

**Universidade Estadual de Campinas Unicamp
Instituto de Física Gleb Wataghin – IFGW**

F-609 Tópicos de Ensino de Física I

Relatório Final

**“Experimentos com Pressão e Diferenças de
Pressão”**

Alexandre Galetti RA 030895



Orientador: Antônio Carlos Costa

accosta@ifi.unicamp.br

Coordenador da disciplina: Prof. Dr. José J. Lunazzi

lunazzi@ifi.unicamp.br

Campinas
2º semestre de 2006

1. Introdução

O conceito de pressão nos permite entender muito dos fenômenos físicos que nos rodeiam. Por exemplo, para cortar um pedaço de pão, utilizamos o lado afiado da faca (menor área), pois, para uma mesma força, quanto menor a área, maior a pressão exercida. [5] Um outro exemplo é pensarmos na “força” (pressão) exercida pela água quando mergulhamos numa região mais profunda da piscina (pressão hidrostática). Além disso, podemos citar ainda a pressão atmosférica a qual somos submetidos todos os dias. Neste projeto, buscamos exemplificar através de experimentos bem simples esse importantíssimo conceito da física e familiarizar o aluno da 8ª série em diante desse “mundo” que o cerca.

2. Descrição dos experimentos

Este projeto foi realizado com três experimentos bem simples:

a) Cama de pregos

O primeiro dos experimentos é a “cama de pregos”. Nele, conseguimos exemplificar o conceito de pressão através de um curioso objeto que provoca tanto espanto e interesse nas pessoas que o vêem: a famosa cama onde os faquires indianos se deitam. Obviamente por razões práticas e de segurança, reproduzimos uma versão miniatura da cama. Esta consiste basicamente em uma placa quadrada de madeira, com uma área quadrada de 20cm x 20cm coberta por aproximadamente 400 pregos de 3cm de comprimento.



Fig. 1 - Cama de pregos

Uma bexiga é posta sobre essa superfície e uma placa de acrílico é colocada sobre aquela. Um peso é colocado em cima de todo o sistema e o que se observa é que a bexiga não estoura.



Fig. 2 - Note a deformação provocada na superfície da bexiga. Esta não estoura, pois a pressão exercida por cada prego é muito pequena e temos uma área muito grande de pregos. Quanto maior o número de pregos e maior a área que a bexiga ocupa, menor a pressão exercida sobre ela quando colocamos um peso sobre ela. Na foto, a pressão exercida no sistema é devido aos pesos da placa de acrílico, de uma tesoura e uma régua postas em cima da placa.

Em linguagem matemática [1], podemos escrever pressão do seguinte modo:

$$\text{pressão} = \frac{\text{força}}{\text{área}}$$

Ou em símbolos [2]:

$$p = \frac{F}{A}$$

Essa força deve ser perpendicular, isto é, fazer um ângulo de 90° com o elemento de área considerado. No Sistema Internacional de Unidades (S.I.), pressão é medida em

N/m^2 (newton por metro quadrado) o qual damos o nome de *pascal* (Pa). Isso significa que $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$. [2]

O motivo pelo qual isso acontece é que a força normal (perpendicular) que atua na bexiga é dividida pela área de atuação. Como são vários os pregos existentes na cama, a pressão fica pequena ($P = F/A$), já que a pressão exercida é inversamente proporcional à área. Podemos constatar isso experimentalmente, de um jeito ainda mais simples: pegue um prego e aperte as duas pontas com os dedos. A força que faz nos dois dedos é a mesma (par de ação e reação). No entanto, você vai sentir mais a ponta que a cabeça do prego, pois a área de atuação da força é menor e conseqüentemente a pressão é maior. [4]

b) Provando a existência da pressão atmosférica

No segundo experimento trabalhamos o conceito de pressão para explicarmos um tipo especial dela, a *pressão atmosférica*. Embora o ar seja extremamente leve, não é desprovido de peso. Esse peso exerce uma pressão a qual chamamos de pressão atmosférica. Cada pessoa suporta em média sobre os ombros o peso de cerca de 1 tonelada de ar, que, porém, não sente, já que o ar é um gás e a força da pressão exerce-se em todas as direções. [3]

O peso normal do ar ao nível do mar é de 1kg/cm^2 . Porém, a pressão atmosférica diminui com o aumento da altitude. A 3000 metros, é cerca de $0,7\text{kg/cm}^2$. A 8840 metros, a pressão é apenas de $0,3\text{kg/cm}^2$. [3]

Para mostrar a existência da pressão atmosférica, dispõe-se de uma lata de alumínio vazia. Coloca-se um pouco de água dentro desta e aquecemos o sistema até que vapor seja observado na saída da lata. Com cuidado e não deixando escapar muito vapor, viramos a lata de cabeça para baixo sobre uma vasilha com água muito fria e apertamos levemente a lata para baixo. O que observamos é que a lata é facilmente esmagada com pouquíssimo esforço.



Fig. 3 - Preparação do experimento com a lata.

A explicação desse fenômeno reside na existência da pressão atmosférica. Ao aquecermos a lata, a água dentro dela evapora-se e a pressão aumenta. A pressão de um gás, no caso vapor de água, pode ser explicada do seguinte modo: a água é feita de moléculas. Estas batem nas paredes do recipiente que o contém exercendo certa pressão no interior da lata. Ao aquecermos o sistema, as moléculas ganham energia e movem-se mais rapidamente. Dessa forma, elas batem com uma força maior nas paredes da lata, o que provoca o aumento da pressão interna. Quando colocamos o sistema sobre água fria, o vapor dentro da lata condensa e transforma-se em água novamente fazendo com que a pressão interna diminua. Como a pressão externa é muito maior, ela esmaga a lata com o menor esforço possível. Essa pressão externa é a nossa conhecida *pressão atmosférica*.



Fig. 4 - A lata é imersa num recipiente com água bem fria...



Fig. 5 - ...e é deformada devido à existência da pressão atmosférica.

Queremos chamar a atenção para este experimento, pois explicamos de outra forma o conceito de pressão. Neste caso, a pressão exercida por um gás. Utilizando o caráter microscópico da matéria, explicitamos que este origina do choque das moléculas do gás com as paredes do recipiente que o contém. Assim, passamos ao aluno que pressão pode ser exercida por objetos da escala atômica.

c) Trabalhando os Princípios de Pascal e Bernoulli

No último experimento utilizamos uma garrafa de plástico usada para refrigerantes com 3 furos onde se pode ver a vazão da água através deles. Para efeitos de comparação, colocamos ao lado de cada furo um outro, mas de diâmetro diferente do primeiro. Observamos, assim, que os jatos de água emergem com distâncias diferentes. Esse fenômeno é explicado pelo *Princípio de Bernoulli*, que é basicamente o teorema de conservação de energia aplicada aos fluidos. Ao apertarmos a garrafa, observa-se que a vazão nos furos se torna praticamente igual (os jatos de água saem com a mesma distância) evidenciando o *Princípio de Pascal*.



Fig. 6 - Experiência com a garrafa.

Como queremos manter o nível de água constante utilizamos uma bomba aspirante, dessas utilizadas em aquários, que eleva o nível da água à aproximadamente 60 cm de altura. Colocamos corante à água para visualizar melhor o experimento.

Do ponto de vista da física, vamos explicar agora como ocorrem os fenômenos que estamos observando neste experimento.

O *Princípio de Bernoulli* é assim nomeado em homenagem ao seu descobridor, o grande matemático holandês Daniel Bernoulli (1700-1782). [7]



Daniel Bernoulli (1700-1782).

Esse princípio é o equivalente ao princípio de conservação de energia, mas, neste caso, aplicado aos *fluidos*, que compreendem os líquidos e os gases.

Matematicamente [1], esse princípio pode ser escrito da seguinte maneira:

pressão + densidade do fluido x aceleração da gravidade x altura + $\frac{1}{2}$ x densidade do fluido x (velocidade)² = constante

Ou em símbolos [2]:

$$p + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = cte$$

Em linguagem do cotidiano, podemos dizer que em pontos do líquido onde a pressão é alta, a velocidade é baixa e vice-versa. [1]

Quanto maior a coluna líquida, maior a velocidade de escoamento da água. Portanto, o filete de água que se encontra na parte mais de cima da garrafa emerge com velocidade menor e, então, atinge uma distância menor. A recíproca é verdadeira. O filete de água que se encontra bem na parte de baixo da garrafa, emerge com velocidade maior e atinge uma distância maior. O diâmetro do furo influi na distância. Quanto maior o

diâmetro, maior é a área de vazão do líquido e maior será sua velocidade. Conseqüentemente, a distância que o filete atingirá também será maior.

Se apertarmos a garrafa, podemos ver que os filetes de água atingem a mesma distância. Isso é explicado pelo *Princípio de Pascal*, que leva o nome do seu descobridor o cientista francês Blaise Pascal (1623-1662). [6]

O *Princípio de Pascal* pode ser enunciado da seguinte maneira:



“Uma mudança de pressão aplicada a um fluido em um recipiente é transmitida integralmente a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente.” [2]

Blaise Pascal (1623-1662).

Assim, quando apertamos a garrafa, a pressão exercida é distribuída em todos os pontos do líquido, fazendo com que os filetes de água atinjam distâncias iguais. O Princípio de Pascal pode também, por exemplo, explicar porque quando apertamos um tubo de pasta de dente, a pasta sai do tubo. A pressão exercida numa parte do tubo é distribuída a todos os pontos do interior do tubo fazendo a pasta sair.

Lembramos que toda a explicação simplista acima é destinada aos alunos da 8ª série em diante. Como queremos trabalhar com um público alvo de forma muito abrangente, não demonstraremos as expressões acima nem faremos uma análise mais profunda da mecânica de fluidos.

Com isto terminamos a descrição dos experimentos bem como a explicação teórica dos mesmos.

-> Material utilizado nas experiências

Para o experimento “cama de pregos”:

- Uma placa quadrada de madeira;

- Uma placa quadrada de acrílico;
- Pregos de 3 cm de comprimento;
- Uma bexiga;
- Hastes metálicas de aproximadamente 50 cm de comprimento;
- Objetos para serem colocados como peso.

Para o experimento "Princípio de Pascal/Bernoulli":

- Garrafa plástica;
- Bomba aspirante;
- Diversas mangueiras;
- Suporte;

Para o experimento "Esmagando a lata":

- Lata de alumínio;
- Vasilha com água e gelo;
- Bico de Bunsen;
- Luva térmica.

3. Conclusão

Este projeto possibilitou o estudo de um importante conceito da física, a pressão. Destinado aos alunos da 8ª série em diante, conseguimos mostrar de maneira bem simples e abrangente através de três experimentos alguns fenômenos associados a essa grandeza. Conseguimos abordar alguns aspectos importantes da física, como a pressão atmosférica, o *Princípio de Pascal*, e o *Princípio de Bernoulli*. Com isso, o professor terá métodos alternativos de expor idéias a respeito da hidrostática e da dinâmica de fluidos aos seus alunos de maneira ilustrativa e bem intuitiva. Deve-se, contudo, levar em consideração a segurança dos experimentos, já que envolvem objetos perigosos, como os pregos, ou condições especiais, como o aquecimento da lata na experiência em que esta é esmagada. Tomando esses cuidados, esses experimentos podem ser feitos em praticamente qualquer sala de aula, de montagem extremamente rápida e simples, além de necessitar de materiais que podem ser encontrados em qualquer lugar.

4. Agradecimentos

Gostaria de agradecer algumas pessoas que me ajudaram nesse projeto. Primeiro quero agradecer ao meu orientador, Antônio Costa, que sempre prestativo e paciente me auxiliou muito na montagem e melhoramento dos experimentos, bem como acreditou na minha idéia maluca de expor algo extremamente simples, mas que tem um fundamento teórico muito bonito e elegante. Quero agradecer também o pessoal da oficina do IFGW, que me “emprestou” o equipamento necessário para montar a cama de pregos, e quero agradecer ao meu coordenador, Prof. Dr. José J. Lunazzi que, apesar da desconfiança, permitiu que eu levasse adiante esse projeto.

5. Referências Bibliográficas

[1] BLOOMFIELD, Louis A. “How things work: The physics of everyday life”. John Wiley & Sons. New York. 1997.

[2] HALLIDAY, David., RESNICK, Robert., MERRIL, John. “Fundamentos da Física 2, Gravitação, Ondas e Termodinâmica.” 3ª edição. Editora Livros Técnicos e Científicos. RJ, 1987.

[3] Na Internet: http://pt.wikipedia.org/wiki/Press%C3%A3o_atmosf%C3%A9rica

[4] Na Internet:
<http://www.seara.ufc.br/queremosaber/fisica/oldfisica/respostas/qr0339.htm>

[5] Na Internet: <http://www.fisica.net/hidrostatica/pressao.php>

[6] Na Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal

[7] Na Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Daniel_Bernoulli

6. Anexos

a) Referência [3]

http://pt.wikipedia.org/wiki/Press%C3%A3o_atmosf%C3%A9rica

Pressão atmosférica

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Pressão atmosférica - é a [pressão](#) exercida pela [atmosfera](#) num determinado ponto. É a [força](#) por unidade de [área](#), exercida pelo [ar](#) contra uma superfície.

Se a força exercida pelo ar aumenta em um determinado ponto, conseqüentemente a pressão também aumentará. A pressão atmosférica é medida através de um equipamento conhecido como [barômetro](#).

Embora o ar seja extremamente leve, não é desprovido de peso. Cada pessoa suporta em média sobre os ombros o peso de cerca de 1 tonelada de ar, que, porém, não sente, já que o ar é um gás e a força da pressão exerce-se em todas as direções.

O peso normal do ar ao nível do mar é de 1kg/cm^2 . Porém, a pressão atmosférica diminui com o aumento da altitude. A 3000 metros, é cerca de $0,7\text{kg/cm}^2$. A 8840 metros, a pressão é apenas de $0,3\text{kg/cm}^2$.

b) Referência [4]

<http://www.seara.ufc.br/queremosaber/fisica/oldfisica/respostas/qr0339.htm>



Pergunta: Antigamente era comum a exibição de faquires, homens que jejuavam, cercados de serpentes, deitados em camas de pregos com as pontas voltadas para cima. Por que esses faquires não se machucavam quando estavam deitados nessas camas?

Pergunta de: Tici

Resposta 1:

Tanto eles quanto qualquer outra pessoa que deitasse na cama não se machucaria. O motivo pelo qual isso acontece é que a força normal que atua na pessoa é dividida pela área de atuação. Como são vários os pregos existentes na cama, a pressão fica pequena ($P = F/A$), já que a pressão exercida é inversamente proporcional à área. Para que você possa constatar isso experimentalmente, de um jeito simples, pegue um prego e aperte as duas pontas com os dedos. A força que faz nos dois dedos é a mesma (par de ação e reação). No entanto você vai sentir mais a ponta que a cabeça do prego, pois a área de atuação da força é menor e conseqüentemente a pressão é maior.

Resposta de: Leonardo Roberto de Barros Martins - UFMG, Belo Horizonte - MG

c) Referência [5]

<http://www.fisica.net/hidrostatica/pressao.php>

HIDROSTÁTICA

Pressão

Consideremos uma força \vec{F} aplicada perpendicularmente a uma superfície com área A . Definimos a pressão (p) aplicada pela força sobre a área pela seguinte relação:

$$p = \frac{F}{A}$$

No SI , a unidade de pressão é o pascal (Pa) que corresponde a N/m^2 . A seguir apresenta outras unidades de pressão e suas relações com a unidade do SI :
 1 dyn/cm^2 (bária) = $0,1 \text{ Pa}$

$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ Pa}$

$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

$1 \text{ lb/pol}^2 = 6,9 \times 10^3 \text{ Pa}$

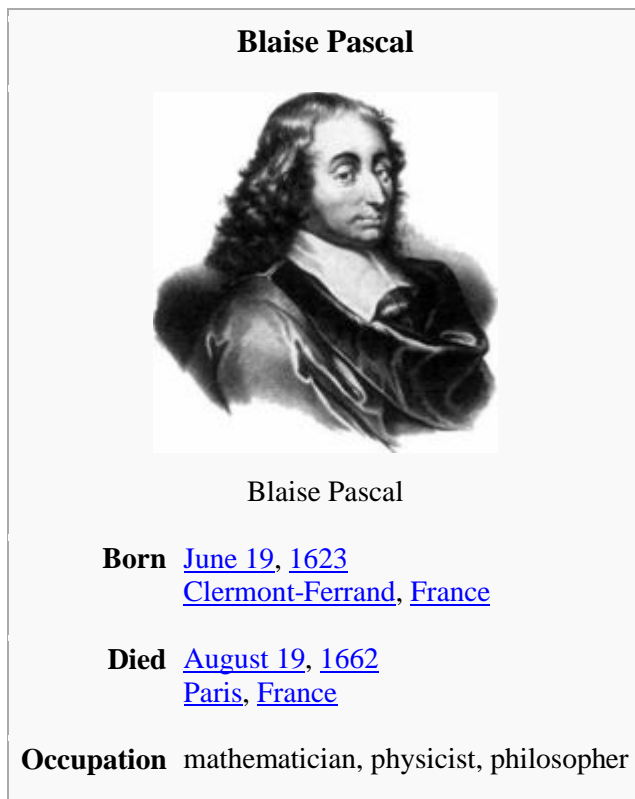
O conceito de pressão nos permite entender muitos dos fenômenos físicos que nos rodeiam. Por exemplo, para cortar um pedaço de pão, utilizamos o lado afiado da faca (menor área), pois, para uma mesma força, quanto menor a área, maior a pressão produzida.

d) Referência [6]

http://en.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal

Blaise Pascal

From Wikipedia, the free encyclopedia



Blaise Pascal (pronounced [blez paskal]), ([June 19, 1623](#) – [August 19, 1662](#)) was a [French mathematician](#), [physicist](#), and [religious philosopher](#). He was a [child prodigy](#) who was educated by his father. Pascal's earliest work was in the natural and applied [sciences](#) where he made important contributions to the construction of mechanical [calculators](#), the study of [fluids](#), and clarified the concepts of [pressure](#) and [vacuum](#) by generalizing the work of [Evangelista Torricelli](#). Pascal also wrote powerfully in defense of the [scientific method](#).

e) Referência [7]

Daniel Bernoulli

From Wikipedia, the free encyclopedia



Daniel Bernoulli

Daniel Bernoulli ([Groningen](#), [January 29, 1700](#) – [Basel](#), [March 17, 1782](#)) was a [Dutch-born mathematician](#) who spent much of his life in [Basel](#), [Switzerland](#). He worked with [Leonhard Euler](#) on the equations bearing their names. [Bernoulli's principle](#) is of critical use in [aerodynamics](#). It is applicable to steady, [inviscid](#), [incompressible flow](#), along a [streamline](#).

Born as the son of [Johann Bernoulli](#), nephew of [Jakob Bernoulli](#), younger brother of [Nicolaus II Bernoulli](#), and older brother of Johann II, Daniel Bernoulli was by far the ablest of the younger Bernoullis. He is said to have had a bad relationship with his father. Upon both of them entering and tying for first place in a scientific contest at the [University of Paris](#), Johann, unable to bear the "shame" of being compared to his offspring, banned Daniel from his house. Johann Bernoulli also tried to steal Daniel's book *Hydrodynamica* and rename it *Hydraulica*. Despite Daniel's attempts at reconciliation, his father carried the grudge until his death.

7. Comentários feitos pelo coordenador

Segue abaixo os comentários feitos pelo coordenador a respeito do projeto, bem como do relatório parcial a partir da página do TelEduc.

a) Sobre o projeto:

Projeto aprovado com a objeção de ser extremamente simples e inclusive não descreve o motivo da implosão da garrafa, no caso de esfriamento. Terá de apresentá-lo ao público em evento que faremos, e responder perguntas que farei sobre o fenômeno. Também experimentar o alcance do jato em função do diâmetro do furo, para o mesmo nível de altura na garrafa explicando porque é que ao apertarmos o bico de uma mangueira o jato vai mais longe, de acordo? (24/08/2006)

b) Sobre o relatório parcial (versão 1):

Objecções:

- Falta a foto de, ao menos o material, senão o experimento.
- O experimento com uma lata sendo esfriada é simples demais para não ter sido feito.
- Não realizou experimentos com furos na mesma altura e diferente diâmetro, como foi indicado. (03/10/2006)

Até o término deste relatório, o coordenador Professor José J. Lunazzi não opinou sobre o relatório parcial versão 2.