



**UNICAMP**  
Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin  
1º semestre de 2010

Disciplina: Tópicos de Ensino de Física – I ( F – 609)

## Relatório Parcial : Bomba d'água de Heron

Nome : Erivan Gonçalves Duarte  
[erivangd(a)gmail.com]

R. A. : 070741



Orientador : Mauro Monteiro Garcia de Carvalho  
[mauro(a)ifi.unicamp.br]

## **Índice**

- 1. Introdução**
- 2. Importância didática do trabalho**
- 3. Originalidade**
- 4. Descrição**
- 5. Montagem do experimento e dificuldades encontradas**
- 6. Descrição do experimento**
- 7. Declarações do Orientador**
- 8. Anexos**
  - 8.1 Fundamentação teórica do funcionamento da Bomba d'água**
  - 8.2 Material coletado na internet em 11/05/2010**
- 9. Referências Bibliográficas**
- 10. Pesquisa Realizada**

## 1.Introdução

Neste trabalho, montamos a bomba d'água de Heron (Figura 1), um dispositivo que permite levar água de um reservatório A até outro reservatório B em um ponto mais alto. Isso é possível devido à diferença de pressão entre o reservatório B e o reservatório A. Essa diferença é gerada pelo escoamento d'água em um terceiro reservatório C, que está isolado e ligado à A através de uma mangueira. Assim o funcionamento do experimento deve-se a dois fatores: a energia que você disponibiliza colocando a garrafa C sobre o suporte elevado (fornecendo energia potencial ao sistema) e a pressão atmosférica.

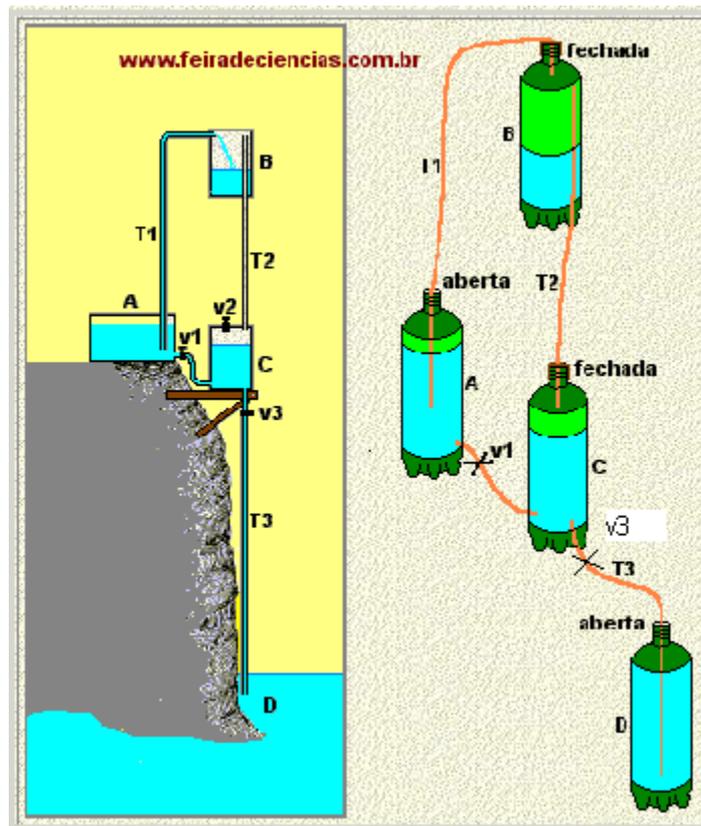


Figura1:Esquema de montagem da bomba d'água de Heron

## 2.Importância didática do trabalho

O trabalho destina-se à alunos do ensino médio, permite explorar os conceitos de energia potencial e cinética, conservação de energia, o conceito de pressão, bem como o princípio de Pascal que pode ser enunciado da seguinte forma: “os líquidos (de uma forma geral tratamos por fluidos) transmitem a pressão que recebem”<sup>3</sup>.

## 3.Originalidade

É possível encontrar uma breve explicação sobre o trabalho e sugestão de montagem no site feira de ciências<sup>2</sup>, no entanto o autor não menciona ter realizado o projeto.

## 4. Descrição

### Resumo

Neste experimento, ligamos quatro recipientes (garrafas pet), através de tubos. Devido aos diferentes níveis de altura dos recipientes temos uma diferença de pressão, que possibilita elevar a água de um reservatório A, até outro reservatório B, utilizando um reservatório intermediário C e um local para vazão de água D, em nível mais baixo, conforme mostrado na figura 1. O experimento se inicia quando a válvula v3 é aberta. A redução de pressão em C, devido ao escoamento d'água, também se dá em B que está ligado a C por tubos isolados, fazendo com que a água seja “puxada” de A para B.

### Descrição

Utilizando a figura 1, podemos descrever o funcionamento da bomba d'água de Heron:

1. A foto 2, mostra o experimento montado, como mostrado na figura 1, temos as garrafa A, B, C e D em diferentes níveis, os tubos que ligam estas garrafas e os prendedores que funcionam como válvula.
2. Inicialmente a garrafa C é parcialmente cheia e após abertura da válvula v1, temos um escoamento de água para a garrafa D, reduzindo assim a pressão na garrafa C, já que esta se encontra fechada. Na tampa de C também há um tubo com válvula, que possibilita comunicação com a garrafa A e permite o reabastecimento de C quando esta se encontra vazia.
3. A garrafa B está fechada e ligada a garrafa C, através de um tubo (T2), assim a redução de pressão em C é comunicada a B, gerando uma redução na pressão em B. Em B temos também um tubo, que pode ser aberto para liberar água quando a garrafa estiver cheia, além disso há um tubo que sai da tampa de B e permite uma ligação com a garrafa A.
4. A garrafa A está aberta e há um tubo (T1), abaixo do nível d'água, que vem da garrafa B, assim a redução de pressão em B é comunicada a A. Como a pressão em B torna-se menor que a atmosférica, temos um fluxo de água a partir de A, subindo pelo tubo T1 e chegando a garrafa B. Assim no final processo eleva-se a água de um reservatório A até outro B em nível mais alto. O funil que aparece na foto é utilizado para auxiliar no abastecimento da garrafa.

## 5. Montagem do experimento e dificuldades encontradas

Materiais Utilizados:

- 4 Garrafas plásticas com tampa
- Mangueira
- 3 bastões de madeira (75 cm) e 3 bastões de madeira (81 cm)

- 4 placas de madeira (81 cm x 10 cm)
- Prendedores de madeira
- Furadeira
- Morsa
- Funil

Para realizar a montagem furamos as garrafas e tampas (figura 3), de forma que a mangueira passa por esses orifícios e proporciona a vedação das garrafas. Os diâmetros da mangueira e dos orifícios são apresentados na tabela 1. Também foi preciso utilizar garrafas resistentes, pois devido à redução da pressão interna pode ocorrer deformação da garrafa, impedindo o bom funcionamento do experimento.

	orifícios	mangueira
Diâmetro (mm)	$7,0 \pm 0,1$	$7,3 \pm 0,1$

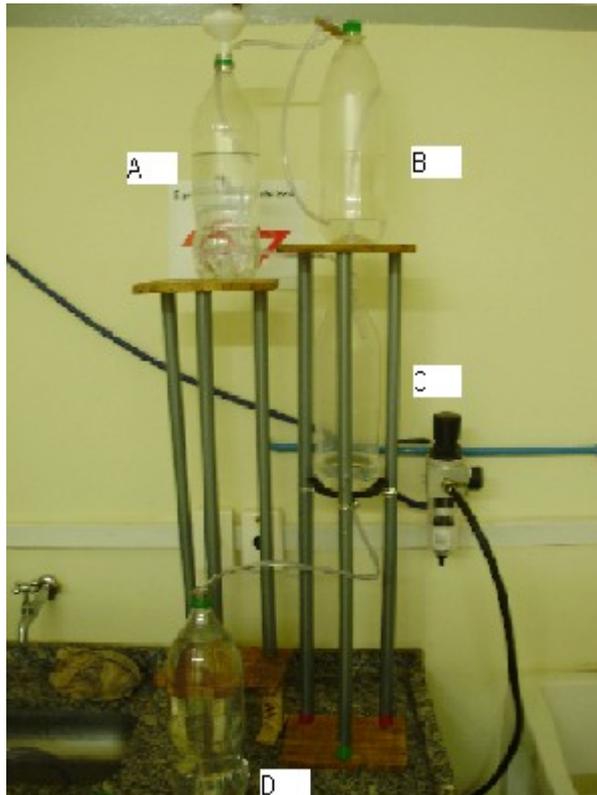
Tabela 1: Diâmetro dos orifícios e da mangueira



Foto 1 : Orifícios feitos na tampa da garrafa

Foto 2: Montagem

Montamos também os suportes de madeira para elevar as garrafas A, B e C (figura1), em relação a garrafa D, sendo:



Altura da garrafa A ( $H_A$ ) = 78 cm

Altura da garrafa B ( $H_B$ ) = 84 cm

Altura da garrafa B ( $H_B$ ) = 45cm

Utilizamos prendedores de madeira para interromper o fluxo de água nas mangueiras e permitir interromper o funcionamento do experimento a qualquer momento, além de um funil para facilitar o abastecimento da garrafa A. A montagem feita é mostrada na foto 2.

## 7. Declaração do orientador:

O meu orientador realizou os seguintes comentários:

Em relação ao projeto: Eu aprovo o projeto

Em relação ao relatório parcial : O Trabalho está se desenvolvendo normalmente, mas o relatório tem que ser melhorado.

Em relação ao relatório final: O relatório está bom e reflete bem o trabalho realizado.

## 8. Anexos

### 8.1 Fundamentação teórica do funcionamento da Bomba d'água

Considerando que a água se comporta como um fluido ideal, isto é, de viscosidade nula, demonstraremos teoricamente o funcionamento da fonte.

Tomando a situação em que a bomba já está em funcionamento e tomando como referência a saída do tubo T1 (ST1), a superfície de nível d'água do frasco C (SC), a superfície de nível d'água do frasco D (SD) e a superfície de nível d'água do frasco A (SA), temos a partir da equação de Bernoulli

Para C e D:

$$P_{SC} + rgh_3 + \frac{1}{2}r(v_c)^2 = P_{ATM} + \frac{1}{2}r(v_D)^2,$$

onde  $P_{SC}$  é a pressão em SC

$P_{ATM}$  é a pressão atmosférica

$r$  é a densidade da água

$g$  é a aceleração gravitacional

$h_3$  é a diferença de altura entre SD e SC

$v_c$  é a velocidade do nível da água em SC

$v_D$  é a velocidade do nível da água em SD

Assim temos:

$$P_{SC} = P_{ATM} - rgh_3 + \frac{1}{2}r(v_D)^2 - \frac{1}{2}r(v_c)^2,$$

Considerando que os diâmetros internos de C e D são iguais, temos:

$$v_c = v_D \quad (1)$$

$$P_{SC} = P_{ATM} - rgh_3 \quad (2)$$

logo a pressão em C é menor que a pressão atmosférica.

Para ST1 e SA temos:

$$P_{ST1} + rgh_1 + \frac{1}{2}r(v_{ST1})^2 = P_{ATM} + \frac{1}{2}r(v_A)^2,$$

Temos também  $P_{SC} = P_{ST1}$ , pois C e B estão fechados e são ligados por T2, logo:

$$rgh_1 - rgh_3 + \frac{1}{2}r(v_{ST1})^2 = \frac{1}{2}r(v_A)^2,$$

Considerando um fluxo constante de água temos:  $A_{ST1}v_{ST1}/A_A = v_A$ , Dessa forma:

$$v_{ST1} = [2.(A_A^2 - A_{ST1}^2)(h_3 - h_1)/A_A^2]^{1/2}, \quad (3)$$

onde  $h_3 > h_1$ .

## 8.2 Material coletado na internet

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07\\_25.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_25.asp)

### Introdução

Com tal montagem você conseguirá facilmente um jato de água de 50 cm de altura, de modo contínuo, por mais de 20 minutos, usando apenas como energia inicial, o trabalho de colocar uma garrafa cheia de água numa plataforma elevada. A fonte de Heron (e suas variantes) é o que apresentaremos nesse trabalho.

#### Material

a) 3 placas quadradas, de madeira (A, B e C), com espessura de 0,5 cm e lados de 15 cm;

b) 2 sarrafos (D e E) de 1 cm de espessura, 5 cm de largura e 150 cm de comprimento.

Veja em (a,b), das ilustrações, a montagem dessas peças, formando a "prateleira" de 3 patamares A, B e C. A placa A apresenta um orifício central de 3 cm de diâmetro.

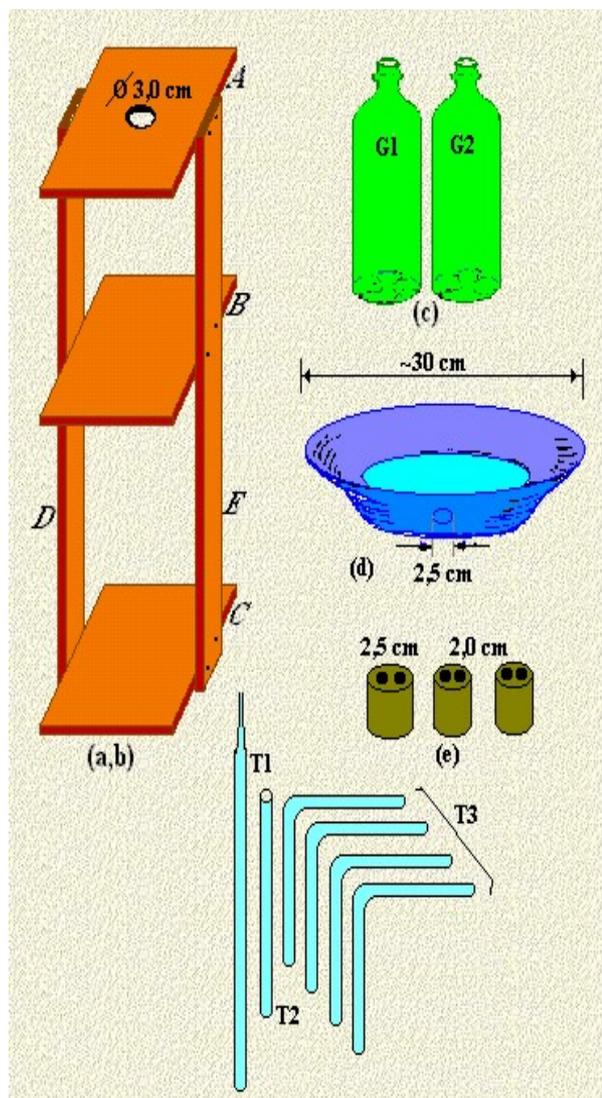
(c) 2 garrafas de refrigerante (G1 e G2) tipo "Big", em plástico, com capacidades de 2 litros. Garrafões de 3l ou 5l também servem; o inconveniente é que, em geral, têm boca por demais estreitas.

(d) 1 bacia de plástico (BP), redonda, com diâmetro de cerca de 30 cm, com um furo central em seu fundo, com diâmetro de 2,5 cm. Forma de "pizza" ou de bolo também servem.

(e) 3 rolhas de borracha ou cortiça dura, com dois furos cada: uma (a grande - R1) que se adapte ao furo da bacia e ao orifício da plataforma A e as outras duas (R2 e R3) que sirvam para as bocas das garrafas plásticas ou garrafões. Todos os furos nas rolhas devem permitir a passagem (apertada) de tubos de vidro de 6 ou 7 mm de diâmetro externo.

(f) 1 tubo de vidro (6 mm) com uma das extremidades afunilada e cerca de 15 cm de comprimento (T1) ; 1 tubo de vidro reto com cerca de 8 cm de comprimento (T2) ; 4 tubos de conexão em L (cotovelos em 90 graus), com pernas de 5 cm de comprimento (T3). Os tubos de vidro, comuns em laboratórios de química, com alguma perícia para trabalhá-los sobre o bico de Bunsen, resolvem essa parte do

#### Ilustração do material



material necessário.

(g) 2,5 metros de "tripa de mico" (TM) (látex) ou tubo plástico flexível (mangueirinha) de diâmetro interno igual ou ligeiramente menor que o diâmetro externo dos tubos de vidro.

## Montagem

1) Na rolha grande (R1) passe os tubos (T1) e (T3); numa das pequenas (R2) passe os tubos (T2) e (T3) e na última (R3) passe os dois tubos restantes (T3).

2) Cole o fundo da bacia na plataforma A, com os furos coincidindo. Após secagem, pela face inferior de A, introduza a rolha grande (R1) no furo, até parte da rolha sobressair no fundo da bacia. No ramo horizontal do cotovelo (T3) adapte um tubo de plástico transparente ou "tripla de mico" (TM).

3) Na rolha que vedará a garrafa superior (R2) (já com seus tubinhos de vidro), coloque pequenos pedaços de tubo flexível (látex ou tripa) nas extremidades do tubo reto. Na conexão plástica desse tubo reto, adapte um tubo de vidro que chegue até o fundo da garrafa.

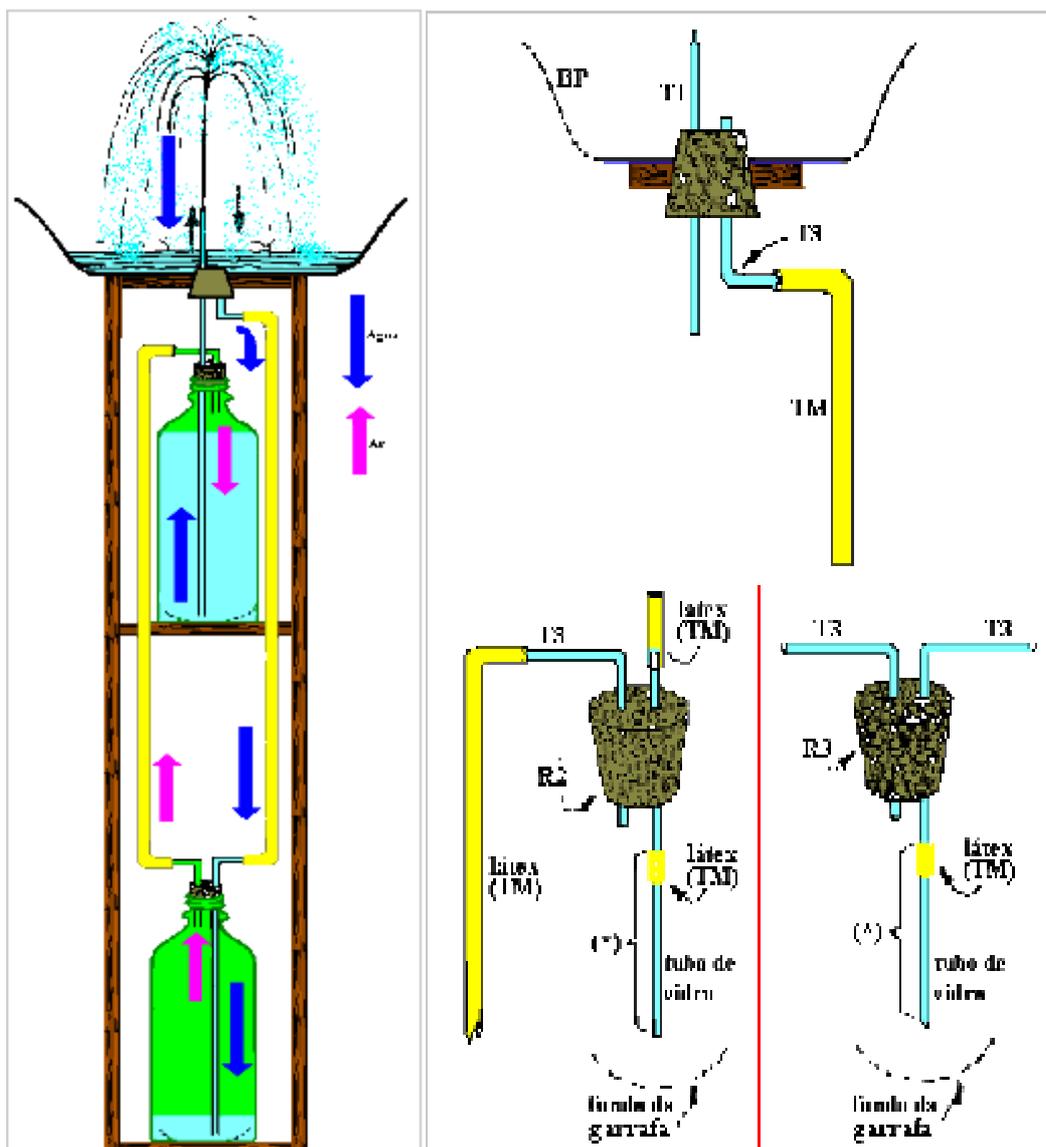
Você pode substituir esse tubo de vidro por um tubo plástico flexível que chegue até o fundo da garrafa. Faça o mesmo com um dos tubos de vidro da garrafa inferior.

4) Fase final: Coloque água até o gargalo na garrafa superior e adapte sua rolha bem firme (não pode vazair ar). Coloque essa garrafa na plataforma B e encaixe o tubinho de látex (TM) na extremidade inferior do tubo de vidro afunilado da bacia.

Com a tripa de mico (ou mangueirinha), ligue o cotovelo da garrafa superior (T3) com o cotovelo (T3, da esquerda) da garrafa inferior. Essa é a hora certa de você ajustar o comprimento correto da "mangueirinha", antes de corta-la definitivamente. Adapte a mangueirinha que vem da bacia ao cotovelo (T3, da direita) da garrafa inferior. Esse é o cotovelo que tem a tal emenda que vai até o fundo da garrafa.

5) Com a garrafa de cima cheia de água, para funcionar, basta colocar um pouco de água na bacia, até cobrir a boca do tubo (T3) que deve sobressair ligeiramente da rolha.

Dai para a frente a "coisa" funciona por "conta própria".



**Figura 3 : Montagem da fonte de Heron**

Nota: Com certa perícia e boa cola, as rolhas das garrafas podem ser substituídas pelas próprias tampas plásticas dessas garrafas.

Para boa rigidez do sistema recomenda-se usar "durepoxi". Vide modo de usar na própria embalagem.

### **Funcionamento**

A energia inicial para o funcionamento do sistema foi dada quando você colocou a garrafa na prateleira de cima. Com isso ela adquire energia potencial em relação à garrafa de baixo. Essa energia potencial inicial mais a pressão atmosférica manterão o funcionamento até que se esgote a água da garrafa superior.

A água colocada na bacia, penetra na mangueira e vai até a garrafa inferior, comprimindo e forçando a saída de ar dessa garrafa, pela outra mangueirinha. O ar que dela sai, entra na garrafa superior, via (TM), aumentando a pressão nos pontos do interior dessa garrafa. Isso força a água a subir pelo tubo central e a jorrar pelo tubo afunilado.

A água que jorra, cai na bacia (por isso a bacia deve ser suficientemente larga para recolher essa água), entra na mangueira e vai para a garrafa inferior, forçando mais saída de ar.

E o processo continua até que toda a água da garrafa superior passa para inferior, via bacia. Depois, é só afrouxar as rolhas e trocar as garrafas de posição (cheia em cima, vazia em baixo).

Vale a pena ver isso funcionar!

### Variações de montagem

As montagens I, II e III são equivalentes. As partes básicas são: A - plataforma; B - reservatório superior; C - reservatório inferior; 1, 2 e 3 - tubos de vidro (ou plástico) e Líquido = água + corante.

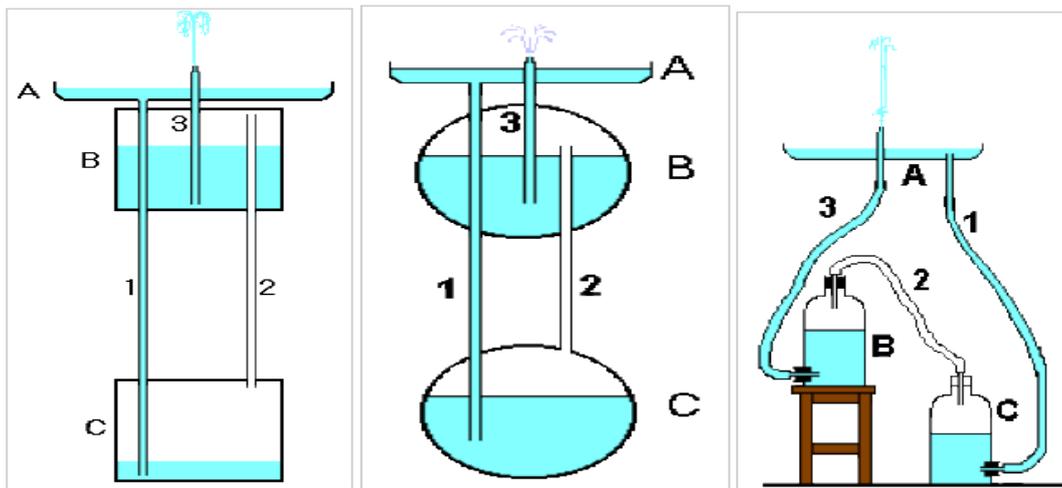


Figura 4 : Variações de montagem

As montagens acima foram feitas em vidro (frascos para aquário e globos). Os suportes de madeira não são mostrados.

Na **Figura 4** usou-se de garrações de laboratório de química com abertura próxima ao fundo (frascos para decantação). Isso também pode ser feito com garrafas plásticas de 2 litros, com furos próximos às suas bases.

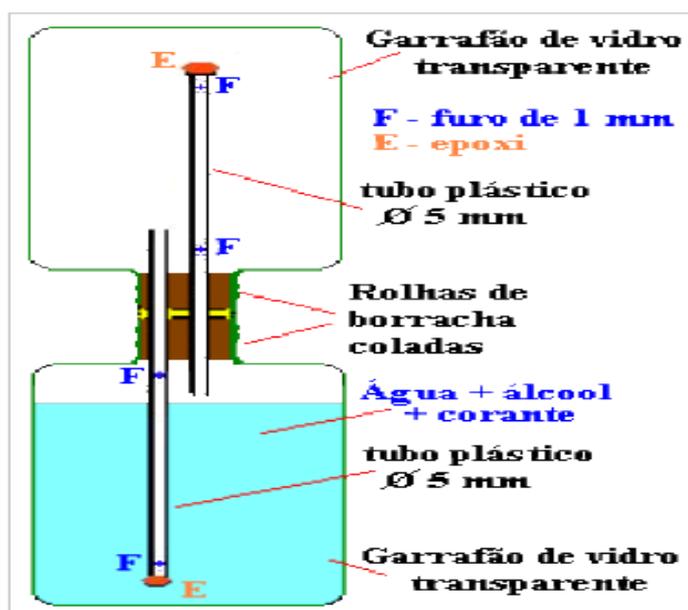
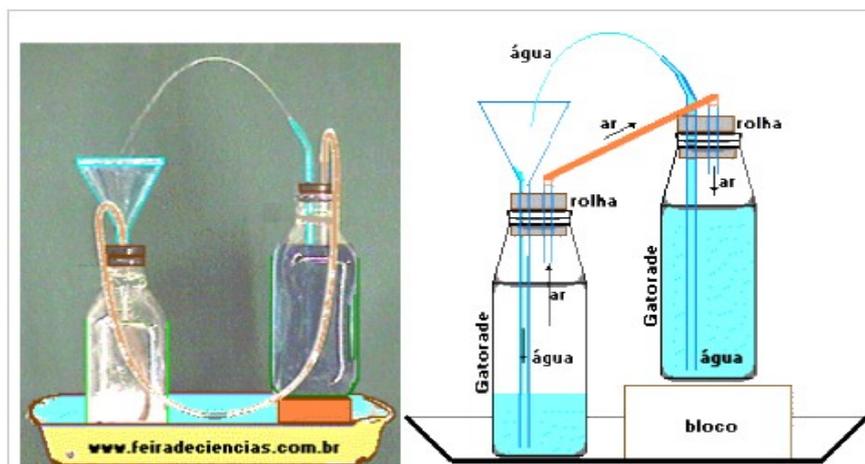


Figura 5 : Montagem da Fonte de Heron utilizando Garração de Vidro

Na **Figura 5** temos uma montagem estanque (nada se comunica com a atmosfera). Os tubos de plástico devem ter uma de suas extremidades (E) vedadas com massa epoxi (durepoxi). Em cada tubo, nas posições indicadas, devem ser feitos furos (F) de diâmetro 1 mm. O líquido é uma mistura de água e álcool (20 ml de álcool para cada litro de água) com algum corante orgânico. Para reiniciar o funcionamento basta girar todo o sistema.

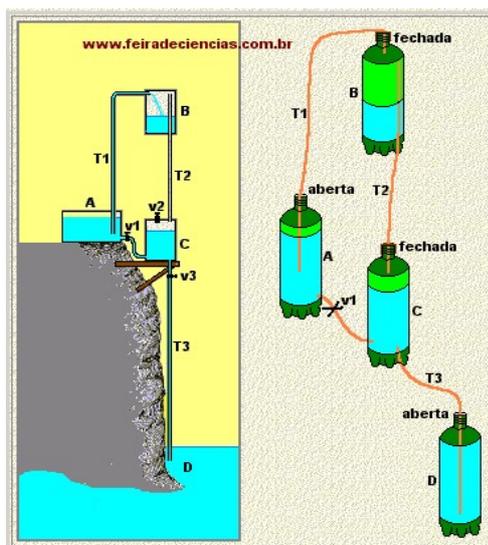
### Versão com garrafas de Gatorade®



**Figura 6:** Montagem da fonte de Heron com garrafas de Gatorade®

### A bomba d'água de Heron

A técnica de funcionamento da fonte de Heron pode ser útil para elevar água desde um reservatório A até outro reservatório B, utilizando um reservatório intermediário C e um local para vazão de água D, em nível mais baixo. Analise a ilustração da esquerda na figura abaixo e descreva o funcionamento. Percebeu que o tubo T3 deve ser algo mais comprido que o tubo T1? A ilustração à direita é uma sugestão prática para exibir o projeto em Feira de Ciências (não esqueça,  $T3 > T1$ ).



**Figura 7:** Bomba d'água de Heron

#### 9.4 Referências Bibliográficas

- [1] HALLIDAY, R.; RESNICK, R. Fundamentos da Física. v. 2, 4. ed, Rio de Janeiro, 1984.  
[2] NUSSENZVEIG, M. Física Básica, v.2, 4 ed, Editora LTC, 2002  
[3] GREEF, Física 1: Mecânica, v.1, 7 ed., p.179, Editora da Universidade de São Paulo,

2002.

#### 9.5 Pesquisa Realizada

A busca na internet valeu-se das seguintes palavras-chave:

–Fonte de Heron

[1][http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2006/JoseR-Cerdeira\\_F809\\_RF.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2006/JoseR-Cerdeira_F809_RF.pdf)

Artigo didático sobre a montagem de uma Fonte de Heron com materiais de baixo custo, também há uma discussão teórica e experimental a respeito da velocidade de escoamento da água da fonte.

[2][http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07\\_25.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_25.asp)

Este site apresenta vários experimentos que podem ser montados com materiais de baixo custo, nele encontramos várias possibilidades de montagem para Fonte de Heron e também um esquema para montagem da Bomba d'água de Heron

–Duplo chafariz

[3][http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2007/LaylaC-Mario\\_RF2.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2007/LaylaC-Mario_RF2.pdf)

Artigo didático sobre a montagem de um duplo chafariz com materiais de baixo custo, que tem um esquema de montagem semelhante à Fonte de Heron.