

# **AVALIAÇÃO DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO UTILIZANDO GARRAFA RECICLÁVEL**

**J. J. CAVALHO<sup>1</sup>, R. Z. BARBOSA<sup>2</sup>, L. C. SANTOS<sup>2</sup>, J. FERREIRA<sup>2</sup>**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um carneiro hidráulico com garrafa de polietileno tereftálico (PET) como alternativa à câmara de ar em carneiro hidráulico, cujo material é usualmente o ferro fundido. Para funcionamento do equipamento utilizou-se tubulação de mangueira plástica polietileno de diâmetro de uma polegada do reservatório de água até o carneiro hidráulico o qual possui conexões roscáveis metálicas e de PVC. O estudo foi realizado no Laboratório de Hidráulica da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, SP. Avaliou-se o desempenho de diferentes tamanhos de câmaras de ar (0,6; 1,0; 2,0 L), com diâmetro de furo na tampa de 22 mm, nos tipos de garrafa plástica descartável de refrigerante cola, com a válvula de escape na posição horizontal, a diferentes pressões de recalque 70 a 245 kpa, a cada 35 kpa. O desnível do reservatório de alimentação do carneiro hidráulico foi mantido constante a 3,5 m. Os resultados obtidos mostram um rendimento superior de uma relação de 1:6. As garrafas de menor volume apresentam maior variação na pressão de recalque.

**PALAVRAS-CHAVE:** avaliação hidráulica, polietileno tereftálico, aríete hidráulico.

**SUMMARY:** The aim of this study was to evaluate the performance of a hydraulic ram with a bottle of terephthalic polyethylene (PET) as an alternative to air chamber in the hydraulic ram, which is usually the material is cast iron. For operation of the equipment we used polyethylene plastic hose pipe diameter one inch of water tank to the hydraulic ram which has connections threadable metal and PVC. The study was conducted at the Laboratory of Hydraulics, University State of São Paulo “Julio de Mesquita Filho”, Brazil. We evaluated the performance of different sized tubes (0.6, 1.0, 2.0 L), with the cover hole diameter of 22 mm, the types of disposable plastic bottle of cola, with the valve exhaust horizontally at different pumping pressures from 70 to 245 kpa, every 35 kpa. The slope of the reservoir feeding the hydraulic ram was kept constant at 3.5 m. The results show a performance superior to a ratio of 1:6. The bottles have a higher volume of smaller variation in pressure pumping.

**KEYWORDS:** hydraulic evaluation, polyethylene terephthalic, hydraulic ram.

## **INTRODUÇÃO**

A recente crise da energia convencional, principalmente em países subdesenvolvidos, tem ocasionado a exploração de fontes alternativas de energia (ABATE; BOTREL, 2002). Em muitos desses países não há eletricidade no setor rural e os motores de combustão apresentam problemas atribuídos ao combustível e à manutenção (ZÁRATE ROJAS, 2002), Assim o carneiro hidráulico apresenta, como

---

<sup>1</sup> Doutorando em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Rural, UNESP/Botucatu-SP. E-mail: [jjc@fca.unesp.br](mailto:jjc@fca.unesp.br);

<sup>2</sup> Mestrandos em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Rural UNESP, CP 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP, E-mail: [lucas.cs21@gmail.com](mailto:lucas.cs21@gmail.com); [josue\\_ferreira@hotmail.com](mailto:josue_ferreira@hotmail.com);

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, custo de aquisição e/ou montagem relativamente baixos e a possibilidade de uso durante 24 h por dia recalando água sem emissão de poluentes ou gases (HORNE & NEWMAN, 2005).

Segundo (AZEVEDO NETTO & ALVAREZ, 1988), os carneiros hidráulicos de fabricação brasileira são operados com vazões de 5 a 150 L min<sup>-1</sup>, elevando 0,17 a 1,67 L min<sup>-1</sup>. Para carneiros de PVC, a alimentação pode chegar a 8,33 L min<sup>-1</sup>, conforme a altura de recalque (BARRETO & LIMA, 1997).

Quanto ao rendimento do carneiro hidráulico este 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 (ZÁRATE ROJAS, 2002). 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.

As características operacionais de um carneiro hidráulico são altura de recalque, desnível entre o reservatório de alimentação e o carneiro hidráulico, comprimento das tubulações, diâmetro das tubulações, material constituinte da tubulação de alimentação, quantidade de água desperdiçada, vazão, batidas por minuto e rendimento.

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 sobrepressão 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), recalando a água de maneira intermitente.

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 (MARAPURANGA et al., 2003) e, no aspecto proposto, como alternativa à câmara de ar em carneiro hidráulico, cujo material é usualmente de ferro fundido (CERPCH, 2002).

Quanto ao rendimento do carneiro hidráulico fabricado com garrafa PET segundo CERPCH (2002) este fica entre 30 e 60%. De acordo com CACARO (2007) em seu estudo utilizando garrafas retornáveis e descartáveis, ele observou que as garrafas retornáveis apresentam menor atenuação ao golpe de aríete e, assim, melhor rendimento quando comparado as garrafas descartáveis. O mesmo cita que o diâmetro do furo na tampa da garrafa precisa de mais estudos. Segundo CERPCH (2002) indica valor de 15 mm de furo no diâmetro.

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 quanto ao desempenho conforme as características construtivas, isto permite quantificar vazão de alimentação, recalque, desperdício, 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 de garrafa PET, com mangueiras na alimentação com a finalidade de verificar o desempenho nas condições avaliadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural pertencente à Faculdade de Ciências Agronômica, campus de Botucatu. O carneiro hidráulico fabricado conforme a Figura 1.



**Figura 1.** Ilustração do esquema de montagem do carneiro hidráulico.

É um equipamento cujas peças rosçáveis, tem diâmetro interno de 19,05 e 25,4 mm, as quais são: câmara de ar de garrafa PET, tampa da garrafa com furo, luva de redução de PVC rosçável, niple de PVC rosçável, tê de PVC rosçável, redução de PVC rosçável, adaptador para tubulação de recalque, válvula de retenção metálica, niple galvanizado, tê galvanizado, cotovelo de PVC rosçável, válvula de poço metálica, parafuso com cinco porcas e uma arruela, além de mola do acionador da válvula de descarga para vaso sanitário (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 ocorre de maneira similar à dos demais modelos atualmente existentes.

Como reservatório de alimentação utilizou-se um tanque de latão com capacidade de 200 L, cujo nível de água foi mantido constante a um desnível de 3,5 m em relação ao nível do carneiro hidráulico.

A partir do reservatório, a água era conduzida por uma tubulação de polietileno de uma polegada (mm) correspondentes à tubulação de alimentação do equipamento, enquanto a água recalçada foi derivada para uma tubulação de aço galvanizado e sua vazão medida pelo processo volumétrico usando uma balança e cronômetro; o registro de gaveta foi instalado próximo a um manômetro digital com precisão de 5 bar com a finalidade de medir as diferentes pressões de recalque.

Grande parte da água não recalçada era coletada com um recipiente e em sequência este era pesado em balança. A vazão de alimentação era definida pelo processo volumétrico, utilizando-se balde com capacidade para 10 L, pela relação da soma do volume não recalcado e volume excedente pelo tempo de coleta; e, com auxílio do cronômetro determinou-se o número de batidas da válvula de escape no intervalo de um minuto. O rendimento era calculado pela equação 1 e a vazão de desperdício pela diferença entre alimentação e recalque.

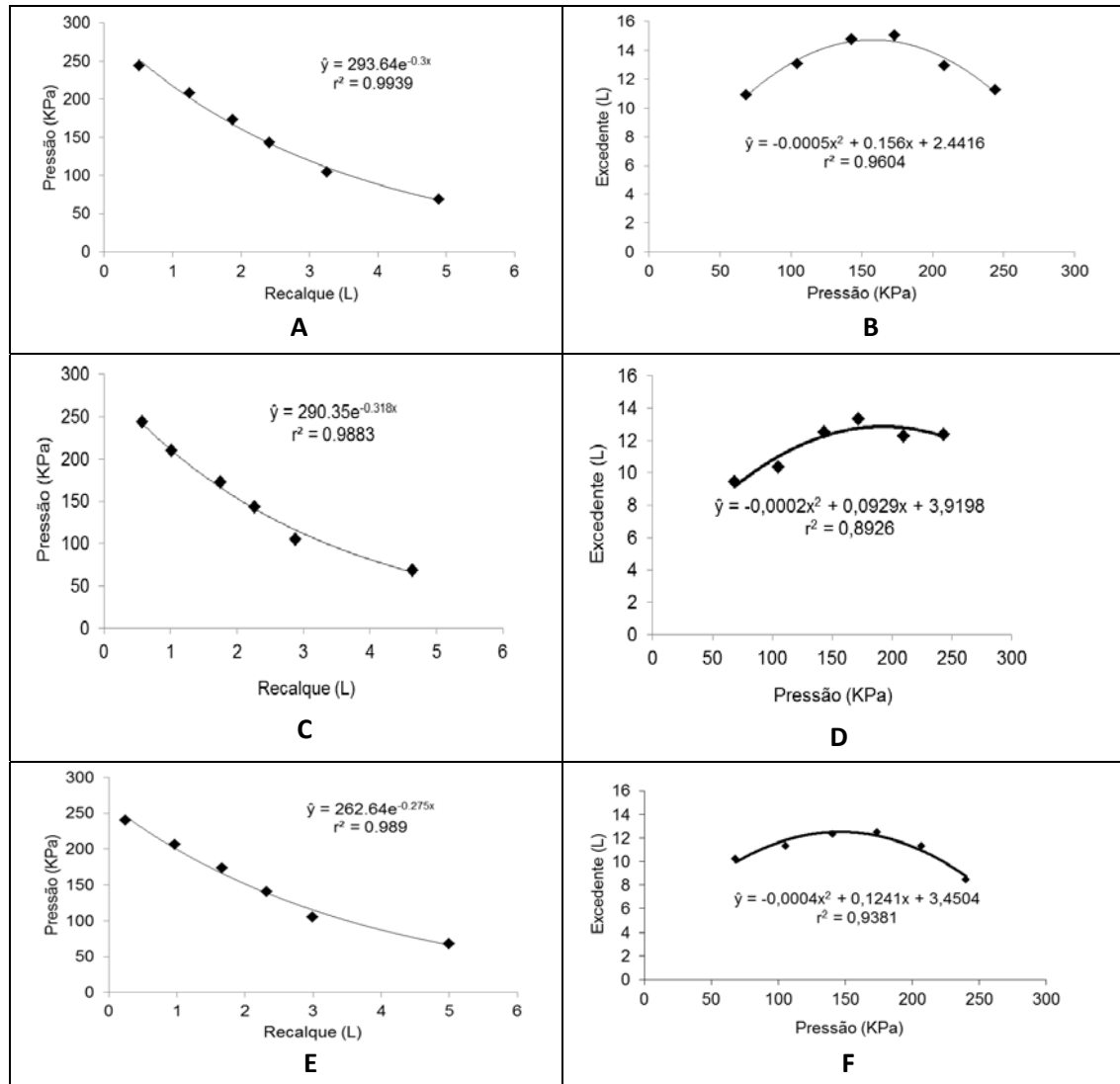
Realizaram-se três repetições para cada volume coletado de alimentação e recalque, nas pressões simuladas de recalque de 70; 105; 140; 175; 210 e 245 kPa.

Os tratamentos testados foram quatro tipos de garrafa: descartável do tipo de refrigerante de cola e belgo; e quatro tamanhos de garrafa: 0,6; 1,0 e 2 L. com diâmetro de furo na tampa da garrafa com 22 mm, e posição da válvula de escape na horizontal.

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. Efetuou-se a análise estatística dos dados de vazão de recalque, rendimento e vazão de desperdício.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O os valores de vazão de recalque obtidos experimentalmente em laboratório nas pressões (70; 140; 175; 210; 240). Estes dados foram equacionados conforme Figura 2 de modo obter o desempenho do carneiro hidráulico de garrafa PET, para diferentes volumes (0,6; 1,0 e 2L).



**Figura 2.** Análise referente ao experimento, apresentado valores de recalque e excedente em função da pressão de recalque.

Os valores obtidos no experimento variaram de 0,25 a 4,79 L.min<sup>-1</sup> em todas as garrafas avaliadas. No entanto este valor encontra-se inferior ao obtido em trabalhos realizados por CARARO et al., (2007) que encontrou resultados com carneiro hidráulico onde a água recalçada foi de 0,58 a 11,76 L.min<sup>-1</sup>, de acordo com as

condições construtivas e alturas de recalque. De acordo com Azevedo Netto & Alvarez (1988), os aparelhos de fabricação brasileira são operados com vazões de 5 a 150 L.min<sup>-1</sup>, elevando 0,17 a 1,67 L.min<sup>-1</sup>. Para carneiros de PVC, a alimentação pode chegar a 8,33 L.min<sup>-1</sup>, conforme a altura de recalque (Barreto & Lima, 1997).

**Tabela 1.** Garrafa de 0,6 L, com a vazão de recalque e do excedente nas diferentes pressões e com os índices de variações em percentagens.

| Pressão<br>(Kpa) | Recalque                |     | Excedente               |     | Total  |
|------------------|-------------------------|-----|-------------------------|-----|--------|
|                  | (L.min. <sup>-1</sup> ) | (%) | (L.min. <sup>-1</sup> ) | (%) |        |
| 70               | 4,76                    | 30% | 10,94                   | 70% | 74,76  |
| 105              | 3,44                    | 21% | 13,33                   | 79% | 108,44 |
| 140              | 2,47                    | 15% | 14,49                   | 85% | 142,47 |
| 175              | 1,71                    | 11% | 14,41                   | 89% | 176,71 |
| 210              | 1,11                    | 8%  | 13                      | 92% | 211,11 |
| 245              | 0,6                     | 5%  | 10,53                   | 95% | 245,6  |

**Tabela 2.** Garrafa de 1,0 L, com a vazão de recalque e do excedente nas diferentes pressões e com os índices de variações em percentagens.

| Pressão<br>(Kpa) | Recalque                |     | Excedente               |     | Total  |
|------------------|-------------------------|-----|-------------------------|-----|--------|
|                  | (L.min. <sup>-1</sup> ) | (%) | (L.min. <sup>-1</sup> ) | (%) |        |
| 70               | 4,46                    | 32% | 9,41                    | 68% | 79,22  |
| 105              | 3,19                    | 22% | 11,47                   | 78% | 111,63 |
| 140              | 2,29                    | 15% | 13,01                   | 85% | 144,76 |
| 175              | 1,59                    | 10% | 14,06                   | 90% | 178,3  |
| 210              | 1,02                    | 7%  | 14,6                    | 93% | 212,13 |
| 245              | 0,55                    | 4%  | 14,67                   | 96% | 246,15 |

**Tabela 3.** Garrafa de 2,0 L, com a vazão de recalque e do excedente nas diferentes pressões e com os índices de variações em percentagens.

| Pressão<br>(Kpa) | Recalque                |     | Excedente               |     | Total  |
|------------------|-------------------------|-----|-------------------------|-----|--------|
|                  | (L.min. <sup>-1</sup> ) | (%) | (L.min. <sup>-1</sup> ) | (%) |        |
| 70               | 4,79                    | 32% | 10,2                    | 68% | 84,01  |
| 105              | 3,35                    | 22% | 12,09                   | 78% | 114,98 |
| 140              | 2,29                    | 15% | 12,97                   | 85% | 147,05 |
| 175              | 1,48                    | 10% | 12,91                   | 90% | 179,78 |
| 210              | 0,81                    | 6%  | 11,86                   | 94% | 212,94 |
| 245              | 0,25                    | 2%  | 9,84                    | 98% | 246,4  |

## CONCLUSÕES

Conclui-se que a relação da porcentagem da relação vazão de recalque e excedente foram melhor em garrafas de menor volume em relação a maiores pressões. A mangueira de borracha utilizada na alimentação teve eficiência de uma relação de 1:7. As garrafas de menor volume apresentam maior variação na pressão de recalque.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATE, C.; BÔTREL, 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.

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

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n.4, p. 349-354, 2007.

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.

MARAPURANGA, M. C.; LEO, M. C. S.; TEIXEIRA, A. S.; GORDIM, 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

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.