



# 8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:  
do saber acadêmico à prática social"



## Eficiência do Carneiro Hidráulico para bombeamento de água.

Tallis José Cardos de Oliveira, UNESP, Campus Guaratinguetá,

E-mail: tallisjose@gmail.com, Bolsista BAAE I, Orientador: Prof. Dr. Teofilo Miguel de Souza.

**Eixo 3:** "Novas Tecnologias: Perspectivas e Desafios" (inclui as áreas de: Tecnologia, Trabalho, Espaços Construídos, Geração de Renda e Tecnologia Social).

### Resumo

Este trabalho apresenta o dimensionamento de um carneiro hidráulico para bombeamento de água em zonas rurais utilizando baixa, média e alta queda de água, e seus respectivos volumes necessários para que o equipamento opere de forma eficiente.

**Palavras Chave:** *Carneiro hidráulico, Golpe de Aríete, bombeamento.*

### Abstract:

This paper presents the design of a hydraulic ram for pumping water in rural areas using low, medium and high waterfall, and their respective volumes necessary for the equipment to operate efficiently.

**Keywords :** *Hydraulic Ram, Ram Blow ,Pumping.*

### Introdução

O carneiro hidráulico ou bomba de aríete é um equipamento utilizado para bombear água sem a necessidade de energia elétrica, ou outras fontes de energias fósseis, funciona de forma automática com aproveitamento do golpe de aríete resultante do fechamento abrupto da válvula de impulso. Seu uso é destinado a locais onde exista uma quantidade de água suficiente para fazê-lo funcionar e que possa ser consumida, seja para irrigação ou para consumo humano. Por ser uma máquina muito simples pode ser adquirida no mercado ou pode ser construído de forma artesanal, consiste de um tubo de escoamento ou alimnetação, uma válvula de impulso, uma válvula de recalque, uma câmara de ar e um tubo de recalque no qual a água é direcionada ao reservatório de consumo. (Anexo 1)

### Objetivos

O objetivo deste artigo é de como calcular e dimensionar a bomba de aríete demonstrando três situações que foram estudadas, baixa, média e alta vazão, a eficiência deste equipamento relacionando as possíveis situações em que ele pode ser utilizado, comparando seu rendimento com sua vazão final ao qual será utilizada para consumo. Qual a vantagem de utilizar este equipamento comparado ao custo uma bomba elétrica e a viabilidade econômica de sua instalação.

### Material e Métodos

O tamanho do carneiro hidráulico deve ser determinado de acordo com a vazão necessária para atender a demanda de consumo, e a quantidade de água disponível para captação na propriedade.

Para dimensionar o equipamento, deve-se obter alguns dados da propriedade, que são a altura de queda, a altura de saída, a vazão de água na qual será instalado o tubo de escoamento, ou tubo de entrada; e o volume médio de água consumido em um dia, iremos utilizar como exemplo uma propriedade rural descrita na tabela 1.

Tabela 1- Consumo de água em litros por dia

Consumidor	Litros/dia	Quantidade	Total Lit./dia
Pessoas	100	10	1000
Suínos	15	0	0
Aves	0,3	15	4,5
Bovinos	150	0	0
Equinos	40	1	40
Arvores	200	10	2000
Hortas	5	40	200
<b>Total / Dia</b>			<b>3244,5</b>

A Tabela 1 mostrou o consumo de uma propriedade com demanda de consumo de 3244,5 litros de água por dia.



# 8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:  
do saber acadêmico à prática social"



Para se determinar a altura de queda e altura de saída pode-se adotar um dos seguintes métodos: - Com uma mangueira transparente, preenchida com água, mede-se o nível da parte mais alta com relação a parte mais baixa, a altura da parte mais baixa onde será instalado o equipamento até onde marcar o nível da água será a altura de queda. - outro método simples seria utilizar um nível, uma régua e uma linha para construção, procedendo da seguinte maneira, marca-se uma estaca ou uma barra reta de aproximadamente um metro e meio, e a linha é amarrada na sua marcação, a linha é esticada até o ponto em que o nível esteja perfeitamente na horizontal com a linha em paralelo ao nível, podendo marcar o ponto onde será fixada uma nova estaca para repetir o procedimento e assim somar todas as alturas obtidas, esse procedimento pode ser utilizado para quedas acima de cinco metros.

Outro dado necessário é a vazão disponível para captação, que pode ser obtida da seguinte maneira: - com um cronômetro e um recipiente de volume conhecido, canaliza-se a água até um ponto onde a mesma possa ser coletada, com o cronômetro mede-se quanto tempo é necessário para encher o recipiente, o procedimento deve ser repetido por pelo menos três vezes para se obter uma média do tempo. Também pode-se obter a vazão da seguinte forma caso o local seja um riacho com grande volume de água: - medem-se as laterais e a profundidade em uma região com comprimento pré estabelecido, e com as margens retas e fundo uniforme, no início do trecho marcado coloca-se um objeto flutuante e com o cronômetro mede-se o tempo que o objeto leva para chegar ao final do percurso, com o tempo e o volume determinados estabelecemos a vazão, que deve ser dada em litros por minutos obtida pela equação 1:

$$\text{Vazão} = (\text{Volume} / \text{tempo}) \quad [1]$$

O volume médio de água consumido em um dia é a quantidade de água necessária para determinar o tamanho do reservatório onde será armazenada a água, e deve ser calculado multiplicando a quantidade de indivíduos pela quantidade de água que cada um consome diariamente e depois somando todos os valores, com esse resultado pode-se determinar o tamanho do reservatório necessário para manter a propriedade abastecida. Com esse volume total, podemos determinar a demanda em litros por minuto, dividindo esse valor por mil quatrocentos e quarenta, que corresponde a quantidade de minutos que há em um dia:

$$\text{Demanda} = (\text{Volume total})/1440$$

Com os dados da propriedade podemos determinar a relação de aproveitamento, o rendimento, o comprimento e a vazão do tubo de entrada de água necessária para o melhor funcionamento do equipamento, e por fim o tipo de carneiro a ser utilizado.

A relação de aproveitamento é obtida da razão entre a altura de entrada e a altura de saída:

$$\text{Relação de aproveitamento} = (\text{Altura de entrada} / \text{altura de saída})$$

Com esse valor verificar na tabela 2 o rendimento correspondente.

Tabela 2- Coeficiente R de acordo com a relação de alturas

Proporção (h/H)	coeficiente R
1/2	0,84
1/3	0,80
1/4	0,76
1/5	0,72
1/6	0,67
1/7	0,62
1/8	0,56
1/9	0,50
1/10	0,43
1/11	0,36
1/12	0,30

A tabela 2 apresentou o coeficiente para cada relação de altura correspondente. Os valores desta tabela são estimados, pois o rendimento real varia conforme a montagem do equipamento, e qualidade dos materiais utilizados.

Obs.: Caso a relação seja inferior a 1/10, não é recomendada a utilização de carneiro, pois não há a vazão na saída.

A vazão de entrada mínima necessária para atender a demanda é calculada pela equação 2:

$$\text{Vazão de entrada} = (\text{Demanda} / \text{rendimento}) * (\text{Altura de saída} / \text{Altura de queda}) \quad [2]$$

A vazão é em litros por minuto, ao qual o carneiro é selecionado a partir de sua vazão de entrada conforme o fabricante, alguns modelos podem ser verificados na tabela 3.



Tabela 3-Escolha do número do carneiro

Modelo Nº	Especificação da tubulação		
	Vazão de entrada	Ø Entrada	Ø Saída
2	3 a 11 L/min	3/4"	3/8"
3	7 a 15 L/min	1"	1/2"
4	11 a 26 L/min	1 1/4"	1/2"
5	22 a 50 L/min	2"	3/4"
6	70 a 120 L/min	3"	1 1/4"

A tabela 3 indicou os números dos carneiro disponíveis no mercado e os respectivos diâmetros dos tubos de entrada e saída que devem ser utilizados para instalação e montagem do equipamento.

Para que o equipamento tenha uma melhor eficiência, fixamos um valor de comprimento mínimo da tubulação, esse comprimento possibilita que o fluido ganhe velocidade para que o impulso seja maior quando a válvula se fechar, fazendo com que uma maior quantidade de água suba até a câmara de ar pela válvula de recalque. Podemos determinar o comprimento mínimo da tubulação de entrada pela equação 4:

$$\text{Comprimento de entrada} = [(H/h) \times 0,3] + H \quad [4]$$

Onde (H) é a altura de saída, e (h) é a altura de entrada; adiciona-se a razão entre as alturas, trinta por cento a fim de estabelecer um coeficiente de segurança para uma maior eficiência,

Com relação ao tubo de saída, seu comprimento deve ser de no máximo dez vezes o comprimento de entrada, e seu diâmetro assim como no tubo de entrada também estão dimensionados pelos fabricantes como visto nas duas últimas colunas da tabela 2, segundo recomendação dos fabricantes.

Os preços das bombas de aríete e bombas elétricas encontradas na região do vale do Paraíba estão demonstrados na tabela 4.

Tabela 4

Carneiros Hidráulicos	
Preço	
Nº2	R\$ 560,00
Nº3	R\$ 765,00
Nº4	R\$ 854,00
Nº5	R\$ 1.090,00
Nº6	R\$ 1.970,00

A Tabela 4 informa os preços dos carneiros hidráulicos pesquisados no mês de agosto de 2015.

Comparado ao preço de uma bomba submersa simples como por exemplo: Anauger 900 450W-220V, vazão de saída 14 L/min, preço R\$400,00 em média que atende igualmente a um carneiro Nº 2, que não exige custos de instalação elétrica, além de a esse valor adicionar-se o custo do consumo de energia mensal.

O carneiro feito artesanalmente tem um custo de aproximadamente R\$80,00, mais os valores dos tubos e reservatórios, sua construção é feita com uma válvula de poço, uma válvula de retenção e garrafa pet, e pode ser utilizado caso o carneiro dimensionado esteja próximo ao modelo Nº2; nos dois casos, tanto o modelo comercial quanto o carneiro artesanal possuem uma durabilidade alta, muitos podem funcionar por anos, e sua manutenção se deve a limpezas periódicas, o que torna efetivo o custo benefício do equipamento.

## Resultados e Discussão

Nos testes realizados pôde-se verificar que a rigidez e tenacidade do tubo também colaboram com o rendimento do bombeamento, caso o tubo de entrada seja flexível, ele absorverá o impulso, e o fluxo de água para dentro da câmara de ar é reduzido. Quanto ao tipo do material do tubo de saída, não houve interferência no rendimento.

Esse equipamento possui uma perda de água durante seu funcionamento, o volume de água que sai pela válvula de impulso corresponde a porcentagem mostrada na segunda coluna da tabela 2 de rendimento. O custo de um carneiro hidráulico é inferior ao de uma bomba elétrica, como pode ser visto na descrição da tabela 3, utilizada para bombear a mesma quantidade de água, porém a quantidade de água disponível deve ser levada em conta, para que seja aplicável o uso do equipamento. O uso deste equipamento é limitado pelo local de instalação, que também deve ser levado em conta. Assim como o fato de que o tubo de entrada deve ficar submerso para que não haja entradas de ar, pois implica diretamente em seu funcionamento.

Para pequenas quedas, foi observado que o fluxo de água que é bombeado é inferior aos demais, para o caso em que a queda era de um metro de altura, seu rendimento era de vinte e seis por cento, enquanto que para uma queda de três metros seu



# 8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão: do saber acadêmico à prática social"



rendimento foi de vinte e sete por cento, para altura de queda de cinco metros o rendimento foi de vinte e nove por cento, calculado com a vazão obtida nos experimentos, como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5 – Altura de queda, vazões e rendimento

Altura de queda	Vazão de saída	Rendimento
1 m	0,95 L/min	26,1%
3 m	1,52 L/min	27,4%
5 m	1,74 L/min	29,2%

A tabela 5 mostrou as três vazões com suas respectivas alturas, sendo que o experimento foi feito utilizando uma altura de recalque fixa de dez metros.

## Conclusões

Este trabalho foi desenvolvido para incentivar o uso deste tipo de equipamento, demonstrando como dimensionar o equipamento e o custo benefício da sua instalação. Com os experimentos feitos

pode observar sua eficiência e suas limitações, que seu rendimento pode ser otimizado, de forma em que a relação de alturas seja inferior a  $\frac{1}{2}$  seu rendimento permanece abaixo de trinta por cento portanto a viabilidade de sua instalação é indicada para zonas rurais que necessitem de irrigação constante, pois o seu custo de instalação é inferior ao de outras bombas com o benefício de não causar nenhum dano ao meio ambiente.

## Agradecimentos

Aos membros do Centro de Energia Renováveis da Unesp, Guaratinguetá, a bolsa BAAE I pelo suporte financeiro.

**CERPCH** – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos, site [www.unifei.edu.br](http://www.unifei.edu.br) acesso em 10/08/2015

**AZEVEDO NETTO, J. M. et al.** Golpe de aríete. Transiente hidráulico. In: \_\_\_\_. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. p.325-338.

**SOMAIYA. Hydrampumps**. 2004. Disponível em: <<http://www.somaiya.edu/projects/hydramp.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2015

## Anexo 1

