

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

MELHORIAS DO CARNEIRO HIDRÁULICO ALTERNATIVO: Instalação de um manômetro de glicerina para medição da pressão gerada durante o golpe de aríete.

WESLEY MOURA LIMA¹; WILSON ARAÚJO DA SILVA²; CRISTIANE MATOS DA SILVA³

AFILIAÇÃO

¹UEMASUL – CCA - Av. Agrária, 100 – Colina Park, CEP: 65900-001, Imperatriz - MA- Bolsista PIBITI/UEMASUL, graduando em Engenharia Florestal; ²UEMASUL – CCA - Av. Agrária, 100 – Colina Park, CEP: 65900-001, Imperatriz - MA - Colaborador do projeto, Professor Adjunto IV; ³UEMASUL – CCA - Av. Agrária, 100 – Colina Park, CEP: 65900-001, Imperatriz - MA - Orientadora do projeto PIBITI/UEMASUL, Professora Assistente II.

RESUMO

O carneiro hidráulico é um aparelho destinado a elevar água por meio da própria energia hidráulica gerando pressão na campânula e fazendo com que ocorra o golpe de aríete. Diante disso, visando estudar ainda mais a eficiência do carneiro hidráulico, este trabalho objetivou avaliar qual o material do carneiro hidráulico alternativo oferece a maior estabilidade de pressão durante o golpe de aríete e recalque de água. Para tanto, foram utilizados quatro Carneiros hidráulicos construídos com diferentes tipos de materiais (PVC marrom (T1), PVC branco (T2), PVC azul (T3) e Aço Galvanizado(T4)) onde foi instalado o manômetro de glicerina. Totalizando 4 tratamentos e vinte repetições, para medição da pressão e vazão de recalque. Este foi determinada por meio do Método da Medição Direta. Com isso foi possível aferir que em relação a pressão do manômetro os tratamentos T1 e T3 foram os mais eficientes atingindo cerca de 11,03 psi de pressão. É de suma importância destacar ainda que, a democratização do conhecimento, levando as ideias inovadoras para além dos muros da Universidade, contribuem para o crescimento regional da economia agrícola e da difusão de novas tecnologias possibilitando a melhoria do uso racional da água no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: 1. Aríete; 2. Uso Racional da água; 3. Bombeamento alternativo.

INTRODUÇÃO

O uso da água no meio rural representa 83% da demanda total brasileira, dos quais 72% são destinados para irrigação. Sendo que a área irrigável no Brasil é de 29,6 milhões de hectares (Prado; Formiga-Johnsson; Marques, 2017). Deste modo, a utilização da água é um elemento indispensável para o sistema de produção e as tarefas corriqueiras em uma

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

propriedade rural, sendo, necessário a utilização de um equipamento que eleve a água até a propriedade e proporcione sua distribuição (Toni; Souza; Sonogo, 2014).

Com a sua autoria atribuída ao francês Joseph Michel Montgolfier (mais conhecido pela invenção do balão de ar quente) em 1796, o carneiro hidráulico consegue elevar água a partir de um determinado nível, a outro mais elevado, com redução do caudal inicial recorrendo ao efeito do golpe de aríete para criar uma pressão que “empurra” parte do fluxo de água (Freitas, 2018; Lima; Silva; Silva, 2022). Esse golpe de aríete, acontece devido ao choque violento que se produz sobre as paredes de um conduto forçado quando o movimento do líquido é modificado bruscamente (Dardot, 2012; Amorim; Fortes; Bezerra, 2022).

O carneiro hidráulico utiliza esse golpe de aríete como principal mecanismos de funcionamento e, ele é um sistema de bombeamento que pode ser adquirido no mercado ou confeccionado por meio de materiais alternativos, tendo como exemplo o carneiro hidráulico desenvolvido pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos (CERPCH), onde Tiago Filho; Viana (2002), desenvolveram um manual para auxiliar os profissionais na construção deste tipo de carneiro alternativo. Diante do exposto, este projeto visa instalar um manômetro de glicerina nos carneiros hidráulicos construídos com policloreto de vinila para água fria (tubulação marrom), policloreto de vinila para irrigação (tubulação azul), policloreto de vinila para esgoto (tubulação branca) e tubulação de Aço Galvanizado visam avaliar qual o material do carneiro hidráulico alternativo oferece a maior estabilidade de pressão durante o golpe de aríete e recalque de água.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia (LIHH) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL). com o seguinte cenário hidráulico: uma altura de queda (h) de 5,05m, comprimento da tubulação de adução (La) de 8,31m, uma altura total de recalque (Hr) de 5,05m e um comprimento da tubulação de recalque (Lr) de 40m. Foi composto por 4 (quatro) tratamentos e 20 (vinte) repetições totalizando 80 (oitenta) parcelas experimentais. Os tratamentos testados, seguem a descrição do Quadro 01. O manômetro digital possui uma escala de medição variando de 0 a 10 bar e de 0 a 145 psi e foi disponibilizado pelo Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia (LIHH). Para a instalação do manômetro nos carneiros feita uma adaptação utilizando as peças descritas no Quadro 02.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA**Quadro 01:** Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Descrição
T1	carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para água fria (tubulação marrom) com manômetro de glicerina
T2	carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para esgoto (tubulação branca) com manômetro de glicerina.
T3	carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para irrigação (tubulação azul) com manômetro de glicerina.
T4	carneiro hidráulico com tubulação de aço galvanizado com manômetro de glicerina.

Fonte: Autores (2023).**Quadro 02:** Lista dos materiais básicos para a construção das válvulas de pé.

Materiais	Quantidade			
	PVC marrom	PVC branco	PVC azul	Aço Galvanizado
Tê de 25 mm	01	01	01	01
Joelho de 25mm	01	01	01	01

Fonte: Autores (2022).

Para avaliação da estabilidade de pressão durante o golpe de aríete e recalque de água, foram realizadas 20 leituras no visor do manômetro durante os testes de medição da vazão recalcada pelo carneiro. A medição de vazão foi feita por meio do Método da Medição Direta, que consiste na medição do tempo necessário para o enchimento de um recipiente de volume conhecido. Para a marcação do tempo de enchimento do recipiente foi utilizado um cronômetro digital.

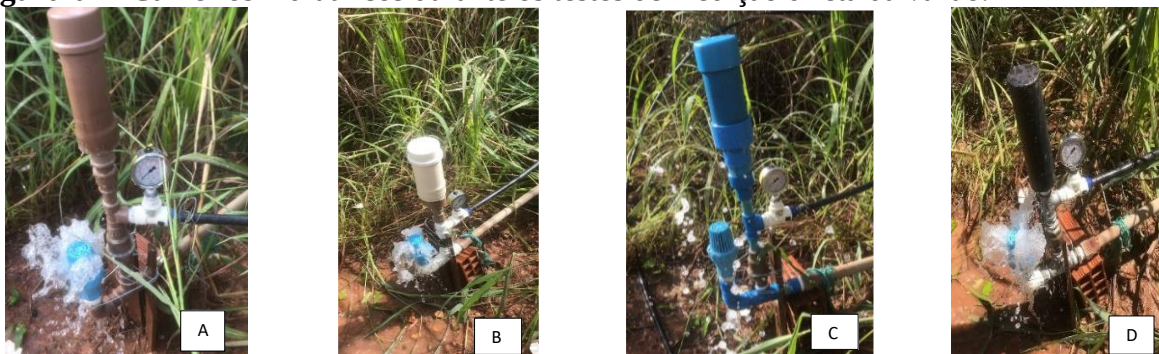
Nesta etapa foram realizados no primeiro semestre 10 repetições, as outras dez repetições realizadas no segundo semestre da execução do projeto. Totalizando 20 (vinte) repetições ao final do ano de execução do projeto. De acordo com Azevedo Netto; Fernández y Fernández (2015), quanto maior o número de repetições utilizadas para a avaliação da medição da vazão pelo Método da Medição Direta, maior será a precisão dos resultados obtidos. Após a realização da medição de vazão e da leitura da pressão, no momento do golpe de aríete e do recalque da água, os dados foram tabulados em planilha eletrônica e, as médias das variáveis respostas submetidas à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o pacote computacional Paste 4.03.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manômetro foi instalado na parte superior de cada um dos carneiros hidráulicos descritos, para que se pudesse obter a pressão, e assim conseguir descobrir qual material oferece uma melhor estabilidade na pressão durante o golpe de aríete (Figura 01).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Figura 01 – Carneiros hidráulicos durante os testes de medição direta da vazão.



Legenda: T1 -carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para água fria (tubulação marrom) com manômetro de glicerina (A); T2 - carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para água fria (tubulação branca) com manômetro de glicerina (B) ; T3 -carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para água fria (tubulação azul) com manômetro de glicerina (C); T4 - carneiro hidráulico com tubulação de aço galvanizado com manômetro de glicerina (D).

Fonte: Autores(2023).

Na sequência foi realizada a análise de variância para verificar a vazão exercida por cada Carneiro hidráulico onde foi instalado o manômetro visando testar as hipóteses nula e alternativa onde: *na hipótese nula a média das vazões geradas pelo golpe de aríete realizado pelos diferentes tratamentos não diferem entre si e, na hipótese alternativa média a média das vazões geradas pelo golpe de aríete realizado pelos diferentes tratamentos diferem entre si*, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 02.

Tabela 02- Resultado da análise de variância (ANOVA) para verificar a vazão exercida por cada Carneiro hidráulico onde foi instalado o manômetro

Fonte de Variação (FV)	Graus de Liberdade (GL)	SQ	QM	F	Valor de p	F Crítico
Tratamentos	3	0,01890	0,00630	32,5134**	<0,0001	4,0515
Resíduo	76	0,01473	0,00019			
Total	79	0,03363				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

Fonte: Autor (2023).

Ao analisar os resultados obtidos na análise de variância verifica-se que o valor de F calculado (32,5134) é maior que o valor F crítico (4,0515), deste modo opta-se por rejeitar a hipótese nula, aceitando deste modo a hipótese alternativa de que a média das vazões geradas pelo golpe de aríete realizado pelos diferentes tratamentos diferem entre si, como pode ser observado na Tabela 03.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA**Tabela 03-** Resultado das médias dos tratamentos obtidos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para verificar a vazão exercida por cada carneiro hidráulico onde foi instalado o manômetro

Tratamentos	Descrição	Média dos tratamentos
T1	carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para água fria (tubulação marrom) com manômetro de glicerina	0,17910 a
T2	carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para esgoto (tubulação branca) com manômetro de glicerina.	0,14176 b
T3	carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para irrigação (tubulação azul) com manômetro de glicerina.	0,17733 a
T4	carneiro hidráulico com tubulação de aço galvanizado com manômetro de glicerina.	0,17479 a
dms		0,01158

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2023).

Avaliando os resultados obtidos na Tabela 03 pode-se verificar que apenas o tratamento T2 (carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para esgoto (tubulação branca) com manômetro de glicerina.) diferiu estatisticamente dos demais, apresentando a menor média da vazão. Os demais tratamentos T1 (carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para água fria (tubulação marrom) com manômetro de glicerina); T3 (carneiro hidráulico de policloreto de vinila (PVC) para irrigação (tubulação azul) com manômetro de glicerina) e T4(carneiro hidráulico com tubulação de aço galvanizado com manômetro de glicerina) apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, demonstrando que, quanto maior a resistência do material, melhor é a vazão fornecida.

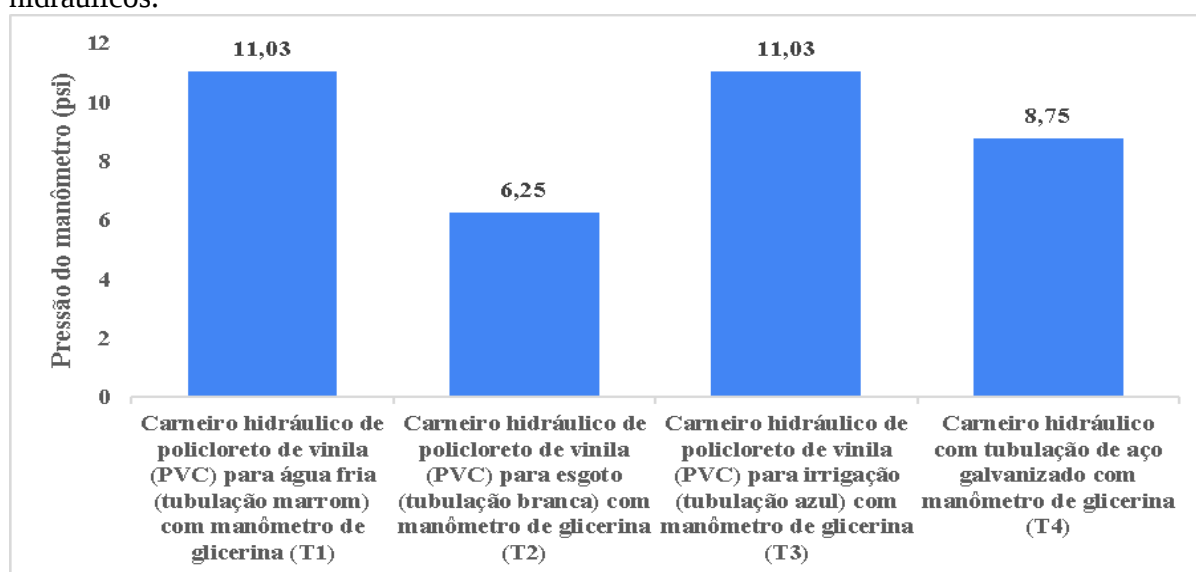
Vale ressaltar que, o pequeno e médio agricultor levam em consideração a vazão de recalque como parâmetro significativo para construir e instalar esse tipo de equipamento no campo, e, embora os tratamentos T1, T3 e T4 não tenham diferido estatisticamente entre si, o carneiro marrom (T1) apresentou uma vazão de recalque de 15.474,24 L.dia⁻¹, se mostrando muito eficiente no recalque de água, obtendo maior vazão, seguido do carneiro de PVC azul (T3) (15.321,31 L.dia⁻¹) e, pelo carneiro de aço galvanizado (T4) com uma vazão de 15.101,86 L.dia⁻¹. E, ainda que o carneiro de PVC branco (T2) tenha apresentado a menor média estatística em relação a vazão de recalque, ele atendeu as expectativas esperadas, com um valor médio de 12.248,06 L.dia⁻¹ podendo ser uma boa alternativa para atender a demanda de pequenos e médios produtores rurais. Lima et al. (2022) em seu estudo sobre diferentes tipos de materiais para construção de um carneiro hidráulico relatam que, o carneiro construído com PVC azul encontrou uma vazão de 10.843,76

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

L.dia⁻¹, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Com relação a leitura do manômetro de glicerina no ato do golpe de aríete, os resultados foram bastante satisfatórios uma vez que os carneiros mantiveram uma constante em suas respectivas leituras de pressão (psi) obtendo-se a variação média representada na Figura 02.

Figura 02 – Valores médios da leitura do manômetro de glicerina instalados nos carneiros hidráulicos.



Fonte: Autor (2023).

Com relação aos manômetros de glicerina instalados para a aferição da pressão, foi possível observar na Figura 02, que o carneiro marrom (T1) e o carneiro azul (T3), apresentaram a melhor média de pressão (11,03 psi), e o carneiro de PVC branco (T2) a menor média de pressão (6,25 psi). Mais uma vez, os resultados demonstram que o material utilizado na construção do carneiro hidráulico deve ser o mais resistente possível para absorver o golpe de aríete.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que esse projeto de inovação tecnológica cumpriu seu objetivo pois, por meio da instalação de um manômetro de glicerina foi possível aferir a pressão gerada pelo golpe de aríete durante o funcionamento do carneiro hidráulico.

Além disso, os resultados desta pesquisa foram muito satisfatórios pois, não apresentaram nenhuma dificuldade na instalação do manômetro nos carneiros hidráulicos sendo este, o grande ponto de destaque para a utilização deste aparelho pelos pequenos e médios produtores rurais.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

É importante ressaltar ainda que, a pesquisa e tecnologia tende a se ampliar e fortalecer com a execução de projetos que auxiliam a abertura de novas perguntas visando a realização de novas tecnologias construtivas. Nesse sentido, este projeto veio contribuir com outros projetos desenvolvidos anteriormente pelo Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia (LIHH) – CCA - UEMASUL, como da construção de um carneiro para testar sua eficiência, construção de válvulas de pé caseiras para serem instaladas no carneiro hidráulico, e agora as aferições das pressões nos manômetros durante o golpe de aríete

APOIO FINANCEIRO

A Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, E.L.de; FORTES, F.C.A.; BEZERRA, R.V. Sistema de bombeamento sustentável: aperfeiçoamento do sistema carneiro hidráulico e bomba volumétrica para o meio urbano na cidade de Boa Vista – RR. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.8, n.2, p.14363-14373, 2022. DOI:10.34117/bjdv8n2-387.

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. *Manual Carneiro Hidráulico*. Disponível em: <https://cerpch.unifei.edu.br/documents/carneiro-hidraulico.pdf>.

DARDOT, J. P. *Comportamento hidráulico de gotejadores pressurizados por carneiro hidráulico*. TCC de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia.

FREITAS, ALBERTO F. *Estações de bombagem de pressurização / Distribuição em aproveitamentos hidroagrícolas*. Disponível em: https://www.aprh.pt/jt-out2011/pdf/8_apresentacao.pdf Acesso em: 06/out/ 2021.

LIMA, J.C.; SILVA, W. A.da; SILVA, C.M.da. Comparação da eficiência de diferentes tipos de materiais na construção de um carneiro hidráulico alternativo. In: *Ciências Agrárias: Conhecimento e difusão de tecnologias 2*. 2ªed. Ponta Grossa – PR – Atena Editora.p. 52- 61. 2022. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.0812218075>.

PRADO, R.B.; FORMIGA-JOHNSON, R.M.; MARQUES, G. Uso e gestão da água desafios para a sustentabilidade no meio rural. *Boletim informativo da SBCS*. 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1080534/1/2017043.pdf>

TIAGO FILHO, G.L.; VIANA, A.N.C. *CARNEIRO HIDRÁULICO: O que é e como construí-lo*. CERPECH, 2002. Disponível em: <https://cerpch.unifei.edu.br/documents/carneiro-hidraulico.pdf> . Acesso em: 06/out/ 2021.

TONI, S.; SOUZA, D.C.de; SONEGO, R.V. Carneiro hidráulico como ferramenta de



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão



VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

aprendizagem em oficina para técnicos em agropecuária. In: *IX Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar* – IFC – Campus Videira, 2014. Disponível em: <https://eventos.ifc.edu.br/micti/wpcontent/uploads/sites/5/2014/08/CARNEIRO-HIDR%c3%81ULICO-COMOFERRAMENTA-DE-APRENDIZAGEM-EM-OFICINA-PARA-T%c3%89CNICOSEM-AGROPECU%c3%81RIA.pdf>