

## DETERMINAÇÃO DO PESO APARENTE EM TERMOS DA MASSA E DENSIDADE VIA REGRESSÃO MÚLTIPLA

David Ubaldo Mesquita Londres; Jonathan Renauro Guedes Lucas; Felipe Nóbrega de Assis Adelino; Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo; Allysson Macário de Araújo Caldas

Instituto Federal da Paraíba – IFPB – Campus João Pessoa

### INTRODUÇÃO

Na antiguidade, o sábio Arquimedes de Siracusa (287 a.C. – 212a.C.), quando foi lhe dado a tarefa de descobrir se a coroa do rei Hierão era realmente feita de ouro puro, notou que corpos com densidades diferentes e de mesma massa, se submersos em algum fluido em equilíbrio, elevavam o nível do mesmo de maneira distinta. Assim, ele deduziu uma força vertical para cima exercida pelos fluidos, a qual foi chamada de *Empuxo*.

O motivo dos fluidos exercerem uma força flutuante para cima tem a ver com diferenças de pressão entre o fundo e o topo do objeto submerso. Como a pressão aumenta enquanto vai-se mais fundo de um recipiente com o fluido, a força dessa pressão exercida para de cima para baixo vai ser menor que a força da mesma exercida de baixo para cima. Por esse motivo, o objeto terá uma aparente perda de peso, que será igual à quantidade de fluido deslocado.

Portanto, é possível perceber a relação entre essa aparente perda de peso com a densidade do fluido e com a massa do corpo submerso, já que o *Empuxo* é diretamente proporcional à densidade do fluido. Sendo essa uma relação muito importante para áreas no mercado que frequentemente realizam operações com objetos submersos, como por exemplo engenharia de petróleo. Baseado no que foi exposto, a pesquisa objetiva traçar essa relação entre peso aparente com a densidade do fluido e massa do objeto por regressão múltipla, baseando-se no *princípio de Arquimedes*

### METODOLOGIA

O experimento visa descobrir uma expressão matemática capaz de aferir com boa margem de erro o peso aparente em termos da massa e densidade de um objeto submerso em distintos fluidos. Inicialmente, inseriu – se os fluídos a serem analisados em um Becker ambos com volume de 200 mL. Em seguida pesou –se com o auxílio de uma balança digital obtendo suas respectivas massas para a partir de aí determinar suas densidades volumétricas.



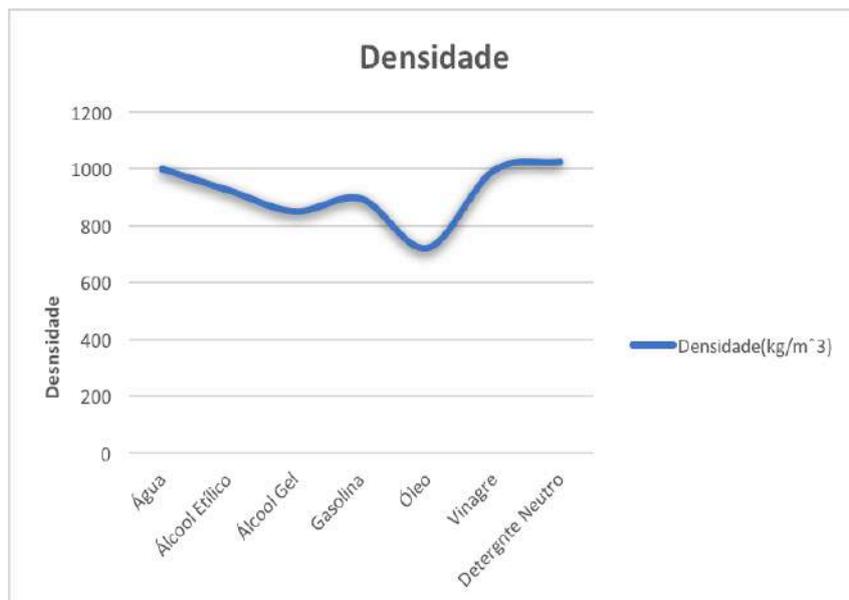
**Figura 1.** Determinação das massas dos fluídos.

De posse das massas dos fluídos e fazendo – se uso da equação que determina a densidade volumétrica ( $\rho$ ) foi possível determinar os valores almejados fato que pode ser visto na tabela 1 bem como na figura que segue.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

**Tabela 1.** Densidade volumétricas

Substância	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )
Água	1000
Álcool Etilico	925
Álcool Gel	850
Gasolina	895
Óleo	720
Vinagre	995
Detergente Neutro	1025



**Figura 2.** Curva da densidade volumétrica.

Foi adicionado corpos de prova de 0,68 N e 1,118 N aos diferentes fluídos, para que se pudessem observar suas variações de peso na balança e partir de tais análises descobrir o empuxo consequentemente, o peso aparente fato que pode ser constatado na figura 3.



**Figura 3.** Variação do peso para diferentes fluídos.

Esse procedimento foi realizado de maneira recíproca com os demais fluídos.

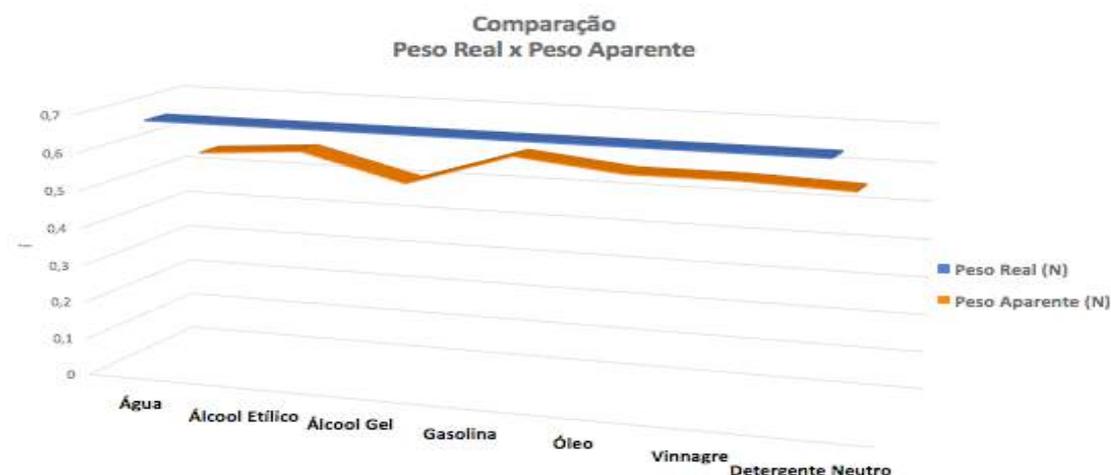
## RESULTADO E DISCUSSÃO

Após obtenção dos dados experimentalmente foi possível montar uma tabela com as variáveis de interesse da presente pesquisa.

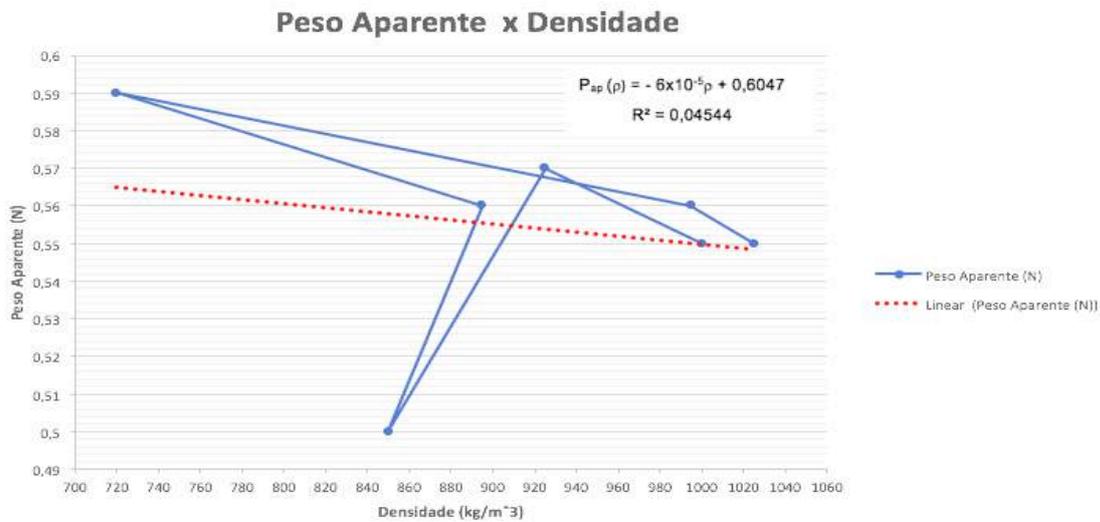
**Tabela 2.** Peso Real, Aparente e Empuxo.

Substância	Massa (Kg)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso Real (N)	Empuxo (N)	Peso Aparente (N)
Água	0,068	1000	0,68	0,13	0,55
	0,118	1000	1,18	0,18	1,00
Álcool Etilico	0,068	925	0,68	0,11	0,57
	0,118	925	1,18	0,17	1,01
Álcool Gel	0,068	850	0,68	0,18	0,50
	0,118	850	1,18	0,24	0,94
Óleo	0,068	895	0,68	0,12	0,56
	0,118	895	1,18	0,17	1,01
Gasolina	0,068	720	0,68	0,09	0,59
	0,118	720	1,18	0,15	1,03
Vinagre	0,068	995	0,68	0,12	0,56
	0,118	995	1,18	0,18	1,00
Detergente Neutro	0,068	1025	0,68	0,13	0,55
	0,118	1025	1,18	0,19	0,99

Diante da tabela 2 é possível confrontar o peso real e o aparente para as substâncias analisadas, fato que pode ser observado na figura 4.



**Figura 4.** Comparação Peso Real x Aparente.



**Figura 5.** Gráfico Peso Aparente x Densidade.

A figura 5 ilustra a curva que relaciona o peso aparente e a densidade do fluido. Uma das formas de avaliar a qualidade do ajuste do modelo é através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Basicamente, este coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados. De acordo com o coeficiente encontrado ( $R^2 = 0,04544$ ) a qualidade no ajustamento da linha de regressão não é boa, portanto, a equação (2) não explica de maneira correta o experimento.

$$P_{ap}(\rho) = -6 \times 10^{-5} \rho + 0,6047 \quad (2)$$

O que busca – se na pesquisa é determinar com boa precisão o peso aparente em função da massa e da densidade do fluido a que será submetido o corpo de prova, ou seja, uma expressão tal que:

$$P_{ap}(m, \rho) = b_0 + b_1 m + b_2 \rho \quad (3)$$

Onde  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  são constantes. Com uso de um software adequado é possível através de uma regressão múltipla determinar tais constantes.

$$P_{ap}(m, \rho) = -0,0018 + 8,85m - 5,04 \times 10^{-5} \rho \quad (4)$$

A equação (4) é explicada pelas estatísticas tabela 3, observe:

**Tabela 3.** Estatísticas da Regressão Múltipla

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,993535704
Quadrado de R	0,987113195
Quadrado de R ajustado	0,98477014
Erro-padrão	0,028549641
Observações	14

Aplicando os dados de massa e densidade listados na tabela 2 na equação (4) é possível encontrar um valor para o peso aparente via correlação matemática e compara-lo ao peso aparente medido experimentalmente. Foi realizado esse procedimento para o detergente neutro e o erro encontrado foi de apenas 0,3% o que é um resultado excelente.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento dessa pesquisa seguiu a metodologia descrita, fundamentando-se em um conhecimento teórico prévio e a experimentação para o desenvolvimento da fórmula através de uma correlação matemática.

A partir da fórmula encontrada pode-se obter o peso aparente de um objeto imerso em determinado fluido possuindo apenas a massa do objeto imerso e a densidade do fluido, sendo possível a obtenção do resultado desejado sem a necessidade de experimentação.

A correlação obtida em função da massa e da densidade tem grande utilidade em termos acadêmicos e profissionais, sendo uma forma prática e rápida de se obter o valor do peso aparente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. Física: Mecânica-Hidrodinâmica. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978. v. 2.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. Curso de física. São Paulo: Harper & Row, 1986. v. 1.
- AXT, R.; GUIMARÃES, V. H. Física Experimental I e II: manual de laboratório. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1981.
- ALBUQUERQUE, W. V.; YOE, H. H.; TOLELEM, R. M.; PINTO, E. P. S. Manual de laboratório de Física. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.