem sua definição dada pelo fato de serem gases ou líquidos que tem uma grande afinidade para serem deformados assim escoam ou fluem sem muitas dificuldades, isso se deve ao fato de ser ausente a sua resistência à tensão de cisalhamento.

A densidade ou massa específica de um fluido é o que irá medir a capacidade de um fluido ou sólido de afundar ou flutuar em um outro fluido dependendo da distribuição que ele tiver de massa e volume.



Figura 1 – Representação de fluidos com suas diferentes densidades.

A pressão é dada pela força aplicada em um superfície plana, assim em fluidos ela é maior dependendo da profundidade que o objeto se encontra, assim quanto mais profundo algo está maior será a pressão nele.

O princípio de Arquimedes, descoberto pelo matemático e inventor grego de mesmo nome, é um princípio da física que se baseia

no fato de que ao colocar um objeto imerso na água, o que for deslocado dela será igual ao peso do que foi imerso.

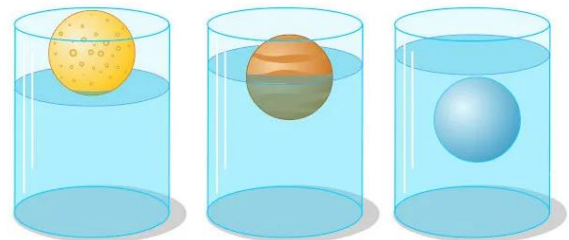


Figura 2 – Exemplos do princípio de Arquimedes.

Essa força descrita, hoje é conhecida como força de empuxo sendo ela com o mesmo valor, em módulo, do peso que é deslocado no fluido quando inserimos algum corpo nele, tendo como unidade de medida o Newton.

Por meio de equações que serão usadas nesse laboratório poderemos medir os volumes dos sólidos, sendo esses um paralelepípedo(1) e um cilindro(2).

$$V_1 = a \cdot b \cdot c \quad (1)$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h \quad (2)$$

Também será possível medir o peso da água deslocada (3), a densidade tanto da água (4) quanto dos dois sólidos (5), equações que estão apresentadas abaixo:

$$W_{\text{água}-A1} = m_{\text{água}-A1} \cdot g \quad (3)$$

$$\rho_{\text{água}-A1} = \frac{m_{\text{água}-A1}}{\Delta V_{A1}} \quad (4)$$

$$\rho_1 = \frac{W_{01}}{g \cdot V_1} \quad (5)$$

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Abaixo segue os materiais e instrumentos de medida utilizados no experimento:



Figura 3 – Imagem dos instrumentos do laboratório.

- Dois sólidos metálicos maciços, que foram os corpos analisados;
- Becker com água;
- Hastes metálicas e conectores para suporte, utilizados para colocar o dinamômetro;
- Paquímetro de mão centimetrado, com erro de $\pm 0,001$ cm;

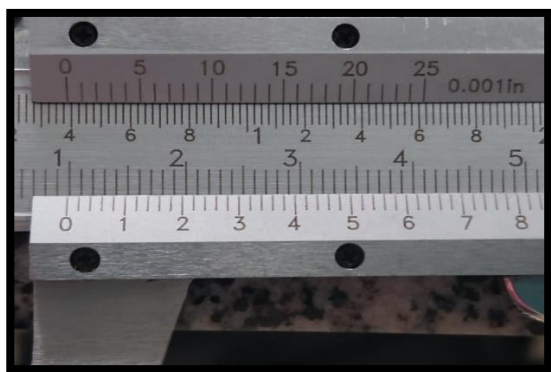


Figura 4 - Paquímetro utilizado

- Proveta graduada em ml, com suporte de mesa;

- Pipeta graduada em ml, com dosador “Pêra”;

- Dinamômetro de 1N, com erro de $\pm 0,005$ N;

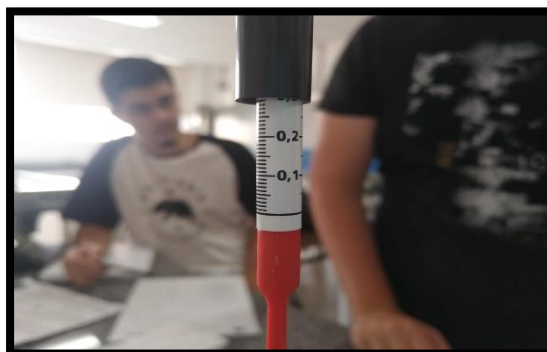


Figura 5 - Dinamômetro utilizado.

- Balança eletrônica, com erro de ± 1 g;

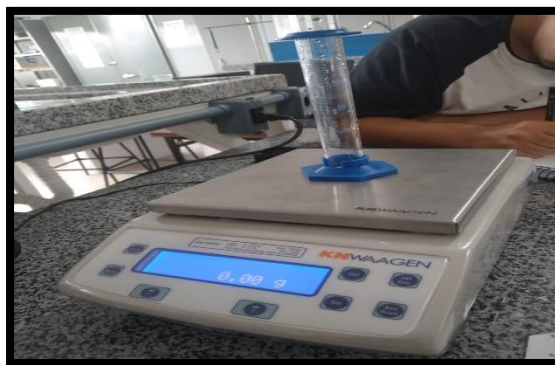


Figura 6 - Balança eletrônica utilizada

2.2 Modelo Metodológico

Todos os dados obtidos neste experimento foram sendo colocados na folha de dados.

Obtenção das dimensões dos sólidos.

Antes de começar a colocar o princípio de Arquimedes em prática, calculamos as dimensões dos dois sólidos ao qual estávamos estudando. O primeiro a ser medido foi o cilindro (Sólido 2), e através do paquímetro obtemos que o diâmetro era igual à $(1,911 \pm 0,001)$ cm e a altura era igual à $(4,030 \pm 0,001)$ cm.

Logo em seguida foi obtido as medidas do paralelepípedo (Sólido 1), na qual achamos que os lados eram **a** = $(0,988 \pm 0,001)$ cm, **b** = $(1,014 \pm 0,001)$ cm e **c** = $(6,078 \pm 0,001)$ cm.

Medição do peso de cada sólido

Para se medir os pesos dos sólidos foi usado o seguinte método, o dinamômetro foi colocado sobre as hastes de forma que o gancho com as medidas fique para baixo e foi colocado água na proveta graduada até que atingisse a marca de 35 ml. Assim foi iniciado as medições, penduramos o sólido 1 no gancho inferior, obtendo assim o peso do sólido fora da água, o mesmo foi feito com o sólido 2, obtendo assim

$$W_{01} = (0,095 \pm 0,005) \text{ N e } W_{02} = (0,295 \pm 0,005) \text{ N.}$$

Logo em seguida afundamos o sólido 1 na proveta com água de modo a ficar aproximadamente 1 dedo de água acima do sólido, obtendo o peso dentro da água e o volume na profundidade de água A, o mesmo foi feito com o sólido 2, chegando assim aos seguintes dados:

$$W_{A1} = (0,039 \pm 0,005) \text{ N e } W_{A2} = (0,185 \pm 0,005) \text{ N}$$
$$V_{A1} = (40,8 \pm 0,5) \text{ ml e } V_{A2} = (45,8 \pm 0,5) \text{ ml}$$

Utilizando o mesmo método citado acima, porém dessa vez afundando os sólidos até o final do da proveta só que sem encostar no fundo, obtendo assim o peso e o volume de água na profundidade B, mostrados abaixo:

$$W_{B1} = (0,039 \pm 0,005) \text{ N e } W_{B2} = (0,180 \pm 0,005) \text{ N}$$
$$V_{B1} = (40,9 \pm 0,5) \text{ ml e } V_{B2} = (45,8 \pm 0,5) \text{ ml}$$

Descobrimos a massa deslocada nas duas profundidades

Primeiro calculamos o volume de água deslocada(6), utilizando a seguinte formula:

$$\Delta V_{A1} = V_{A1} - V_{01} \quad (6)$$
$$\text{erro}(\Delta V_{A1}) = \sqrt{2} \cdot (\text{erro da proveta})$$

Obtendo assim que,

$$\Delta V_{A1} = (6,3 \pm 0,7) \text{ ml, } \Delta V_{A2} = (11,3 \pm 0,7) \text{ ml}$$
$$\Delta V_{B1} = (6,4 \pm 0,7) \text{ ml, } \Delta V_{B2} = (11,3 \pm 0,7) \text{ ml}$$

Com os volumes de deslocamento em mãos foi possível calcular a massa deslocada em cada profundidade, através do seguinte método.

Foi esvaziada a proveta, e colocada sobre a balança digital e colocando a balança em 0.0 e com o uso da pipeta com dosador “pera”, foi colocado o volume deslocado em cada profundidade e com cada sólido, obtendo assim a massa de água deslocada em cada um dos deslocamentos de água. Chegando nos seguintes dados:

$$M_{A1} = (6,180 \pm 0,005) \text{ g e } M_{A2} = (11,160 \pm 0,005) \text{ g}$$
$$M_{B1} = (6,340 \pm 0,005) \text{ g e } M_{B2} = (11,160 \pm 0,005) \text{ g}$$

2.3 Obtenção dos Dados

O experimento foi realizado em uma sexta-feira, dia 31/03/2023, no laboratório LDF6, do instituto de Física e Química (IFQ), utilizamos como instrumentos um dinamômetro para medir o peso dos objetos, um paquímetro para medição das dimensões (consequentemente dos volumes) uma proveta para medição dos volumes, e uma balança para medição da massa do volume de água deslocada.

Os dados são validos, porém as vezes pela falta de precisão dos instrumentos, das condições do ambiente, da má gestão dos instrumentos, ou por outros motivos podem gerar resultados imprecisos levando principalmente em consideração o erro humano.

Dessa forma obtivemos as medidas primarias, ou seja, aquelas obtidas diretamente pelos Instrumentos exibidas pela tabela a seguir:

Tabela 1 – Medidas obtidas pelos instrumentos durante a realização do laboratório

Grandeza	Sólido 1 (paralelepípedo)	Sólido 2 (cilindro)
Medidas para calcular o volume geométrico	a= (0,988 ± 0,001) cm b= (1,014 ± 0,001) cm c= (6,078 ± 0,001) cm	D= (1,911 ± 0,001) cm h= (4,030 ± 0,001) cm
Peso fora da água	W ₀₁ = (0,095 ± 0,005) N	W ₀₂ = (0,295 ± 0,005) N
Volume inicial de água	V ₀₁ = (34,5 ± 0,5) ml	V ₀₂ = (34,5 ± 0,5) ml
Volume na profundidade A	V _{a1} = (40,8 ± 0,5) ml	V _{a2} = (45,8 ± 0,5) ml
Peso na profundidade A	W _{a1} = (0,039 ± 0,005) N	W _{a2} = (0,185 ± 0,005) N
Volume na profundidade B	V _{b1} = (40,9 ± 0,5) ml	V _{b2} = (45,8 ± 0,5) ml
Peso na profundidade B	W _{b1} = (0,039 ± 0,005) N	W _{b2} = (0,180 ± 0,005) N
Volume de água deslocado na profundidade A	ΔV _{a1} = (6,3 ± 0,7) ml	ΔV _{a2} = (11,3 ± 0,7) ml
Volume de água deslocado na profundidade B	ΔV _{b1} = (6,4 ± 0,7) ml	ΔV _{b2} = (11,3 ± 0,7) ml
Massa de água deslocada na profundidade A	M _{água-a1} = (6,180 ± 0,005) g	M _{água-a2} = (11,160 ± 0,005) g
Massa de água deslocada na profundidade B	M _{água-b1} = (6,340 ± 0,005) g	M _{água-b2} = (11,160 ± 0,005) g

Além dessas obtivemos também as medidas secundárias, estas que foram obtidas através

de cálculos das medidas primárias, estas vistas na tabela a seguir:

Tabela 2 – Medidas calculadas com os resultados obtidos.

Grandeza	Sólido 1 (paralelepípedo)	Sólido 2 (cilindro)
Volume geométrico	V ₁ = (6,089 ± 0,009) cm ³	V ₂ = (11,559 ± 0,013) cm ³
Empuxo na profundidade A	E _{A1} = (-0,056 ± 0,007) N	E _{A2} = (-0,110 ± 0,007) N
Empuxo na profundidade B	E _{B1} = (-0,056 ± 0,007) N	E _{B2} = (-0,115 ± 0,007) N
Peso da água na profundidade A	W _{água-A1} = (0,060305676 ± 0,000155068) N	W _{água-A2} = (0,109202832 ± 0,000155637) N
Peso da água na profundidade B	W _{água-B1} = (0,062038168 ± 0,000155251) N	W _{água-B2} = (0,109202832 ± 0,000155637) N
Densidade da água	ρ _{água-A1} = (0,980952381 ± 0,108997598) g/cm ³	
Densidade dos sólidos	ρ ₁ = (1,594439058 ± 0,083950931) g/cm ³	ρ ₂ = (2,608146881 ± 0,044303093) g/cm ³

2.4 Análise dos Resultados

2.4.1 Cálculo dos empuxos sofridos pelos sólidos nas duas profundidades.

Sólido mais leve na Profundidade A:

$$E_{A1} = (-0,056 \pm 0,007) \text{ N}$$

Sólido mais leve na Profundidade B:

$$E_{B1} = (-0,056 \pm 0,007) \text{ N}$$

Sólido mais pesado na Profundidade A:

$$E_{A2} = (-0,110 \pm 0,007) \text{ N}$$

Sólido mais pesado na Profundidade B:

$$E_{B2} = (-0,115 \pm 0,007) \text{ N}$$

2.4.2 Cálculo dos volumes geométricos dos dois sólidos, com os respectivos erros:

Sólido 1:

$$V_1 = (6,089 \pm 0,009) \text{ mL} = \text{cm}^3$$

Sólido 2:

$$V_2 = (11,559 \pm 0,013) \text{ mL} = \text{cm}^3$$

2.4.3 Comparação dos volumes de água deslocados, calculados no passo 11, com os volumes dos sólidos, calculados no

passo 15, para conferir se eles concordam ou não entre si, considerando os erros.

Sim, os valores do volume de água deslocado no 11, concorda com o do passo 15, considerando o erro. Assim podemos concluir que o volume deslocado na pipeta é o mesmo que o volume que esses sólidos possuem, então a água irá se deslocar de acordo com o volume do objeto imerso nela.

2.4.4 Cálculo dos pesos de água deslocados pela imersão dos sólidos 1 e 2 (e seus erros), conforme as massas medidas nos passos 14 e 15 (abaixo, mostrado para a imersão do sólido mais leve, na primeira profundidade). A aceleração da gravidade local é $g = (9,78520 \pm 0,00004) \text{ m/s}^2$:

$$W_{\text{água-A1}} = (0,060305676 \pm 0,000155068) \text{ N}$$

$$W_{\text{água-B1}} = (0,062038168 \pm 0,000155251) \text{ N}$$

$$W_{\text{água-A2}} = (0,109202832 \pm 0,000155637) \text{ N}$$

$$W_{\text{água-B2}} = (0,109202832 \pm 0,000155637) \text{ N}$$

2.4.5 Verificando se pode-se dizer que o experimento executado validou o Princípio de Arquimedes comparando os valores dos empuxos, calculados no passo 14, com os respectivos pesos de água deslocados, calculados no passo 17. Considerando os erros experimentais.

Levando em conta o erro de $\pm 0,007$ relacionado ao empuxo podemos sim dizer que o experimento que executamos comprovou o Princípio de Arquimedes, pois tendo em vista que no princípio elaborado por Arquimedes “um sólido inserido em um volume de fluido, sofrera um empuxo equivalente ao peso do volume de fluido deslocado”. Assim de acordo com os valores obtidos no experimento, essa primícia é atendida e, portanto, comprova o Princípio de Arquimedes.

$$(0,056 \pm 0,007) \text{ N} = - E_{A1} \cong W_{\text{água-A1}} = (0,060305676 \pm 0,000155068) \text{ N}$$

$$(0,056 \pm 0,007) \text{ N} = - E_{B1} \cong W_{\text{água-B1}} = (0,062038168 \pm 0,000155251) \text{ N}$$

$$(0,110 \pm 0,007) \text{ N} = - E_{A2} \cong W_{\text{água-A2}} = (0,109202832 \pm 0,000155637) \text{ N}$$

$$(0,115 \pm 0,007) \text{ N} = - E_{B2} \cong W_{\text{água-B2}} = (0,109202832 \pm 0,000155637) \text{ N}$$

2.4.6 Verificando se a hipótese de trabalho, de que a densidade da água não varia significativamente com a profundidade, é válida.

Para sobre isso devemos entender a energia de pressão, que basicamente representa a quantidade de trabalho que é preciso para o fluido se movimentar contra a pressão no sistema ao qual ele está inserido. Isso explica a variação de trabalho dos dois sólidos conforme a profundidade era aumentada, independentemente da densidade dos sólidos.

2.4.7 Cálculo da densidade da água e dos 2 sólidos utilizados nos experimentos.

$$\text{Densidade da água: } \rho_{\text{água-A1}} = (0,980952381 \pm 0,108997598) \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Densidade do sólido 1: } \rho_1 = (1,594439058 \pm 0,083950931) \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Densidade do sólido 2: } \rho_2 = (2,608146881 \pm 0,044303093) \text{ g/cm}^3$$

2.4.8 Determinando o tipo de material que constitui os sólidos a partir dos valores conseguidos em 2.4.7

O sólido 1, é próximo do Cálcio, que possui $1,53 \text{ g/cm}^3$ de densidade e o sólido 2, próximo do alumínio que possui $2,7 \text{ g/cm}^3$ de densidade.

2.4.9 Desenvolvendo um método para descobrir a quantidade de cobre e zinco em um sólido de latão.

O princípio de Arquimedes afirma que a força de empuxo sobre um objeto imerso em um fluido é igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Portanto, podemos usar esse princípio para determinar a densidade do objeto de latão e, em seguida, usar a composição conhecida do latão para calcular a quantidade de cobre e zinco presente.

Para determinar a densidade do objeto de latão, precisamos medir sua massa e seu volume. A massa pode ser medida usando uma balança de precisão, e o volume pode ser determinado usando uma proveta cheia de água.

O objeto é suspenso na proveta com água e a quantidade de água deslocada é medida. A densidade do latão é então calculada dividindo a massa pelo volume. Uma vez que a densidade do latão é conhecida, por meio da tabela de densidades do latão, podemos usar a composição conhecida do latão para determinar a quantidade de cobre e zinco presentes.

Por exemplo, após obtermos a densidade, verificamos na tabela que um latão com essa densidade é composto por 70% de cobre e 30% de zinco, podemos calcular a quantidade de cada elemento usando a densidade do latão e as densidades conhecidas de cobre e zinco. Em resumo, o método para estabelecer a quantidade de cobre e zinco em um sólido de latão envolve a determinação da densidade do objeto usando o princípio de Arquimedes e, em seguida, o cálculo da quantidade de cada elemento usando a composição conhecida do latão e as densidades conhecidas de cobre e zinco.

3. DISCUSSÃO DO MÉTODO E DOS RESULTADOS

Por meio desse relatório é possível perceber que os experimentos ocorridos durante o laboratório foram feitos de maneira correta, devido ao fato de que tanto na prática quanto por meio de cálculos os valores encontrados para os sólidos com relação ao seu volume e peso, comprovaram o princípio de Arquimedes.

Mesmo que tenha tido alguns resultados não tão exatos devido à, provavelmente, erro durante a medição ainda é possível encontrar uma conclusão do que seria provado. Com as densidades encontradas com o experimento foi possível também descobrir qual seria o material dos sólidos usados durante o experimento e outras das suas características.

4. CONCLUSÕES

Através dos experimentos realizados durante este relatório e com seus respectivos resultados foi possível concluir que o Princípio de Arquimedes é satisfeito. Isto fica

claro no tópico 2.4.5, na qual calculamos a massa de volume deslocado em cada sólido e em cada profundidade, e comparamos com o empuxo, mostrando que o empuxo e peso são forças contrárias e que nesse caso do experimento se anulam. Mostrando que é possível calcular o peso de um objeto através do volume de fluido que ele desloca em um meio.

5. REFERÊNCIAS

DA SILVA, Andouglas Gonçalves. *Equação de Bernoulli*. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/andouglassilva/disciplinas/mecanica-dos-fluidos/aula-5-equacao-de-bernoulli>>. Acesso em: 05 abril 2023.

HELERBROCK, Rafael. *Princípio de Arquimedes*. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/principio-arquimedes.htm>>. Acesso em: 04 abril 2023.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. *O que é um fluido?* Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-um-fluido.htm>>. Acesso em: 04 abril 2023.

MELO, Pâmela Raphaella. *Fluidos*. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/fluidos.htm>>. Acesso em: 04 abril 2023.

RODRIGUES, Luiz Guilherme Rezende. *Princípio de Arquimedes*. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/principio-de-arquimedes-empuxo/>>. Acesso em: 05 abril 2023.

TOLENTINO, João Batista. *Teorema de Bernoulli para fluidos perfeitos*. Disponível em: <<https://hidraulica.tolentino.pro.br/bernoulli-perf.html>>. Acesso em: 05 abril 2023.