

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ADEMAR ANTONELLO JUNIOR

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS-PR

2023

ADEMAR ANTONELLO JUNIOR

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL

EFFICIENCY EVALUATION OF A HANDMADE HYDRAULIC SHEEP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula

DOIS VIZINHOS-PR

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ADEMAR ANTONELLO JUNIOR

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula

Data de aprovação: 30 de junho de 2023.

Prof. Dr. Alfredo de Gouvêa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Prof. Dr. André Pellegrini
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela vida, e por poder passar por experiências como essa.

A todos que de alguma forma me ajudaram, e incentivaram nessa caminhada, em especial a minha noiva Carla Marins Santos Santana Viana, a minha mãe Daiani Betsio Antonelo, e a meu finado pai Ademar Antonelo, o qual deixou um belíssimo legado para que eu pudesse continuar a escrevê-lo.

Agradeço também meu orientador, banca examinadora, e a toda comunidade UTFPR pelo que me proporcionou.

RESUMO

O mundo vem enfrentando muitos problemas em relação as formas convencionais de energia, tanto relacionados à energia elétrica, quanto a escassez e desperdício da água. A agricultura é responsável por 70% do consumo de água doce, volume transportado basicamente por bombas elétricas. O transporte de água feito de maneira sustentável, ou seja, sem utilização de energia elétrica, ou combustíveis fósseis, contribui para a sustentabilidade do sistema como um todo. Onde tanto se fala em sustentabilidade, o carneiro hidráulico se adequa muito bem, máquina simples que é capaz de bombear água sem consumo de energia ou combustível. Basta apenas de um pequeno desnível, e água em quantidade para abastecer o sistema, e gerar o golpe de aríet. Nesse sentido, é fundamental validar dados que contribuam para a adoção de sistemas de bombeamento sustentável por meio do carneiro hidráulico, principalmente em condições ainda pouco conhecidas. Para a realização do trabalho será posto em teste um carneiro artesanal, feito com o objetivo de fornecer um bom desempenho e durabilidade. As condições propostas no trabalho buscam atender a demanda da propriedade, e gerar dados em uma faixa de trabalho do carneiro que é muito pouco conhecida. O teste foi realizado em uma propriedade da cidade de Dois Vizinhos, onde foi avaliado o desempenho de um carneiro hidráulico em função de três materiais na composição da tubulação de abastecimento, sendo ferro galvanizado, cano PVC, e mangueira de polietileno, ambos de mesma bitola. O desnível de abastecimento foi de 12 metros com tubulação de 2 polegadas, e o desnível de recalque foi de 33 metros com mangueira de polietileno de meia polegada. O ferro galvanizado, e o cano de PVC proporcionaram os melhores resultados, não diferindo estatisticamente um do outro

Palavras-chave: Carneiro; Hidráulico; Golpe; Aríet.

ABSTRACT

The world has been facing many problems in relation to conventional forms of energy, both related to electrical energy, as well as the scarcity and waste of water. Agriculture is responsible for 70% of freshwater consumption, a volume basically transported by electric pumps. Transporting water in a sustainable manner, that is, without the use of electricity or fossil fuels, contributes to the sustainability of the system as a whole. Where so much is said about sustainability, the hydraulic ram fits very well, a simple machine that is capable of pumping water without consuming energy or fuel. Just a small difference in level, and water in quantity to supply the system, and generate the water hammer. In this sense, it is essential to validate data that contribute to the adoption of sustainable pumping systems through the hydraulic ram, especially in conditions that are still little known. To carry out the work, an artisanal ram will be put to the test, made with the aim of providing good performance and durability. The conditions proposed in the work seek to meet the demand of the property, and generate data in a range of ram work that is very little known. The test was carried out on a property in the city of Dois Vizinhos, where the performance of a hydraulic ram was evaluated according to three materials in the composition of the supply pipe, galvanized iron, PVC pipe, and polyethylene hose, both of the same gauge. . The supply difference was 12 meters with a 2-inch pipe, and the discharge difference was 33 meters with a half-inch polyethylene hose. Galvanized iron and PVC pipe provided the best results, not statistically different from each other.

Keywords: Sheep; Hydraulic; Blow; ram.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 - Carneiro hidráulico original dos irmãos Montgolfier..... | 7 |
| Figura 2 - Esboço de um carneiro hidráulico..... | 9 |
| Figura 3 - Maior carneiro hidráulico do mundo..... | 11 |
| Figura 4 - Representação do local de instalação do carneiro hidráulico..... | 12 |
| Figura 5 - Carneiro 2", e válvula de 1 1/2"..... | 14 |
| Figura 6 - Válvula de peso, iniciando e concluindo fechamento..... | 15 |
| Figura 7 - distribuição da tubulação de abastecimento..... | 16 |
| Figura 8 - medição de vazão..... | 17 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1 – Relação de despesas estimadas para a execução da pesquisa | 18 |
| Tabela 2 – Rendimento e vazão por tubulação | 20 |

LISTA DE ABRIVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----|--|
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| ODS | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável |
| PVC | Policloreto de vinil |
| T | Conexão Hidráulica em formato de T |
| mm | Milímetro |
| ” | Polegada |
| CAP | Conexão usada para fechar a tubulação |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 6 |
| 2.1 | Objetivo geral..... | 6 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 6 |
| 3 | REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 3.1 | Carneiro hidráulico..... | 7 |
| 3.2 | Princípios de funcionamento | 8 |
| 3.3 | Tubulações..... | 9 |
| 3.4 | Rendimento..... | 10 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4.1 | Tubulações..... | 13 |
| 4.2 | Partes constituintes do carneiro..... | 13 |
| 4.3 | Implantação do experimento | 16 |
| 4.4 | Análise estatística | 17 |
| 4.5 | Orçamento..... | 17 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 5.1 | Influência dos diferentes materiais na tubulação de abastecimento .. | 19 |
| 5.2 | Avaliação do número de batidas..... | 20 |
| 6 | CONCLUSÃO | 21 |
| | REFERÊNCIAS..... | 22 |

1 INTRODUÇÃO

O mundo vem enfrentado muitos problemas relacionados as formas convencionais de energia, nesse cenário de escassez de recursos naturais, instabilidades nas companhias de serviços, poluição, e gases de efeito estufa (GEE), faz-se necessário fomentar formas alternativas de energia, a fim de diminuir a dependência exercida sobre as hidrelétricas, visto que a combustão de energias fósseis são os principais meios secundários, e também responsáveis pela maior parte da emissão de gases de efeito estufa (GEE) (VIVIAN; RUI, 2016).

A agricultura em geral acaba sendo responsável pelo maior consumo de água doce, cerca de 70 %, e todo esse volume precisa ser transportado para poder ser utilizado, na maioria esmagadora das vezes utiliza-se bombas elétricas para realizar esse serviço, porém, tal sistema apresenta um alto custo de implantação, além de utilizar energia elétrica para funcionar (NIIZU; BARROS 2020). Também se faz necessário cuidados com manutenção, inclusive correndo riscos de falta de peças de reposição, principalmente em modelos de bombas pouco fabricadas.

Nesse contexto entra o carneiro hidráulico, caracterizado por ser um dispositivo muito simples, que pode ser utilizado em qualquer local onde se deseja bombear água, utilizando apenas uma mínima altura de queda d'água, sem utilização de qualquer tipo de energia externa, pode ser instalado em locais isolados sem eletricidade, e além disso apresenta baixíssimo custo de implantação e manutenção, bem como facilidade em montagem e regulagem, sem necessidade de mão-de-obra qualificada (ABATE, 2000).

O funcionamento do carneiro é proveniente do golpe de aríete, que nada mais é que o fechamento de uma válvula (ABATE, 2000), de tal maneira que se gerem picos de pressão, pressão que volta para uma válvula de retenção, e é bombeada para o reservatório na parte mais alta.

Uma excelente alternativa principalmente para pequenos agricultores que buscam se aproximar dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), firmados pela Organização das Nações Unidas (ONU) (NIIZU; BARROS 2020). Importante lembrar que o Brasil assinou um compromisso por meio do Decreto número 8.892/2016 com os ODS (EMBRAPA,2020), porém através do Decreto N° 10.179, de 18 de dezembro de 2019 a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável se extinguiu, levando consigo outras organizações voltadas a preservação (BRASIL, 2019).

Levando em conta, a necessidade de realização do maior número possível de trabalhos, para validação científica da aplicação de carneiros hidráulicos artesanais em propriedades rurais, se procurou avaliar a eficiência de um carneiro, para dar mais subsídios para os produtores que queiram aderir a essa tecnologia, e não somente bombear água, mas sim, ter um grande diferencial em sua propriedade, que traz economia, e sustentabilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 objetivo geral

Avaliar o recalque de água de um carneiro hidráulico artesanal mediante os diferentes materiais.

2.2 Objetivos específicos

- a) Medir a vazão e rendimento em função dos diferentes materiais.
- b) Avaliar o melhor número de batidas por minuto
- c) Descobrir qual material proporciona recalque do maior volume água

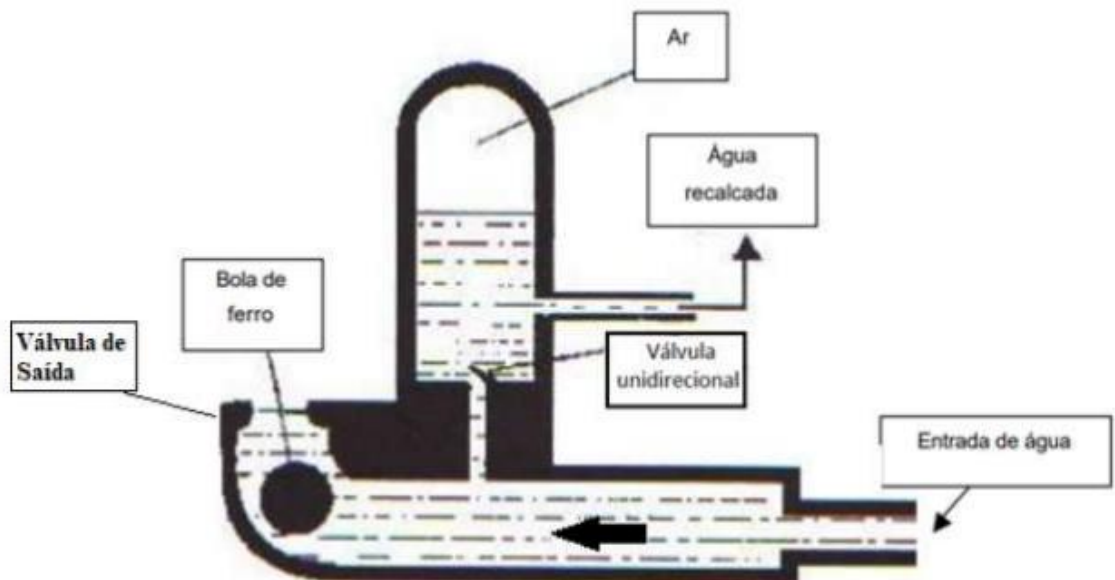
3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Carneiro hidráulico

As máquinas de fluido incompressível, são mecanismos que utilizam de uma ação conjunta dos fluidos, e de suas partes móveis, gerando energia mecânica (dispositivos motores) no caso dos motores e turbinas, ou no caso inverso (dispositivos movidos) gerando pressão hidráulica que seriam as bombas (ABATI, 2000).

Ao analisarmos a história do carneiro hidráulico, nota-se fatos bastante interessantes, quando criado em 1772 por John Whitehurst, para bombear água potável para uma cervejaria, possuía acionamento manual para poder funcionar, tal modelo foi aperfeiçoado segundo Cat (1988) citado por Vieira (2015), e Deniculi (1992) citado por Rojas (2002) em 1796 os irmãos Montgolfier criaram o chamado carneiro original, exposto na figura 01.

Figura 1 - Carneiro hidráulico original dos irmãos Montgolfier



Fonte: Adaptado por rojas 2002

Segundo Rojas (2002) o carneiro original possui três fases de funcionamento, muito semelhante ao que se tem hoje com válvula de peso, com modificações no tipo da válvula, sendo uma esfera metálica trabalhando em função da gravidade.

A primeira parte consiste na saída da água com a válvula ainda aberta, até

que se atingida uma certa velocidade no fluido, quando isso ocorrer, a segunda fase se inicia, a esfera chega até a extremidade final, onde por meio de um formato específico da estrutura, todo o fluxo é interrompido de maneira muito brusca, o que gera o golpe de aríete, e a pressão do sistema aumenta a níveis suficientes para que ocorra a abertura da válvula de retenção, e já na área de recalque, com auxílio de compressão do ar o líquido é bombeado até o destino.

Já a terceira fase, ocorre logo após o golpe de aríete, quando a válvula de sentido único se fecha, e a pressão diminui, fazendo com que não se tenha mais resistência suficiente para manter a esfera em posição fechada, assim o carneiro retorna para a posição inicial de válvula aberta, e um novo ciclo se inicia, cada ciclo duram em média 1 segundo.

A mesma ideologia de três fases de funcionamento dos carneiros modernos é descrita por Young (1995) citado por Niizu e Barros (2020), colocadas como aceleração, bombeamento e recuo.

3.2 Princípios de funcionamento

O que faz um carneiro hidráulico funcionar, independentemente de sua configuração, industrial ou artesanal, é o golpe de aríete, caracterizado por Azevedo, (1998, p. 325) como um choque violento do líquido contra as paredes da tubulação, ocasionado por uma parada ou mudança brusca de trajetória.

Segundo o mesmo autor essa força pode se transformar em trabalho, por gerar pressões maiores que a inicial.

$$m = Ft,$$

F= Força de inercia

t= tempo de redução de velocidade

m= massa da porção de água

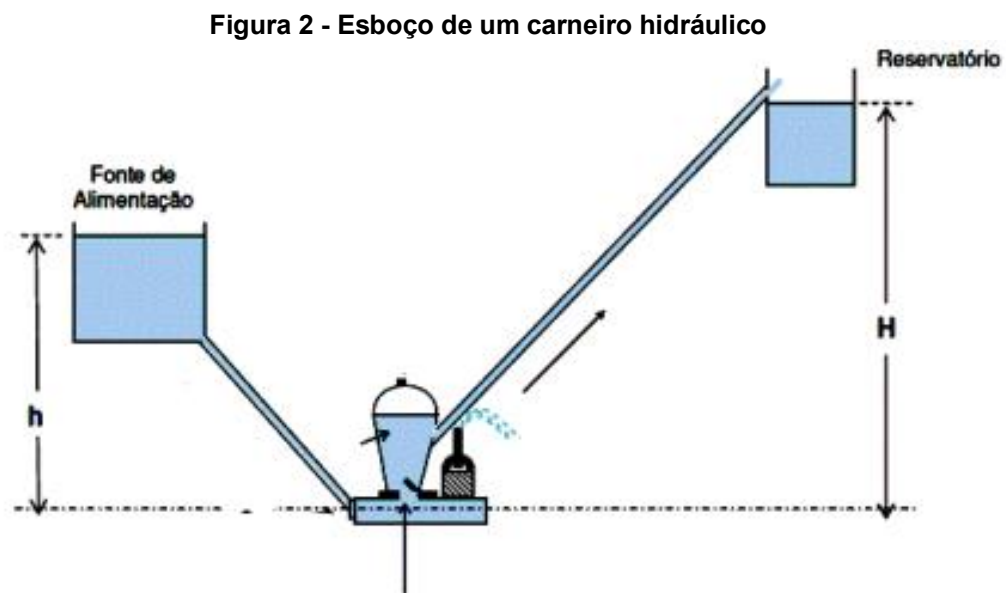
Se o tempo (t) for igual a 0 (fechamento instantâneo), a tubulação for rígida sem elasticidade, e a água totalmente incompressível, o valor de sobre pressão seria infinito.

Inclusive a sobre pressão pode gerar problemas por desgaste prematuro de instalações hidráulicas, principalmente em instalações com registros mais antigos,

pressões mais altas, e operadores que não tomam cuidado para realizar fechamento gradativo, nesse caso, uma boa alternativa é utilizar na saída do reservatório, uma tubulação de diâmetro 6 vezes menor o que restringiria o golpe (MARTINS, et al 2006). Mas em geral, por menor que seja o tempo de fechamento de um registro ou válvula, sempre leva algum tempo, e boa parte da pressão se dissipa em alguma deformação do fluido e da tubulação (NETTO 1998).

3.3 Tubulações

A disposição das tubulações, tanto comprimento quanto desnível, seguem padrões em função de rendimento, devendo seguir o esboço da figura 1 (VIEIRA 2015).



Fonte: Universidade de Lavras citado por Vieira (2015)

Para melhor exibição, está disposto na figura 2, uma representação real de um carneiro hidráulico.

Existem uma relação a ser seguida quanto ao diâmetro, comprimento, e desnível das tubulações, cada autor traz seus valores, com pontos de melhor e pior eficiência do sistema.

Segundo Kitani e Willardson, citados por Niizu e Barros (2020), a tubulação de recalque deve ser de 6 a 12 vezes a altura de abastecimento, ou desnível

geométrico de entrada. Já Denículi e Calvert citados pelo mesmo autor, estabelecem limites para a tubulação de alimentação, de 1 a 9 metros de desnível, ou comprimento 150 a 1000 vezes a espessura.

3.4 Rendimento

Abate (2000) menciona 3 formas de calcular o rendimento teórico: Rendimento volumétrico (equação 1), equação de Rankine (equação 2), e equação de D'Aubuisson (equação 3). A equação 1 é mais simples, considerando apenas o rendimento volumétrico, já as equações 2 e 3 consideram também os desníveis, estabelecendo um rendimento também em função da relação de dimensionamento das tubulações (NIIZU; BARROS 2020), o que acaba impactando em maior proporção do que a qualidade de construção do carneiro.

$$n = q / (Q + q) \quad \text{equação 1}$$

$$n = (q (H - h) / Q * h) * 100 \quad \text{equação 2}$$

$$n = (q * H / (Q + q) * h) * 100 \quad \text{equação 3}$$

Sendo:

n : Rendimento, em %;

q : Vazão recalçada, $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$;

Q : Vazão na válvula de saída, $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$;

h : Altura de alimentação, m;

H : Altura de recalque, m.

Ocorrem muitas variações devido as diferenças de confecção, e partes constituintes de cada carneiro, bem como a qualidade de sua montagem, mas em geral o rendimento fica em torno de 30 a 70% (NIIZU e BARROS, 2020), variando em maior proporção pelas condições de declividade, tanto da linha de abastecimento quanto de recalque.

As perdas de carga na tubulação são grandes responsáveis pela redução do rendimento de um sistema de bombeamento por carneiro hidráulico, podendo ocorrerem por atrito dentro do tubo (dependendo do material), por expansão do tubo, perdas em curvaturas, e em válvulas (HOUGHTALEN, 2013, p.30-47).

O mesmo autor propõe alternativas para amenizar os problemas de perda de carga, utilizando na medida do possível tubulações com material de menor rugosidade, conexões com curvatura de ângulo mais aberto, e transição gradual de tubos com difusor.

Quanto maior a velocidade do fluido na tubulação, maior o golpe de aríete (NETTO, 1998, p. 325- 330), (SCHNEIDER, 2000), portanto a regulagem do carneiro também muda a vazão, pois pode atrasar o fechamento da válvula para que se alcance maior velocidade do fluido, quanto maior for o desperdício maior será o rendimento, e vice-versa.

O que se deve considerar para a adoção ou não do sistema por carneiro hidráulico, é a disponibilidade de água, e a necessidade de uso, por desperdiçar uma parte, e ter pouco rendimento comparado com bombas elétricas, se não existir boa disponibilidade e baixa necessidade de uso, é melhor repensar. Porém para aquelas situações de propriedades onde não se tem muita necessidade instantânea, e existe disponibilidade de água, certamente deve-se encorajar e adotar o sistema (NIIZU e BARROS, 2020).

Figura 3 - Maior carneiro hidráulico do mundo



Fonte: Blog Farmfor

Segundo o Blog do Farmfor o maior carneiro do mundo foi desenvolvido pela empresa Water Power Technologies, do Reino Unido, com uma tubulação de abastecimento de 500 mm, o exemplar chamado de “Venturo”, segue os mesmos princípios dos carneiros menores, também produzidos e comercializados pela empresa. Possui uma incrível capacidade de bombear 1.800 litros por hora.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em uma propriedade rural localizada na comunidade de linha Marília, interior do município de Dois Vizinhos, região Sudoeste do Estado do Paraná (25°44'S; 52°59'O).

A propriedade em questão foi vendida após os materiais serem adquiridos, uma oportunidade única de negócio que mudou um pouco o rumo dessa pesquisa, porém ideia seguiu e o trabalho continuou.

O sistema de bombeamento foi submetido aos testes e atualmente é utilizado para irrigação da horta de um vizinho próximo.

Figura 4 - Representação do local de instalação do carneiro hidráulico



Fonte: Google Earth, Autor 2023

A água utilizada é de um riacho, e em tal quantia que não comprometa seu curso, a água retornará para o leito através da válvula de escape do carneiro, e apenas uma pequena fração será bombeada pela tubulação de recalque.

Parte do sistema foi instalado a margem do riacho permanente denominado em escritura do terreno como “Sanga Alexandre Antonelo”, sendo a tubulação de abastecimento e o próprio carneiro hidráulico

A outra parte correspondente a tubulação de recalque, ficou disposta no terreno transportando a água da área de menor altitude, para a de maior altitude

4.1 Tubulações

A tubulação de alimentação foi composta por polietileno preto com diâmetro de 2 polegadas, e comprimento de 100 metros, sendo que onde foi acoplada a bomba carneiro, uma conexão de 6 metros de cada material, foi adicionada para realização dos testes, utilizada para alterar os diferentes materiais, sendo PVC, ferro galvanizado, e o próprio polietileno. O comprimento total da linha de abastecimento foi de 106 metros, com um desnível de 12 metros.

Além disso, foi fabricado também um filtro, realizando alguns furos com broca 5 mm para aumentar a área de entrada logo no início da tubulação, e prendido também, uma tela fina em volta da entrada da tubulação para evitar a captação de impurezas que tenham potencial de obstruir o carneiro.

Outro ponto importante, é que não foi realizado testes com outras alturas de alimentação para que a mangueira principal permaneça em peça única, evitando futuros problemas com a real utilização, visto que esse tipo de conexão tende a não ter uma boa confiabilidade, gerando possíveis manutenções e perdas de carga indesejáveis.

A tubulação de recalque foi de polietileno ½”, com comprimento de 220 metros, e uma diferença de nível entre início e fim de 33 metros.

4.2 Partes constituintes do carneiro

O carneiro que posto em teste, foi desenvolvido após muitas experiências pessoais com hidráulica, outros carneiros de funcionamento por mola, e trocas de informações com outras pessoas de diversas áreas. Importante salientar, que se realizou mudanças na configuração do carneiro, inicialmente se tinha em projeto de um carneiro de 1 polegada, após diversos testes o diâmetro foi alterado para 2

polegadas, foi modificado também a bitola da válvula, e modelo da válvula de retenção.

Assim chegou-se em uma configuração que teoricamente seria capaz de atender a demanda com resistência e durabilidade.

Figura 5 - Carneiro 2", e válvula de 1 1/2"



Fonte: Autor 2023

Sequência de peças a partir da tubulação de abastecimento 2", até a válvula 1 1/2": T 2" galvanizado, curva macho e fêmea 2" galvanizada, niple 1" galvanizado, redução 2 / 1 1/2" galvanizada, luva 1 1/2" galvanizada, redução 1 1/2" / 3/4" galvanizada, espigão alta pressão 3/4", parafuso aço 14 / 250 mm feito em torno. No parafuso/ eixo da cabeça para a rosca na parte interna da válvula: arruela de metal 14/30 mm, arruela de borracha 14/30 mm; na parte externa da válvula: arruela de borracha 14x20 mm, 2 polcas 14 mm, 38 arroelas 14/50 mm, 1 polca 14 mm.

Sequência de peças da linha de recalque, parte vertical acima do T galvanizado: Redução galvanizada 2 / 1", niple galvanizado 1", válvula de retenção com mola 1", niple PVC 1", válvula de retenção portinhola 1", niple pvc 1", T PVC com rosca, espigão PVC rosca 1" e bico 1/2", niple PVC 1", redução PVC 1 1/2" / 1", luva PVC 1 1/2" / 50 mm, 1 m cano 50 mm PVC marrom, cap 50 mm PVC marrom.

Figura 6 - Válvula de peso, iniciando e concluindo fechamento



Fonte: Autor 2023

A válvula é a peça chave desse carneiro, funcional e muito durável, muito superior a válvula de mola. A regulação se dá pelo controle do peso no parafuso, adicionando ou retirando arruelas conforme a vazão da linha de abastecimento, e o número desejado de golpes por minuto.

Os serviços realizados nas peças foram o corte e desbaste com lixadeira do espigão e da redução para proporcionar a saída da água quando a válvula abrir, o corte com serra manual de um niple de pvc de 1½” para servir como encosto da válvula, e a confecção de duas arroelas de borracha que junto as arroelas de metal fizeram a função de abertura e fechamento da válvula, o restante somente montagem das peças. Vale ressaltar o cuidado que foi tomado com os mínimos detalhes no processo de montagem para evitar vazamentos e perda de carga.

4.3 Implantação do experimento

A implantação foi no primeiro semestre de 2023, as tubulações tanto de abastecimento quanto de recalque foram distribuídas em seus devidos locais.

Figura 7 - distribuição da tubulação de abastecimento



Fonte: Autor 2023

A leitura de dados foi realizada com um balde graduado, marcando o tempo com auxílio de um cronômetro.

A coleta da água desperdiçada na válvula foi realizada dentro do possível, com uso de um balde para conter o jato de saída, e uma bacia para recolher essa água, foi algo difícil pois a vazão da tubulação ficou alta por conta do desnível.

Figura 8 - medição de vazão



Fonte: Autor 2023

4.4 Análise estatística

Foram analisados e submetidos a análise estatística os valores de recalque de água em litros por minuto em função de cada material, para três tratamentos com três repetições. Para obtenção do rendimento foi realizado coletas da vazão da tubulação de abastecimento e recalque, e calculado pela equação de D'Aubuisson (ABATI, 2000).

Para análise de variância e dependência dos dados foi utilizado o teste t, ao nível de 5%, para três tratamentos com três repetições.

4.5 Orçamento

Os recursos financeiros para execução deste projeto são de R\$3.661,00 (Três mil, seiscentos e sessenta e um) e estão discriminados na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação de despesas estimadas para a execução da pesquisa.

| DESPESAS | |
|------------------------------------|--------------------|
| DESCRIÇÃO | VALOR ESTIMADO |
| Carneiro hidráulico completo | R\$ 450,00 |
| Tubulação polietileno 2" (106 m) | R\$ 848,00 |
| Tubulação polietileno 1/2" (300 m) | R\$ 260,00 |
| Cano PVC 50 mm (6 m) | R\$ 108,00 |
| Cano ferro galvanizado 50 mm (6 m) | R\$ 475,00 |
| Conexões/ veda rosca/cola/ | R\$ 450,00 |
| Caixa d'água 15.000 L usada | R\$ 1000,00 |
| Serviço de torno | R\$ 70,00 |
| TOTAL | R\$ 3661,00 |

Fonte: Autor 2023

Lembrando que ficou um valor alto por conta que a propriedade não possui nenhuma tubulação ou reservatório já adquirido. Se optar por bomba elétrica terá custos com cabeamento (cerca de 900 metros), além da aquisição da bomba que nesse caso demandaria de uma boa potência, custo de operação com energia, e possíveis manutenções e transtornos com falta de peças de reposição.

Como já comentado o sistema está sendo usado por um vizinho para irrigação de uma horta familiar, pois o terreno foi negociado, futuramente o sistema será adequado a nova propriedade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de analisar os resultados avaliados estatisticamente nesse trabalho, é importante lembrar que se trata de um carneiro hidráulico artesanal, onde foi necessário realizar diversas adequações, para se chegar em uma configuração aceitável, o que pode não ter sido a configuração ideal, mas foi o que se conseguiu realizar dentro das possibilidades existentes, e certamente pode-se extrair um belo aprendizado de tudo isso.

O fato de ter surgido uma ótima oportunidade de negócio para a propriedade acabou limitando as possíveis alterações que poderiam ser feitas para se obter melhores resultados, pois tais alterações gerariam também mais despesas financeiras, salientando que tudo isso foi possível não somente pela necessidade de

realização da pesquisa, mas também direcionado a atender a demanda da propriedade.

De maneira alguma, tais palavras pretendem diminuir a importância da pesquisa, pelo contrário, buscam organizar os fatos, e mostrar que as informações que se tem de resultados são dados válidos de testes realizados em condições iguais para ambos os tratamentos.

As principais informações do trabalho são da análise estatística, mas o que não foi avaliado estatisticamente também são dados que geram conhecimento. Inicialmente os testes foram feitos com um carneiro de 1 polegada, o que se mostrou incompatível com a tubulação de abastecimento de 2 polegadas, elevando muito a velocidade do fluido pelo estreitamento da tubulação, impossibilitando um bom funcionamento da válvula.

Através da utilização do carneiro com corpo de 2 polegadas, conseguiu-se chegar em um funcionamento adequado da válvula e realizar a avaliação dos diferentes materiais na tubulação de abastecimento.

5.1 Influência dos diferentes materiais na tubulação de abastecimento

No presente estudo as variáveis foram analisadas apenas em um desnível, sendo 12 metros para tubulação de abastecimento, e 33 metros para a tubulação de recalque, na tabela 2 estão descritos os valores obtidos de rendimento e recalque para cada material. O rendimento pelo método de D'Aubuisson considera também os desníveis de cada tubulação, para uma perspectiva mais realista, pois, pelo método volumétrico convencional, sem considerar o desnível, o rendimento ficaria mais abaixo.

Tabela 2 - Rendimento e vazão por tubulação

| Material | Rendimento D'Aubuisson (%) | Vazão recalque (L/min) |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Ferro galvanizado | 54,41 | 3,7 |
| Pvc | 51,94 | 3,68 |
| Polietileno | 50,85 | 3,51 |

Fonte: Autor 2023

Abati (2000) traz que a tubulação galvanizada apresenta rendimento superior a partir de 4.7 m, por outro lado, menor vazão de recalque em todos os casos até essa mesma altura, colocando que a partir desse ponto a menor elasticidade começa a fazer a diferença em relação a menor rugosidade.

Da mesma maneira, Bonetti (2015) comparou os carneiros de PVC, e ferro galvanizado, encontrando resultado semelhantes para desníveis menores, onde o ferro galvanizado apresentou o pior rendimento em relação ao PVC.

Niizzu e Barros (2020) avaliaram duas alturas de alimentação para um carneiro de 1 polegada, 2,15 m direto do rio, onde obtiveram vazão de 48.6 L/h, e 3,31m, com auxílio de um reservatório de uma bombona de 200 L, onde obtiveram 83.7 L/h, o desnível de recalque foi de 20 metros, mostrando ótima relação com o a linha de abastecimento.

Nesse sentido, no presente trabalho o ferro galvanizado apresentou leve vantagem ao PVC, ainda estatisticamente igual ao nível de 5%, porém reforçando a linha de pensamento em que onde se tem desníveis maiores a rigidez faz a diferença em relação a perda de carga por atrito.

O pior resultado estatístico foi para a tubulação de abastecimento de mangueira de polietileno, revelando menor vazão de recalque devido a absorção de grande parte da energia do golpe de aríete pela elasticidade do material. Levando em consideração o baixo custo em relação aos demais materiais, pode ser uma alternativa desde que próximo a chegada do carneiro seja usado PVC ou ferro galvanizado para melhor aproveitamento.

5.2 Avaliação do número de batidas

O número de batidas apresentou-se em número reduzido, foram 14 por minuto, segundo Junior (2018) existe uma reta linear indicando que quanto maior o reservatório de ar maior a sua capacidade de exercer pressão ao sistema e reduzir o número de batidas.

Concomitante a isso Abate e Botrel (2000) trazem que um número menor de batidas também é capaz de exercer uma maior pressão ao sistema, nesse caso o

reservatório de 1 metro de cano 50 mm, foi capaz de exercer uma boa pressão gerando boa capacidade de recalque por batida.

Figura 10 - Válvula em curso de fechamento



Fonte: Autor 2023

Devido ao grande desnível da tubulação de abastecimento, foi necessário adicionar bastante peso a válvula, e também prende-la muito bem na posição vertical para um bom funcionamento, visto que trabalha com a ação da gravidade.

6 CONCLUSÃO

Os tratamentos 1 (cano galvanizado), e 2 (cano de pvc), foram os melhores tratamentos, não apresentaram diferença estatística, se mostrando como as melhores opções de escolha.

Dessa forma, conclui-se que pela diferença de custo de aquisição, o cano de pvc é o material com o melhor custo benefício para a utilização como tubulação de abastecimento do carneiro hidráulico.

REFERÊNCIAS

- ABATE, C. **Avaliação de um carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em PVC**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2000
- BONETTI, T. **Alternativas visando potencializar o uso do carneiro hidráulico no bombeamento de água das chuvas**. Campus Videira. Mostra Nacional de iniciação científica e tecnológica interdisciplinar. 2016.
- BRASIL, Presidência da República, **DECRETO Nº 10.179, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2019**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D10179.htm#art2. Acesso em 20/10/2021
- EMBRAPA, **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>. Acesso em 20/10/2021.
- FARMFOR. Disponível em: <https://www.farmfor.com.br/posts/venturo-o-maior-carneiro-hidraulico-do-mundo/>. Acesso em 18/11/2021.
- HOUGHTALEN, R. J. Engenharia hidráulica. São Paulo, **Pearson do Brasil**, Quarta edição, 2013, 313p.
- JUNIOR, M. V. R. O. et al. Avaliação do carneiro hidráulico a partir de diferentes volumes de câmaras de ar do tipo pvc. Poço- PA, Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Capitão Poço- PA, **Terceiro Congresso Internacional das Ciências agrárias**, COINTER PDVAGRO, 2018.
- NIIZU, L. Y. M.; BARROS, M. S. **Projeto, instalação, e análise crítica de uma bomba carneiro em pequena propriedade no município de Batatais/SP**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2020.
- MARTINS, J. F. Aperfeiçoamento para a eliminação do golpe de aríete. Florianópolis-SC, **Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC**, 2006.
- NETTO, J. M. A. Manual de hidráulica. São Paulo, **Blucher**, 1998, 664 p.
- PRADO, G; BORZI, N. R. G. construção e avaliação de carneiros hidráulicos. Fortaleza, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.12, nº.5, p. 2954 – 2963, 2018.
- ROJAS, R. N. Z. **Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico**. Piracicaba: ESALQ, 2002.
- SCHNEIDER, P. S. Velocidade e vazão de fluídos. Porto Alegre- RS, **GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos**, UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

SILVEIRA, L. A. **Construção e rendimento de carneiro hidráulico de pvc.** Morrinhos-GO, IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, 2015.

VIEIRA, F. **Estudo e aplicação do carneiro hidráulico para bombeamento de água e controle de vazão.** Lorena-SP, Universidade de São Paulo; Escola de Engenharia de Lorena 2015.

Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos
VIVIAN, C; RUI, J. **Modelagem conceitual para identificação de áreas com potencial para geração de energia por fonte renovável.** Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, 2016