

CARNEIRO HIDRÁULICO COM GARRAFA PET

Denis Cesar Cararo¹, Flavio A. Damasceno², Greta Griffante², Livia A. Alvarenga²

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar um carneiro hidráulico construído com conexões roscáveis de PVC roscáveis e metálicas e garrafa de polietileno tereftálico (PET). O estudo foi realizado no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Lavras, MG. Testaram-se tamanhos de câmaras de ar (0,6 e 2,5 L), diâmetros de furos da tampa da garrafa (5, 15 e 25 mm), tipos de garrafa plástica (descartável de guaraná e descartável e retornável de refrigerante de cola), e posições da válvula de escape (vertical e horizontal), a diferentes pressões de recalque (48,39 a 483,92 kPa), a cada 48,39 kPa. O desnível do reservatório de alimentação ao carneiro hidráulico foi mantido constante a 4,36 m. Os resultados indicaram que a combinação de características construtivas que possibilitam melhor rendimento, maior vazão recalçada, menor vazão de alimentação e menor desperdício, foi o uso de garrafa PET descartável ou retornável com capacidade de 0,6 L, válvula de escape na horizontal e tamanho de furo de 25 mm na tampa da garrafa.

PALAVRAS-CHAVE: avaliação hidráulica, golpe de aríete, garrafa descartável

1 INTRODUÇÃO

Segundo Horne & Newman (2005), o carneiro hidráulico apresenta, como vantagens, a não necessidade de fontes externas de energia, tais como os combustíveis derivados de petróleo ou energia elétrica, a manutenção e a operação simples, não exigindo mão-de-obra qualificada, o custo de aquisição e/ou montagem relativamente baixos e a possibilidade de uso durante 24 h por dia recalçando água sem emissão de poluentes ou gases. Como desvantagens, Abate & Botrel (2002) e Carvalho (1998) apontam que a eficiência é determinada pelas condições locais, o golpe de aríete produz ruído, há necessidade de queda d'água e utilização de água limpa, além de recalcar somente uma pequena fração da vazão disponível na alimentação.

Considerando a escassez de recursos financeiros em uma propriedade, é possível fabricar carneiros hidráulicos de maneira não industrial, utilizando-se tubo de PVC (Barreto & Lima, 1997), madeira e PVC (Silva & Rêda, 1991) ou com peças metálicas e garrafas de polietileno tereftálico, também conhecida como PET; essas garrafas têm sido largamente empregadas na substituição de alguns materiais no meio rural, podendo-se observar, em pesquisas, tais como o reuso em tubulações para sistemas de irrigação de baixa pressão (Mapurunga et al., 2003) e a desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando-se energia solar (Paterniani & Silva, 2005) e, no aspecto proposto, como alternativa à câmara de ar em carneiro hidráulico, cujo material é usualmente de ferro fundido (CERPCH, 2002).

O equipamento deve ser instalado 1 a 9 m abaixo do manancial (Carvalho, 1998); usualmente, a fonte de energia do carneiro hidráulico é esta altura de queda d'água que, em geral, é produzida artificialmente por meio de pequena barragem.

¹Docente do CESUMAR. Departamento de Agronomia e Gestão de Agronegócios do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – PR. Professor da Universidade Federal de Lavras no período desta pesquisa. deniscesar@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrícola

Durante o funcionamento a água que chega ao carneiro hidráulico sai por uma válvula externa até o momento em que se atinge determinada velocidade, ocasionando um fechamento repentino e uma sobre-pressão que possibilita a elevação da água, fenômeno conhecido como golpe de aríete (Azevedo Netto & Alvarez, 1988) o qual se repete continuamente em ciclos de 20 a 100 vezes por minuto, dependendo da vazão de alimentação (Jennings, 1996), recalcando a água de maneira intermitente.

Segundo Azevedo Netto & Alvarez (1988), os aparelhos de fabricação brasileira são operados com vazões de 5 a 150 L min⁻¹, elevando 0,17 a 1,67 L min⁻¹. Para carneiros de PVC, a alimentação pode chegar a 8,33 L min⁻¹, conforme a altura de recalque (Barreto & Lima, 1997). CERPCH (2002) relata que, para o carneiro fabricado com garrafa PET, a altura de elevação deve ser 2 a 8 vezes a altura de queda do manancial, de acordo com o diâmetro do tubo de entrada e de saída.

Quanto ao rendimento do carneiro hidráulico e segundo Zárate Rojas (2002), o mesmo depende principalmente da relação da altura de queda do reservatório de alimentação até o carneiro hidráulico e altura de elevação do aparelho ao reservatório superior e, ainda, da perfeição com que é fabricado o aparelho. Azevedo Netto & Alvarez (1988), afirmam que o rendimento varia entre 20 e 70%. De acordo com CERPCH (2002), o rendimento do carneiro hidráulico fabricado com garrafa PET está entre 30 e 60%.

De forma análoga ao ferro, deve-se atentar para o fato de que, por serem mais rígidas e resistentes, as garrafas retornáveis, apresentariam menor atenuação ao golpe de aríete e, assim, melhor rendimento que as descartáveis. Em grande parte, as garrafas de refrigerantes de cola, retornáveis ou descartáveis, apresentam relativa resistência, haja vista que, usualmente, suportam pressões internas próximas a 200 kPa exercidas pelo refrigerante.

O carneiro hidráulico fabricado com garrafa PET é um aparelho relativamente recente, com pouca informação e de grande importância nas situações mencionadas; ele requer estudos que melhorem seu desempenho por mudanças em suas características construtivas e quantifiquem sua vazão de alimentação, de recalque, desperdiçada, e rendimento, dados esses inexistentes e de interesse fundamental ao usuário.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as características hidráulicas de um carneiro hidráulico construído com garrafa PET para diferentes variações construtivas, com a finalidade de recomendar a combinação de melhor desempenho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O carneiro hidráulico fabricado conforme a Figura 1 é um equipamento cujas peças roscáveis têm diâmetros internos de 19,05 e 25,4 mm, as quais são: câmara de ar de garrafa PET (1), tampa da garrafa com furo (2), luva de redução de PVC roscável (3), niple de PVC roscável (4 e 14), tê de PVC roscável (5), redução de PVC roscável (6 e 9), adaptador para tubulação de recalque (7), válvula de retenção metálica (10), niple galvanizado (11), tê galvanizado (12), cotovelo de PVC roscável (13), válvula de poço metálica (15), parafuso com cinco porcas e uma arruela (19, 16, 20 e 17), além de mola do acionador da válvula de descarga para vaso sanitário (18) (CERPCH, 2002).

O modelo com garrafa PET apresenta diferenças quanto a construção, em relação à modelos comerciais e PVC, cujas características estão descritas em Abate & Botrel (2002) e Barreto & Lima (1997), respectivamente, porém sua instalação (Figura 2A) ocorre de maneira similar à dos demais modelos atualmente existentes.

Como reservatório de alimentação utilizou-se um tanque de concreto com capacidade para 1,5 m³, cujo nível de água foi mantido constante a um desnível de 4,36 m em relação ao nível do carneiro hidráulico.

A partir do reservatório, a água era conduzida por uma tubulação de aço galvanizado de 50 mm, correspondente à tubulação de alimentação do equipamento, enquanto a água

recalcada foi derivada para uma tubulação de polietileno com 12,7 mm de diâmetro interno e sua vazão medida pelo processo volumétrico usando uma proveta com capacidade para 0,5 L e cronômetro; o registro de gaveta foi instalado próximo a um manômetro digital com precisão de 9,68 kPa com a finalidade de medir as diferentes pressões de recalque.

Grande parte da água não recalcada era coletada com uma caixa de concreto na qual foi instalado o carneiro hidráulico (Figura 2B); a vazão de alimentação era definida pelo processo volumétrico, utilizando-se balde calibrado com capacidade para 10 L, pela relação da soma do volume não recalcado e volume recalcado pelo tempo de coleta; para isto ser possível, a tubulação de recalque era colocada dentro da caixa de concreto. O rendimento era calculado pela Equação 1 e a vazão de desperdício pela diferença entre alimentação e recalque.

$$\eta = [(q.H)*100] / (Q.h) \quad (1)$$

em que:

η – rendimento do carneiro hidráulico, %

q – vazão de recalque, $m^3 s^{-1}$

H – altura de recalque em relação ao carneiro hidráulico, m

Q – vazão de alimentação, $m^3 s^{-1}$

h – desnível da fonte de alimentação ao carneiro hidráulico, m

Realizaram-se cinco repetições para cada volume coletado de alimentação e recalque, nas pressões simuladas de recalque de 48,39; 96,78; 145,18; 193,57; 241,96; 290,35; 338,74; 387,14; 435,53 e 483,92 kPa.

Os tratamentos testados foram três tipos de garrafa: descartável do tipo de guaraná e descartável e retornável, de refrigerante de cola; dois tamanhos de garrafa: 0,6 e 2,5 L três tamanhos de diâmetro de furo na tampa da garrafa: 5,15 e 25 mm e duas posições da válvula de escape: horizontal e vertical. As características construtivas do carneiro hidráulico a cada tratamento estão apresentadas na Tabela 1.

Cada tratamento foi realizado separadamente mantendo-se, porém, as características construtivas do carneiro hidráulico.

A água utilizada não continha impurezas e se apresentou apropriada para o funcionamento do aparelho.

Efetuuou-se a análise estatística dos dados de vazão de recalque, rendimento e vazão de desperdício, utilizando-se a análise de variância e o teste de comparação de médias por Tukey a nível de significância de 5%.

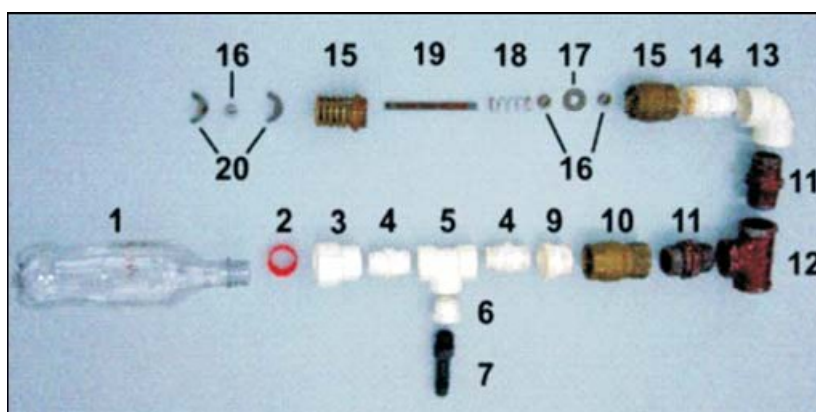


Figura 1. Carneiro hidráulico e materiais alternativos utilizados

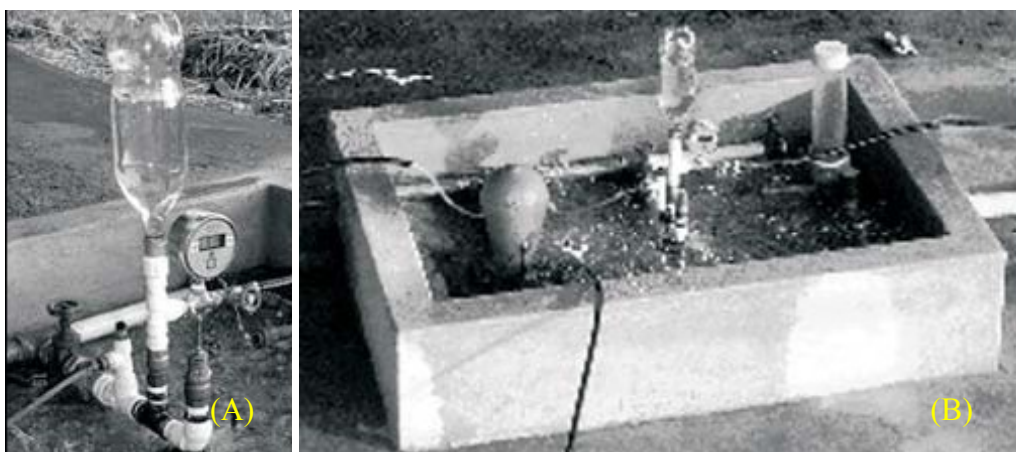


Figura 2. Carneiro hidráulico (A) e local de instalação (B)

Tabela 1. Características construtivas do carneiro hidráulico a cada tratamento

Tratamento	Válvula		Tipo de garrafa			Garrafa (L)		Furo (mm)		
	Horizontal	Vertical	Guaraná	Retornável	Descartável	0,5	2,5	5	15	25
Posição da válvula	X	X			X					X
Tipo de garrafa	X		X	X	X					X
Tamanho de garrafa		X			X	X	X		X	
Tamanho de furo		X			X		X	X	X	X

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram analisados comparativamente considerando-se o desempenho do carneiro hidráulico de garrafa PET, para diferentes volumes de garrafas, posicionamento da válvula de retenção, diferentes diâmetros dos furos e tipos de garrafa.

A partir da avaliação estatística de dados apresentados na Tabela 2, em quase todas as alturas de recalque a vazão recalçada com a garrafa de 0,6 L foi superior à de 2,5 L; com a válvula na posição horizontal, foi superior à vertical; com garrafa retornável ou descartável de refrigerantes de cola, foi igual ou superior à de Guaraná e, com diâmetro de furo na tampa igual a 25 mm, foi superior às de 5 e 15 mm, indicando que as características construtivas desejáveis para vazão de recalque máxima são de um carneiro hidráulico com garrafa descartável de refrigerante de cola de 0,6 L, válvula de escape na horizontal e furo de 25 mm.

Na Tabela 2, os valores de rendimento calculados de acordo com a Equação 1, se encontram entre 11,04 e 59,28%, indicando um rendimento abaixo dos descritos por Zárate Rojas (2002) e CERPCH (2002). Estatisticamente, os melhores rendimentos são os referentes à combinação da garrafa de 0,6 L do tipo descartável ou retornável de refrigerante de cola, com válvula na horizontal e diâmetro de furo de 25 mm.

4 CONCLUSÕES

1. A característica construtiva selecionada para o carneiro hidráulico testado, foi o uso de garrafa PET descartável ou retornável, de refrigerantes de cola, com capacidade de 0,6 L, válvula de escape na horizontal e tamanho de furo da tampa da garrafa de 25 mm.
2. É possível, utilizando-se a característica selecionada, recalcar 1000 L dia⁻¹ de água limpa para a soma de desnível e perdas de carga na tubulação de recalque até 50 m.
3. O rendimento apresenta-se inferior a 40% e o desperdício de água superior a 90%, na maioria das condições testadas.

Tabela 2. Valores médios de vazão de recalque e rendimento para os diferentes tratamentos efetuados a cada altura de recalque

	Vazão de recalque (L min ⁻¹)									
	Garrafa (L)		Válvula		Tipo de garrafa			Furo (mm)		
	0,6	2,5	H	V	G	R	D	5	15	25
5	11,8 b	7,1 a	10,8 b	5,7 a	--	--	--	--	--	--
10	5,6 b	4,3 a	8,0 b	5,7 a	4,3 a	6,0 b	6,0 b	1,9 a	3,8 b	4,3 c
15	3,9 a	3,8 a	5,1 b	4,26 a	4,1 a	4,1 a	4,5 b	1,7 a	3,8 b	4,3 c
20	3,0 b	2,6 a	3,0 a	3,0 a	3,0 b	2,9 a	2,9 a	1,4 a	2,6 b	3,0 c
25	2,0 b	1,9 a	2,4 b	2,3 a	2,5 a	2,3 a	2,3 a	1,1 a	1,9 b	2,3 c
30	1,5 a	1,4 a	1,7 a	1,7 a	1,7 a	1,9 b	1,9 b	0,8 a	1,4 b	1,7 c
35	1,2 a	1,2 b	1,2 b	1,3 a	1,4 a	1,4 a	1,4 a	0,8 a	1,2 a	1,3 a
40	1,0 a	1,0 a	1,23 b	1,19 a	1,1 a	1,1 a	1,1 a	0,8 a	1,2 a	1,3 a
45	0,93 b	0,86 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	0,7 a	1,0 b	1,2 c
50	0,78 b	0,74 a	0,7 a	0,8 b	0,8 a	0,9 b	0,9 b	0,6 a	0,8 c	0,7 b
	Rendimento (%)									
5	28,8 b	19,8 a	40,4 b	21,5 a	--	--	--	--	--	--
10	37,2 b	22,3 a	59,3 b	40 a	27,0 a	39,0 b	39,0 b	11,0 a	33,2 b	43,5 c
15	38,7 b	33,2 a	54,7 b	43,5 a	41,7 b	35,9 a	35,9 a	16,7 a	33,2 b	43,5 c
20	41,2 b	31,2 a	45,4 b	39,6 a	37,6 a	37,3 a	37,3 a	17,8 a	31,2 b	39,6 c
25	35,0 a	35,5 a	51,4 a	38,3 a	36,6 b	33,3 a	33,3 a	17,5 a	35,5 b	38,3 c
30	32,5 b	26,7 a	40,1 b	35,6 a	32,5 a	46,8 b	46,8 b	17,5 a	27,0 b	35,6 c
35	28,3 a	30,2 a	40,3 b	32,7 a	32,3 a	37,3 b	37,4 b	18,9 a	28,2 b	32,7 c
40	26,1 a	29,1 b	40,2 b	33,5 a	31,8 a	36,8 b	36,8 b	18,9 a	28,2 b	32,7 c
45	31,5 b	23,1 a	31,1 a	30,9 a	28,5 a	37,6 b	37,6 b	21,8 a	26,1 b	33,5 c
50	30,2 b	20,9 a	27,9 a	30,5 b	27,4 a	35,6 b	35,6 b	21,2 a	20,9 a	30,5 b

- Valores com letras iguais na mesma linha para cada característica construtiva são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância
- H (horizontal); V (vertical); G (guaraná); R (retornável); D (descartável)

REFERÊNCIAS

ABATE, C.; BOTREL, T. A. Carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em PVC. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.197-203, 2002.

AZEVEDO NETTO, J. M; ALVAREZ, G. A. **Manual de Hidráulica**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1988. v.1 p.1724.

BARRETO, A. C.; LIMA, L. **Revista Globo Rural**. 31.ed. São Paulo: Globo, 1997. Ano 13, n.144. p.29.

CARVALHO, J. A. Aproveitamento de energia hidráulica para acionamento de roda d'água e carneiro hidráulico. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1998. 98p.

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. <http://www.cerpch.efei.br/carneiro.html> – 22 Nov. 2005.

HORNE, B.; NEWMAN, C. Hydraulic ram. The centre for alternative technology. <http://www.cat.org.uk/information/tipsheets/hydram.html> – 22 Nov. 2005.

JENNINGS, G. D. Hydraulic ram pump. Scotland: North Carolina Cooperative Extension Service, 1996, p.161-192.

MAPURUNGA, M. C.; LEO, M. C. S.; TEIXEIRA, A. S.; GONDIM, R. S. Reuso de garrafas PET em tubulações para sistemas de irrigação de baixa pressão. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2003, Juazeiro. Anais. Juazeiro: ABID, 2003, **CD Rom**

PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. da. Desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): avaliação do uso do dispositivo para concentração dos raios solares. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.10, n.1, p.7-11, 2005.

SILVA, A. M.; RÊDA, N. E. D. Carneiro hidráulico alternativo. **Boletim Técnico**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1991, 9p.

ZÁRATE ROJAS, R. N. Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico. Piracicaba:ESALQ, 2002. 70p. **Tese Doutorado**