

**DISCIPLINA: F 609 “TÓPICOS DE ENSINO DE FÍSICA I”**

**PROFESSOR: JOSÉ J. IUNAZZI**

**Aluno:** Gustavo Bueno Silva, RA: 081559



g081559 x dac.unicamp.br

**Orientador:** Prof. Dr. Mauro Monteiro Garcia de Carvalho

<http://portal.ifi.unicamp.br/mapas-contatos/128-professores/386-506>

## RELATÓRIO FINAL: “ELEVADOR HIDRÁULICO”

### 1) RESULTADOS ATINGIDOS

Iniciei definitivamente meu projeto após a última aula teórica, ou seja, após a apresentação sobre o tema “Holografia” ministrado pelo professor José J. Lunazzi e por seus alunos de outras disciplinas.

Apesar da minha indisponibilidade de horários devido às 30 aulas que dou na cidade de Sorocaba – SP, mantive contato frequente com meu orientador, o professor Mauro Monteiro Garcia de Carvalho.

Nosso primeiro grande desafio era a compra de materiais para o experimento. Discutimos a ideia por e-mail e fui fazer as compras. A princípio, achei que ia usar apenas os materiais mencionados no projeto, porém com o desenrolar do tempo, tive que comprar diversos outros materiais, como:

- Madeira para apoio;
- Tinta acrílica branca;
- Um pedaço extra de cano;
- Três abraçadeiras para fixar o experimento no suporte;
- Dois litros de óleo para carro (20W50);
- Trinta centímetros de tarugo de poliuretano;
- Tampa para o cano de 2,5cm;
- Quatro pedaços de madeira.

Inicialmente lixei os três pedaços de canos que ia utilizar. Após isso, montei-os em formato de U, como segue a imagem no projeto, sempre tendo o cuidado de não deixar os canos tortos. Depois de montados, passei uma cola específica para canos, deixando-os de maneira bem fixa.

Antes da cola secar, tive o cuidado de deixar tudo alinhado e bem preso para não haver falhas futuras, sempre guardando-o em uma superfície plana e rígida para não ter qualquer tipo de deformação.

Depois desses cuidados, pintei os pedaços de canos utilizados no experimento com a tinta acrílica, tive o cuidado de fazer pedaço por pedaço deixando-o secar até passar para a próxima parte. Mesmo assim acabei pintando alguns objetos de casa por acidente, como a máquina de lavar, a parede e o chão. Passei duas mãos de tinta, sendo que passarei uma última mão com o projeto finalizado.

Com o projeto em um nível mais avançado, fui comprar algum suporte para deixá-lo na vertical e pensar em algum modo para que o cano não rolasse, tentando deixar da maneira mais fixa possível. Fui em outra loja para materiais de construção e comprei uma tábua com formato retangular com dimensões 0,5cm x 15cm x 65cm.

Para fixar o experimento na tábua, utilizei três abraçadeiras e antes de fixá-las na tábua, passei uma quantidade generosa de adesivo instantâneo nas abraçadeiras e fixei-as junto ao experimento na tábua. Deixei secar até o dia seguinte. Porém não deu certo, pois o torque gerado por uma força na extremidade do cano era alto, fazendo com que se soltasse.

Pensamos em determinados materiais para utilizar como êmbolo, como: tarugo de alumínio, nylon, ou algum outro material resistente porém não tão caro. Decidimos usar o

Poliuretano, pois era resistente, sendo possível utilizá-lo no torno e também não tinha valor tão elevado.

Utilizamos óleo de carro para diminuir o atrito do conjunto êmbolo-cano, além de não evaporar tão fácil quanto a água.

No modelo atual, fizemos umas adaptações no projeto. Implantamos quatro pedaços de madeira para o cano não tombar, além de continuar usando as abraçadeiras. Colocamos o óleo e fizemos o primeiro teste, já com os êmbolos feitos com Poliuretano.

Inicialmente, vazou muito óleo pelo cano menor, enchendo o experimento de óleo, manchando a pintura inicial.

Após algumas adaptações, o êmbolo ficou melhor, vazando bem menos óleo que inicialmente.

Fizemos os testes e verificamos seu resultado teórico. Você “gasta” força menor no cano de menor diâmetro em relação ao maior, devido a isso, há um deslocamento menor no cano de maior diâmetro. Sabemos da existência do atrito, porém como temos em vista alunos do Ensino Médio, não nos preocupamos em calcular seu valor e sim qualitativamente sua influência no elevador.

## 2) FOTOS DA EXPERIÊNCIA

Separei as fotos em alguns períodos:

i) Fase da compra dos primeiros materiais:

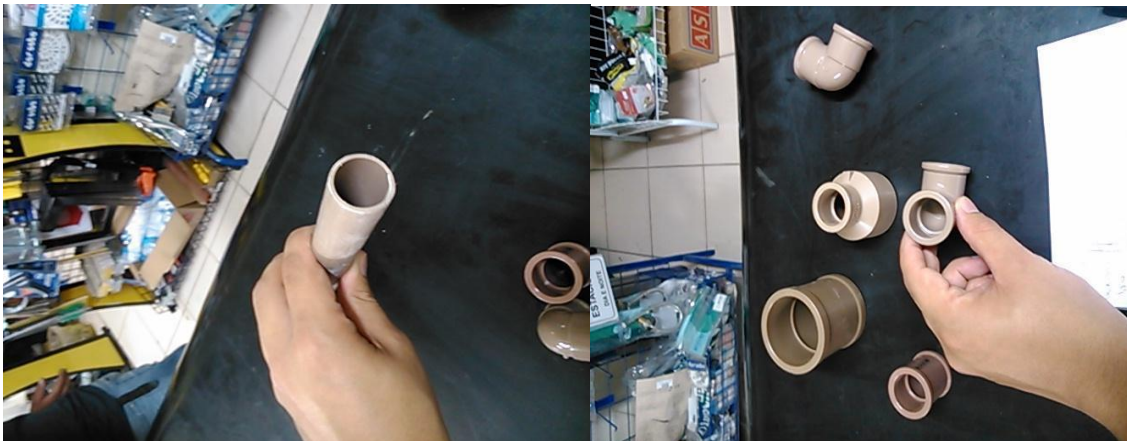


Figura 4: *Esquerda*: decidindo qual cano utilizar. *Direita*: cotovelos e luvas para unir esses canos.



Figura 5: Materiais comprados na primeira loja de construção visitada.

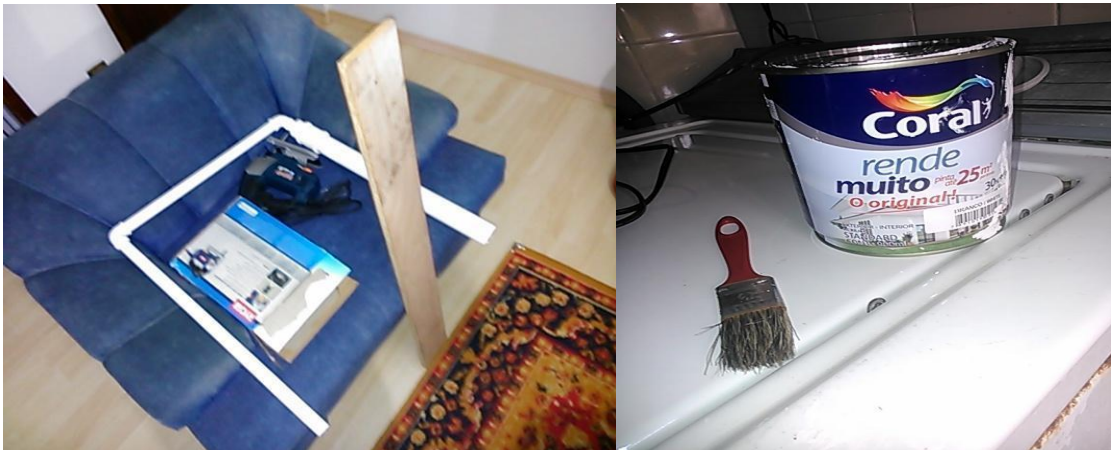


Figura 6: Materiais comprados em outra loja de construção

ii) Fase da montagem:

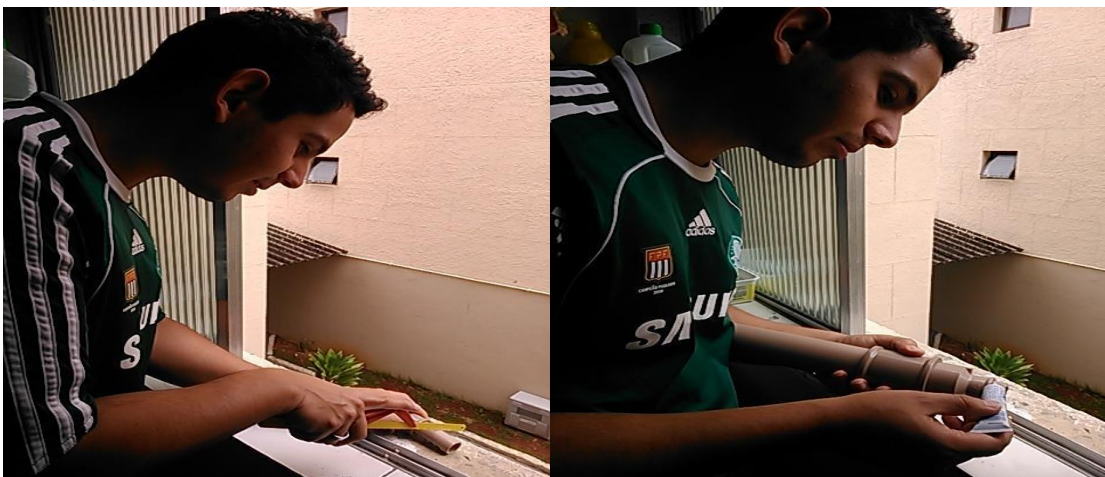


Figura 7: *Esquerda*: cortando a parte em excesso do cano. *Direita*: colando o primeiro encaixe

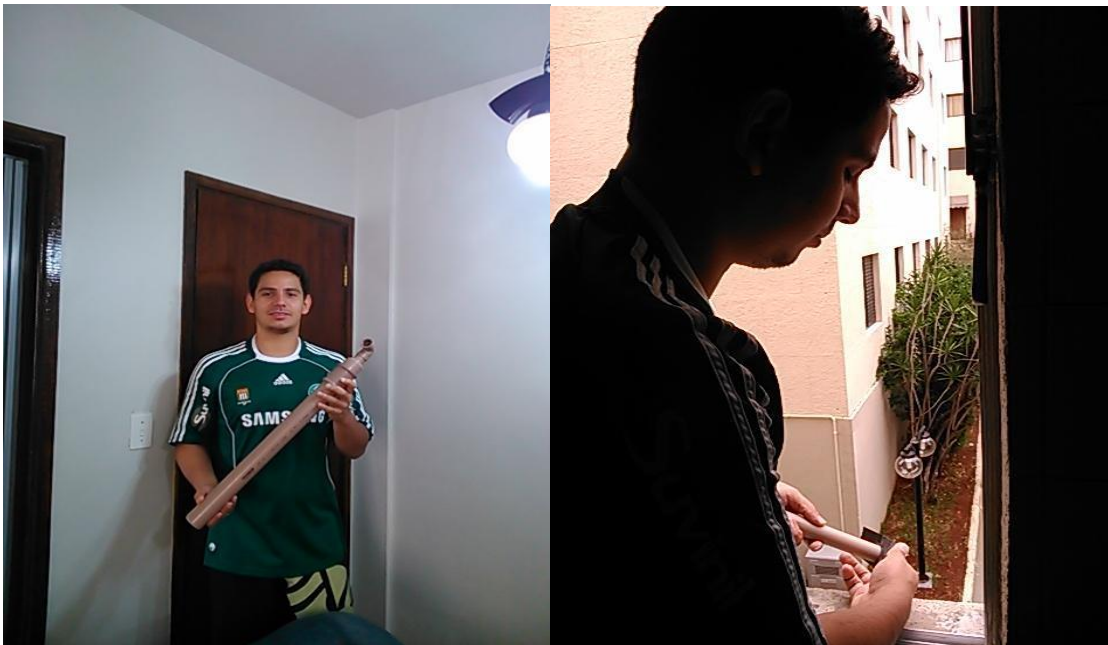


Figura 8: *Esquerda*: resultado do primeiro encaixe. *Direita*: lixando os canos

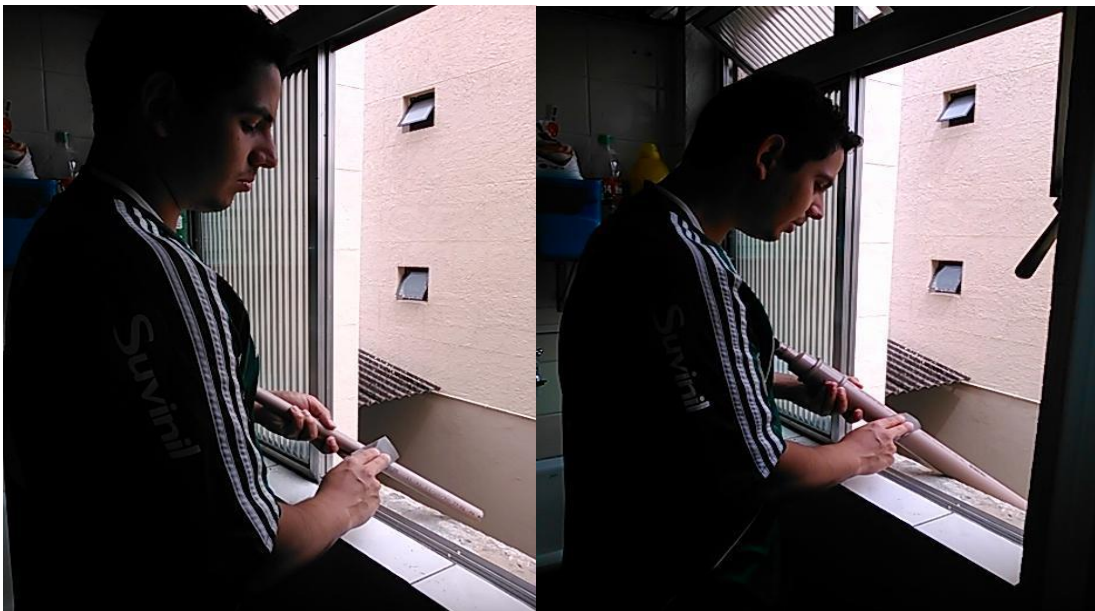


Figura 9: *Esquerda e Direita*: lixando os canos



Figura 10: *Esquerda*: colando mais encaixes. *Direita*: resultado desse segundo encaixe



Figura 11: *Esquerda*: erro na medição do tamanho cano. *Direita*: Depois de consertar o erro, comecei a pintar o experimento



Figura 12: *Esquerda*: esperando a tinta secar. *Direita*: preparando para outra fase



Figura 13: *Esquerda e Direita*: fixando o experimento na base utilizando abraçadeiras

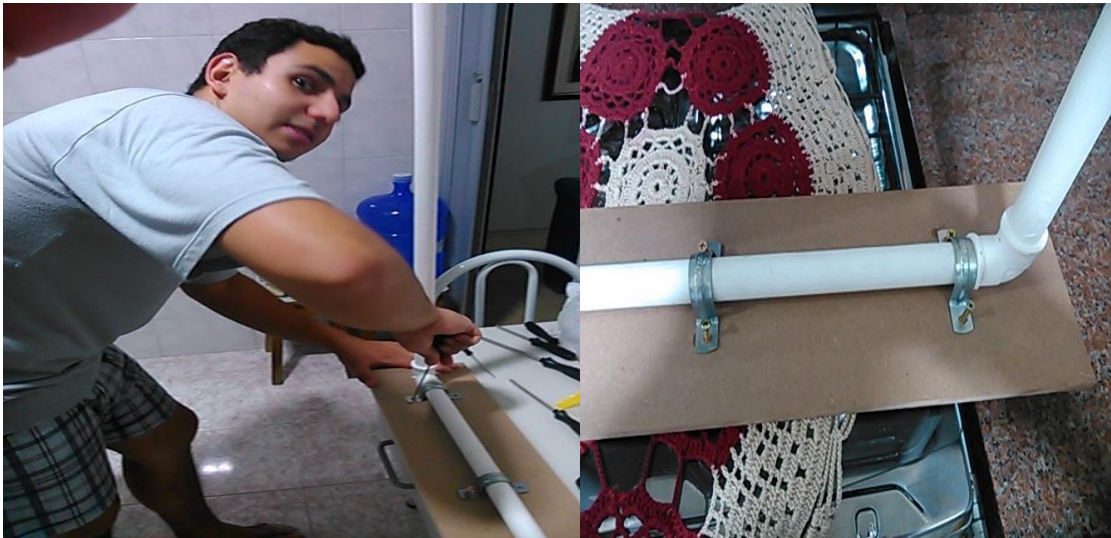


Figura 14: *Esquerda*: apertando os parafusos. *Direita*: resultado pós parafusos apertados



Figura 15: *Esquerda*: conferindo se o experimento ficou fixo. *Direita*: resultado do experimento fixo a base



Figura 16: furando a tampa do cano para fixar no experimento

iii) Fase atual:

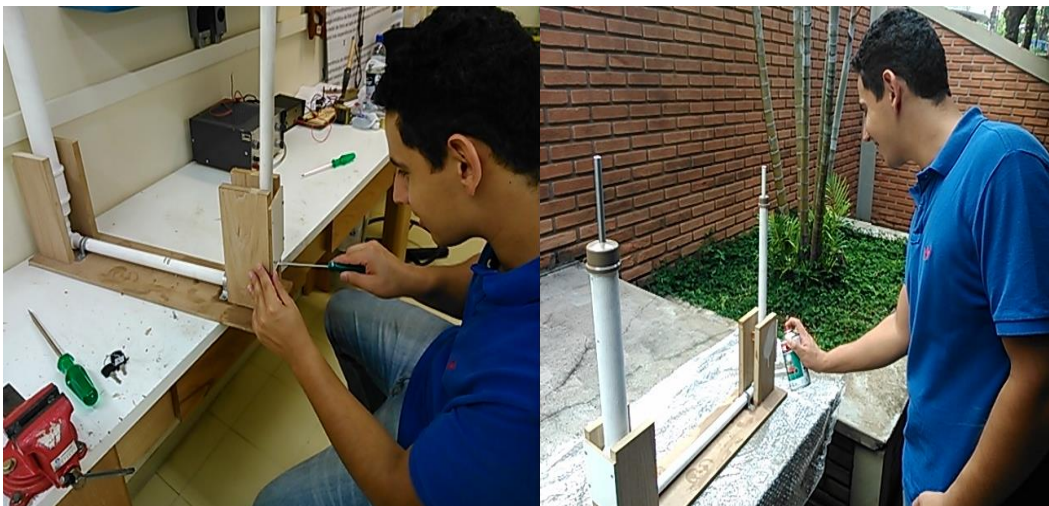


Figura 17: como está o experimento atualmente

O experimento está praticamente pronto, faltando apenas pintá-lo.

### 3) DIFICULDADES ENCONTRADAS

Para montar o experimento, pesquisei sobre qual cano usar, porém não estava chegando a conclusão quais medidas ele deveria ter. Se eu pegasse dois canos muito finos, pouca diferença ia notar, porém se eu pegasse um cano fino e outro muito grosso, dificilmente conseguiríamos mantê-lo na posição vertical. Logo achei dois tipos de canos que se enquadrem bem ao propósito do experimento, de diâmetros distintos, porém que fiquem perfeitamente na posição vertical.

Na montagem no experimento, não conseguia deixá-los alinhados, pois sempre um encaixe se deslocava quando eu encaixava o outro cano. Contudo, com ajuda da minha mãe conseguimos vedar perfeitamente os canos, não deixando folga e após a verificação passamos o adesivo que cola canos PVC.

Tivemos dificuldades em relação ao êmbolo, pois no cano de diâmetro menor, havia vazamento excessivo de óleo. Após o auxílio de meu orientador, conseguimos um êmbolo mais eficiente, com um vazamento mínimo do líquido.



É importante salientar a importância de meu orientador na realização do experimento, respondeu a todos os meus e-mails prontamente, além de me auxiliar na montagem do experimento no LIEF (Laboratório de Instrumentação de Ensino de Física da Unicamp), dando sugestões, dicas e também na parte prática.

#### 4) PESQUISA REALIZADA

Primeiramente, basta o interessado digitar no site de busca Google imagens: “elevador hidráulico” que aparecerão diversas imagens como mostrada no projeto ou digitar no Google: “elevador hidráulico” cujo link será <http://migre.me/gkge6> .

Com isso, basta a pessoa procurar os links: “Elevador Hidráulico – Unesp” (<http://migre.me/gkggV> ); “Construindo um elevador hidráulico – Educador Brasil Escola” (<http://migre.me/gkgiM> ) e “HowStuffWorks - Os elevadores Hidráulicos – Ciência – UOL” (<http://migre.me/gkgkl> ).

#### 5) DESCRIÇÃO DO TRABALHO EM NÍVEIS DE ENSINO:

##### i) Público em geral:

Podemos elevar objetos pesados sem utilizar necessariamente uma grande quantidade de força. Podemos observar isso principalmente em elevadores hidráulicos de oficinas de carro em que se consegue elevar carros sem aplicar obrigatoriamente uma força muito grande.

Isso se deve ao Princípio de Pascal. Tendo um tubo em um formato de “U” com os canos verticais com diâmetros diferentes, basta você colocar um objeto pesado no tubo maior que ao aplicar uma força no tubo menor você sentirá que não está exercendo uma força tão alta, como se fosse equivalente ao tirar o objeto do chão com a própria mão.

##### ii) Nível para Ensino Médio:

Enunciando o Teorema de Pascal:

*“sempre que uma variação de pressão é comunicada a um ponto de um fluido, esta variação é transmitida integral e imediatamente a todos os outros pontos do fluido”*

Podemos ilustrar esse Teorema observando a imagem:

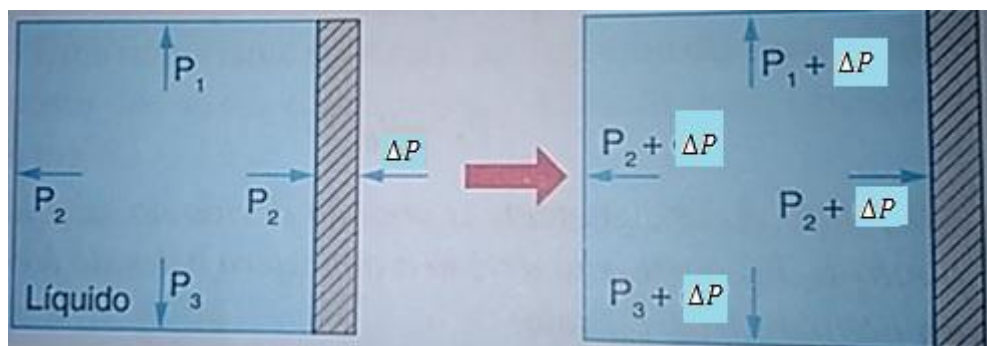


Figura 17: líquido em um recipiente que recebe um acréscimo de pressão

Observando a figura 17, vimos que um recipiente contendo determinado líquido sofre um acréscimo de pressão  $\Delta P$ . Obedecendo o Teorema de Pascal, esse aumento de pressão é distribuído integralmente para todos os pontos do líquido, como observado na figura da direita. Nota-se que a nova pressão de equilíbrio será  $P + \Delta P$ .

A partir desse Teorema, podemos utilizá-lo no exemplo do elevador hidráulico (ou vaso comunicante).

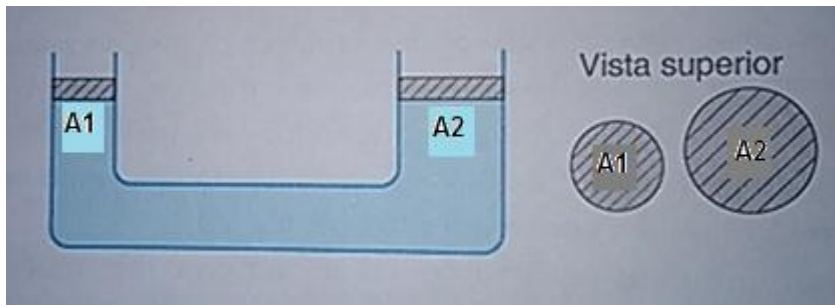


Figura 18: Elevador Hidráulico

Observando a figura 18, vemos que o tubo da esquerda possui uma área A1, enquanto o tubo da esquerda possui área A2. Sendo  $A1 < A2$ .

Aplicando uma força F1 ao lado esquerdo do êmbolo, podemos calcular a força F2, que surge no êmbolo da esquerda como:

$$F2 = F1 \cdot \frac{A2}{A1} \quad (\text{EQUAÇÃO 1})$$

Essa fórmula só é válida pois a pressão exercida no êmbolo da esquerda se comunica integralmente com o êmbolo da direita.

Dada a equação acima, notamos que  $F2 > F1$ , pois a divisão de A2 por A1 resulta em um número maior que 1.

Utilizando  $A1 \cdot h1 = A2 \cdot h2$ , concluímos que o deslocamento h2 sofrido pelo segundo vaso em relação ao primeiro h1 é dado por:

$$h2 = A1 \cdot \frac{h1}{A2} \quad (\text{EQUAÇÃO 2})$$

iii) Nível para Ensino Superior

Enunciando o Teorema de Pascal:

*“sempre que uma variação de pressão é comunicada a um ponto de um fluido, esta variação é transmitida integral e imediatamente a todos os outros pontos do fluido”*

Podemos ilustrar esse Teorema observando a imagem:

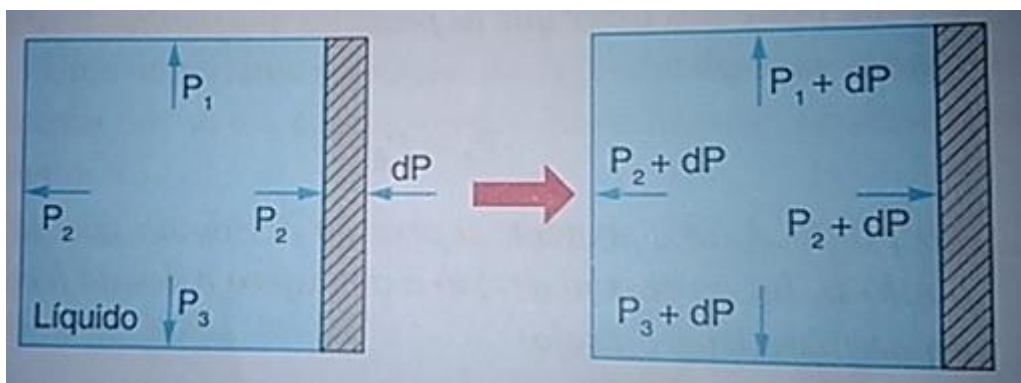


Figura 19: Líquido dentro de um recipiente sofrendo um acréscimo de pressão dP

A figura 19 ilustra o enunciado do Teorema de Pascal. Notamos a esquerda que o líquido exerce pressões nas paredes, denominadas por P1, P2, P3 e P4. Na parede vamos exercer um certo incremento de pressão, denominado dP.

Baseado nesse incremento de pressão, pelo Teorema de Pascal, vemos que esse incremento é distribuído integralmente a todos os pontos do líquido, obtendo as pressões  $P_n + n \cdot dP$ , sendo  $0 < n < 5$ ,  $n$  um número natural.

Com isso chegamos a conclusão que a nova pressão de equilíbrio é igual a anterior mais o incremento  $dP$ .

A partir desse embasamento teórico. Podemos ver o funcionamento de elevadores hidráulicos (vasos comunicantes).

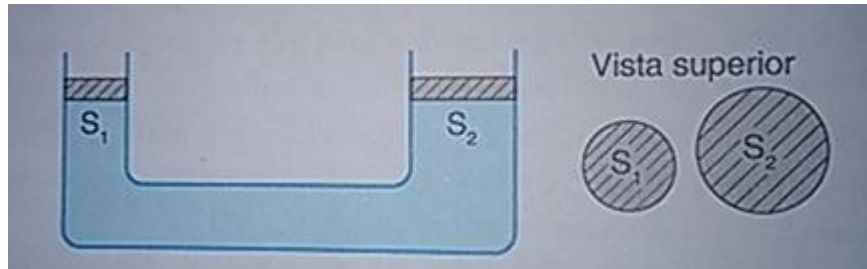


Figura 20: Esquema de um elevador hidráulico

Podemos falar que o elevador hidráulico simplesmente é a aplicação do Teorema de Pascal. Temos dois vasos comunicantes com áreas  $S_1$  e  $S_2$ , sendo  $S_1 < S_2$ .

Aplicando uma certa força  $F_1$  no êmbolo da esquerda, surge uma pressão  $P$ , tal que:

$$P = \frac{F_1}{S_1} \quad (\text{EQUAÇÃO 3})$$

Pelo Teorema de Pascal, essa pressão se comunica imediatamente ao êmbolo da direita, ou seja, com o mesmo valor  $P$ . Logo podemos escrever:

$$P = \frac{F_2}{S_2} \quad (\text{EQUAÇÃO 4})$$

Como  $S_2$  e  $S_1$  possui áreas diferentes, surge uma nova força, denominada  $F_2$ .

Igualando  $P$  das equações 3 e 4 temos:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad (\text{EQUAÇÃO 5})$$

Com isso, concluímos que  $F_2$  vale:

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1} \quad (\text{EQUAÇÃO 6})$$

Notamos que o valor de  $F_2$  é maior que o valor de  $F_1$ , pois a razão entre as áreas  $S_1$  e  $S_2$  resulta em um número maior que 1.

Para relacionarmos as alturas deslocadas entre os vasos 1 e 2, utilizamos o princípio que todo o volume deslocado no primeiro vaso é exatamente igual ao volume deslocado no segundo vaso, sendo:

$$V_{\text{saí de um lado}} = V_{\text{aparece do outro lado}} \quad (\text{EQUAÇÃO 7})$$

$$S_1 \cdot h_1 = S_2 \cdot h_2 \quad (\text{EQUAÇÃO 8})$$

Logo:

$$h_2 = S_1 \cdot \frac{h_1}{S_2} \quad (\text{EQUAÇÃO 9})$$

## **6) DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR**

O trabalho do Gustavo, embora simples, esclarece bem o princípio de pascal e o funcionamento da prensa hidráulica. É uma experiência ao alcance de qualquer professor da rede pública e pode ser utilizado em aula sem problemas de espaço ou infra-estrutura.

## **7) ESCOLHA DO HORÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PAINEL**

Gostaria, se possível, escolher o dia 13/11 (Quarta-feira) no segundo horário, 17-19hs