Utilização de Ventosas quadrifunção para proteção contra vazamentos em redes de distribução de água.

Ezaqueu Cardoso
Engenheiro Civil graduado na Faculdade Assessoritec. Técnico em Saneamento na Empresa Companhia Águas de Joinville.
Rivanildo Pessoa Geremias
Gestor Público graduado na Faculdade Unopar. Técnico em Saneamento no CEFET/SC e Coordenador da Adução e
Distribuição da Empresa Companhia Águas de Joinville.

Endereço[1]: Rua Boehmerwald, 2657, Ap 203 bloco 3 – Parque Guarani - Joinville - SC - CEP: 89229-674 - Brasil - Tel: +55 (47) 99607-8502 – ezaqueu.cardoso@aguasdejoinville.com.br

RESUMO

O presente estudo contempla a utilização/instalação de válvulas ventosas, ou válvulas de ar, Quadrifunção (equipamentos que possuem quatro funções distintas de operação), como forma de proteção em redes de distribuição de água contra vazamentos. De forma direta, a proteção contra os possíveis vazamentos nas redes de distribuição que esse tipo de dispositivo oferece, além dos já conhecidos meios de expulsão e admissão de ar, é realizada por essas válvulas através da função modulante de expulsão do ar presente nas tubulações de água de forma amortecida, ou melhor dizendo, de forma lenta. Essa função específica desse tipo de válvula está diretamente relacionada ao controle efetivo do golpe de aríete, sendo este fenômeno hidráulico um agente causador de grandes perturbações nas redes de distribuição e um factual causador de vazamentos. Objetiva-se com este trabalho evidenciar os locais mais apropriados em um sistema de distribuição de água para a utilização destas válvulas, bem como demonstrar que a utilização destes dispositivos pode representar uma excelente solução no que se refere a redução de custos, tendo em vista o tempo despendido e o valor de materiais para se consertar um vazamento de rede, frente ao valor aquisitivo para a instalação destas válvulas quadrifunção.

PALAVRAS-CHAVE: Ventosas. Válvulas de ar. Quadrifunção. Vazamentos. Redes de distribuição.

ABSTRACT

The present study contemplates the use/installation of suction valves, or air valves, Quadrifunction (equipment that has four different operating functions), as a form of protection in water distribution networks against leaks. Directly, the protection against possible leaks in the distribution networks that this type of device offers, in addition to the already known means of expulsion and admission of air, is carried out by these valves through the modulating function of expulsion of the air present in the pipes of water in a dampened way, or better said, slowly. This specific function of this type of valve is directly related to the effective control of water hammer, this hydraulic phenomenon being an agent that causes major disturbances in distribution networks and a factual cause of leaks. The objective of this work is to highlight the most appropriate places in a water distribution system for the use of these valves, as well as to demonstrate that the use of these devices can represent an excellent solution in terms of cost reduction, in view of the time spent and the cost of materials to repair a leak in the network, compared to the cost of installing these four-function valves.

KEYWORDS: Energy Suckers. Airs valves. Quadrifunction. leaks. Distribution networks.

Lista de Figuras

Figura 1. Localização geográfica da rua Marques de Olinda, no município de Joinville, Santa Catarina 8
Figura 2. Tabela 1 - Comparativo Operacional (rua Marquês de Olinda) Período 01/01/2005 - 01/03/2026 11
Figura 3. Tabeça 2 – Resumo Financeiro e Paybak 11

Sumário

1. INTRODUÇÃO 5
2. OBJETIVOS 6
2.1 OBJETIVOS GERAIS 6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6
3. METODOLOGIA UTILIZADA 6
3.1 COLETA DE DADOS, VARIÁVEIS OPERACIONAIS E FÓRMULAS UTILIZADAS
4. RESULTADOS OBTIDOS 8
4.1 ESTUDO DE CASO: REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA RUA MARQUÊS DE OLINDA 8
4.2 DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA CAPACIDADE DE ADMISSÃO E EXPLUSÃO DE AR DA VENTOSA INSTALADA NO TRECHO DA RUA MARQUÊS DE OLINDA 9
4.3 INFLUÊNCIADAS LIGAÇÕES DOMICILIARES NA EXPULSÃO DO AR 10
4.4 INFLUÊNCIA DOS DESNÍVEL LONGITUDINAL 10
4.5 REDUÇÃO NA FREQUÊNCIA DOS VAZAMENTOS 11
4.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECÔNOMICA (PAYBACK) 11
5. CONCLUSÃO 12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 13

1. INTRODUÇÃO

As ventosas são dispositivos imprescindíveis e já consolidados no sistema de distribuição de água em função da sua importante utilidade em permitir a expulsão ou admissão da entrada de ar nas tubulações, eliminando assim os possíveis problemas ocasionados pela presença deste. O ar nas tubulações é resultado de vários fatores, como será visto mais adiante.

A presença de ar nas redes de distribuição de água deve ser combatida com dispositivos de proteção a fim de propiciar o melhor escoamento da água nos condutos fechados e também de se oferecer uma melhor eficiência energética no que tange a questões de bombeamento.

A presença do ar gera preocupação aos órgãos que administram o sistema de abastecimento, que buscam soluções para evitá-lo ou diminuí-lo até um ponto em que ele seja tolerável (MIRANDA, 2011).

Este trabalho busca o aprimoramento e aperfeiçoamento sobre o assunto para o pesquisador, ocasionando um amplo conhecimento sobre o assunto abordado, trazendo novos aprendizados que contribuem para a qualificação do futuro profissional.

Ressalta-se a importância da escrita do trabalho uma vez que, diante da já estabelecida necessidade de se fazer uso destes dispositivos, encontram-se no mercado diferentes tipos de ventosas: Ventosas Simples, Bi Função, Tríplice Função e Quadrifunção. Cada tipo de ventosa tem a sua aplicação destinada a um tipo específico de caso, e o objeto do presente trabalho está relacionado com a utilização de ventosas do tipo Quadrifunção. As ventosas Quadrifunção, por sua vez, são dispositivos que, como o próprio nome já deduz, possuem quatro funções distintas: expulsar o ar, admitir o ar, fazer o controle do ar e a quarta função, que seria a de fechamento lento, com o propósito de se amortecer transientes hidráulicos.

Todas as funções da válvula serão novamente abordadas no decorrer do trabalho. Logo, o presente estudo trata-se de um trabalho que expressa um conteúdo aprofundado, instruído a mostrar problemas e soluções, com a finalidade de contribuir com o desenvolvimento e crescimento da área estudada e da profissão escolhida. Tem o propósito ainda de comprovar à Instituição de ensino os conhecimentos adquiridos no decorrer do curso. Nesse contexto, apresenta-se o seguinte questionamento: Qual a importância da aplicabilidade de ventosas Quadrifunção nos sistemas de distribuição de água para eficácia na proteção das redes de distribuição contra vazamentos ocasionados pela presença de ar?

Diante do exposto, para responder a este questionamento, o presente trabalho objetiva demonstrar a importância da utilização de ventosas Quadrifunção nos sistemas de distribuição de água, de modo a propiciar a proteção das redes de distribuição contra vazamentos ocasionados pela presença de ar. Tal objetivo, para melhor entendimento e compreensão da abordagem do assunto, foi dividido em três objetivos específicos, sendo eles: relatar como funciona a mecânica dos sistemas de distribuição de água e suas possíveis falhas que ocasionam vazamentos; apresentar a abordagem objetiva acerca das principais questões pertinentes à utilização das válvulas ventosas; destacar alguns dos benefícios no uso das válvulas Quadrifunção nos sistemas de distribuição para prevenção e controle de vazamentos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a aplicabilidade técnica da utilização de válvulas ventosas quadrifunção como mecanismo de proteção contra vazamentos em sistemas de distribuição de água, por meio da avaliação do comportamento hidráulico associado aos processos de admissão, expulsão e controle de ar em redes pressurizadas. Adicionalmente, busca-se realizar uma verificação preliminar do dimensionamento e da capacidade operacional de uma ventosa instalada em um trecho real da rede de distribuição da Rua Marquês de Olinda, em Joinville/SC, correlacionando as características geométricas da tubulação, o perfil longitudinal do terreno e as condições de enchimento e esvaziamento da rede com o desempenho esperado do dispositivo, de modo a evidenciar sua contribuição para mitigação de transientes hidráulicos, prevenção de vazamentos e aumento da confiabilidade operacional do sistema de abastecimento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o alcance do objetivo principal, delinearam-se as seguintes metas específicas:

- Compreender os mecanismos hidráulicos relacionados à presença, ao acúmulo e ao deslocamento de ar em sistemas de distribuição de água, bem como os impactos decorrentes desse fenômeno sobre o desempenho operacional das redes;
- Identificar e descrever os princípios de funcionamento, aplicações e diferenças operacionais entre os principais tipos de válvulas ventosas empregados em sistemas de abastecimento de água, com ênfase nas ventosas quadrifunção;
- Avaliar, por meio de um estudo aplicado em trecho da rede de distribuição da Rua Marquês de Olinda, em Joinville/SC, as condições hidráulicas relacionadas ao enchimento, esvaziamento e formação de bolsões de ar, considerando as características geométricas e o perfil longitudinal da tubulação;
- Realizar uma verificação preliminar da capacidade de admissão e expulsão de ar da ventosa selecionada, correlacionando o volume interno da rede, as vazões estimadas de operação e os requisitos mínimos para proteção hidráulica do sistema;
- Demonstrar a contribuição da utilização de ventosas quadrifunção para o controle de transientes hidráulicos, mitigação da ocorrência de pressões negativas e redução do potencial de vazamentos em redes de distribuição de água;
- Evidenciar os benefícios operacionais, econômicos e de confiabilidade associados à correta especificação e posicionamento das ventosas, considerando sua aplicação como medida preventiva em sistemas de abastecimento de água.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso descritivo e quantitativo, com foco na avaliação da aplicabilidade de válvulas ventosas quadrifunção como mecanismo de proteção contra vazamentos em sistemas de distribuição de água.

O objeto de estudo consiste na análise de um trecho da rede de distribuição localizado na Rua Marquês de Olinda, em Joinville/SC, considerando suas características geométricas, perfil longitudinal e condições operacionais relacionadas à movimentação de ar no interior da tubulação.

A metodologia adotada foi dividida em três etapas: (i) revisão bibliográfica sobre presença de ar em redes pressurizadas, transientes hidráulicos e aplicação de ventosas; (ii) levantamento das características do trecho analisado, considerando diâmetro, extensão e desnível do terreno; e (iii) realização de verificação hidráulica preliminar para estimativa do volume interno da rede e das vazões necessárias para admissão e expulsão de ar durante os processos de enchimento e esvaziamento.

Por fim, os resultados obtidos foram comparados com as condições operacionais da ventosa selecionada, buscando verificar sua adequação técnica para mitigação de transientes hidráulicos, prevenção de vazamentos e aumento da confiabilidade operacional do sistema de abastecimento.

3.1 COLETA DE DADOS, VARIÁVEIS OPERACIONAIS E FÓRMULAS UTILIZADAS

Os dados primários utilizados neste estudo de caso foram obtidos por meio do levantamento das

características geométricas e operacionais do trecho da rede de distribuição de água localizado na Rua Marquês de Olinda, no município de Joinville/SC, complementados por informações técnicas de catálogos de fabricantes e literatura especializada aplicada a sistemas de abastecimento de água.

Para avaliação preliminar da aplicabilidade da ventosa quadrifunção, os dados foram estruturados em dois eixos principais de análise:

• Eixo Geométrico e Hidráulico: levantamento dos parâmetros físicos da rede, contemplando diâmetro nominal das tubulações (DN), comprimento dos trechos, perfil longitudinal e desnível altimétrico. Foram considerados dois segmentos consecutivos de rede, sendo um trecho DN 300 com extensão aproximada de 600 m e um trecho DN 250 com extensão aproximada de 540 m, totalizando aproximadamente 1.140 m de tubulação e desnível longitudinal de aproximadamente 30 m.

• Eixo Operacional e Funcional: avaliação das condições de enchimento e esvaziamento da rede, considerando o comportamento esperado da movimentação de ar no interior das tubulações e a capacidade operacional da ventosa quanto à admissão, expulsão e controle do ar.

Para uniformização dos cálculos hidráulicos e permitir comparação entre os cenários avaliados, adotou-se velocidade hidráulica de referência igual a 1,0 m/s.

As equações utilizadas para análise foram as seguintes:

- **Equação 1 –** Área interna da tubulação
- **$A = (\pi \times D^2) / 4$**

Onde:

- **A** = área interna da tubulação (m²);
  D = diâmetro interno da tubulação (m).

- **Equação 2 – Volume interno da tubulação**
- **$V = A \times L$**

Onde:

- **V** = volume interno do trecho (m³);
  A = área interna da tubulação (m²);
  L = comprimento da tubulação (m).

Esta equação foi utilizada para estimar o volume interno total do sistema e, consequentemente, o volume inicial de ar presente na tubulação antes do enchimento.

- **Equação 3 –** Vazão hidráulica de referência
- **$Q = A \times V$**

Onde:

- **Q** = vazão volumétrica (m³/s);
  A = área interna da tubulação (m²);
  V = velocidade média do escoamento (m/s).

A equação foi empregada para estimar as vazões de admissão e expulsão de ar requeridas durante os processos de esvaziamento e enchimento da rede.

- **Equação 4 –** Conversão de vazão para unidade horária
- **$Q(h) = Q \times 3600$**

Onde:

- **Q(h)** = vazão convertida para m³/h;
  Q = vazão em m³/s.

Os resultados obtidos permitiram estimar as condições hidráulicas do sistema e confrontá-las com a capacidade operacional da ventosa quadrifunção selecionada, verificando sua adequação para controle de bolsas de ar, mitigação de transientes hidráulicos e proteção da rede contra vazamentos.

A seleção das equações utilizadas fundamenta-se nos princípios clássicos da hidráulica aplicada a condutos forçados e em metodologias amplamente empregadas no dimensionamento preliminar de sistemas de abastecimento de água, conforme referências consolidadas da engenharia hidráulica e sanitária.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 ESTUDO DE CASO: REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA RUA MARQUÊS DE OLINDA

Com o propósito de validar, em campo, os fundamentos teóricos desenvolvidos ao longo deste trabalho, foi conduzido um estudo de caso aplicado a um trecho da rede de distribuição de água localizado na Rua Marquês de Olinda, no município de Joinville/SC. Para tanto, realizou-se o levantamento e a análise do histórico de ocorrências de vazamentos, estabelecendo-se uma comparação entre o comportamento operacional da rede nos períodos anterior e posterior à implantação de 1 ventosa quadrifunção.

A seleção do trecho analisado foi fundamentada em critérios técnicos, destacando-se as características topográficas da região e o elevado índice histórico de ocorrências de vazamentos, fatores que indicavam forte potencial para avaliação dos impactos decorrentes da instalação dos dispositivos.

A base de dados considerada contempla uma série histórica de 21 anos (2005–2026), conferindo elevada consistência estatística à análise e permitindo identificar padrões operacionais e tendências de desempenho em horizontes de médio e longo prazo. Essa amplitude temporal reduz significativamente a influência de eventos isolados ou efeitos sazonais, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos e fortalecendo as conclusões acerca da efetividade da solução implementada.

Figura 1. Localização geográfica da rua Marques de Olinda, no município de Joinville, Santa Catarina



Fonte: Google.earth.com.br

.

4.2 DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA CAPACIDADE DE ADMISSÃO E EXPULSÃO DE AR DA VENTOSA INSTALADA NO TRECHO DA RUA MARQUÊS DE OLINDA

Para avaliação da adequação da ventosa instalada no trecho estudado da Rua Marquês de Olinda, foi realizada uma verificação hidráulica preliminar com o objetivo de estimar o volume interno da tubulação e as vazões de ar necessárias para os processos de enchimento e esvaziamento da rede.

A análise foi desenvolvida considerando o perfil longitudinal do trecho e a necessidade de funcionamento da ventosa nas condições de expulsão de grandes volumes de ar durante o enchimento, admissão de ar durante o esvaziamento e eliminação contínua de pequenas bolsas de ar durante a operação normal.

Caracterização do trecho analisado:

O trecho em estudo apresenta as seguintes características geométricas:
Trecho 1: tubulação DN 300 com extensão aproximada de 600 m;
Trecho 2: tubulação DN 250 com extensão aproximada de 540 m;
Comprimento total: 1.140 m;
Desnível longitudinal aproximado: 30 m.

Para fins de simplificação do cálculo preliminar, foram consideradas as seguintes premissas:
enchimento e esvaziamento ocorrendo no sentido do aclive do terreno;
velocidade hidráulica de referência igual a 1,0 m/s;
existência de uma única ventosa instalada no ponto alto do sistema.
Cálculo do volume interno da tubulação
O volume interno de cada trecho foi determinado pela Equação 1.
Equação 1 – Volume interno da tubulação

$$V = A \times L$$

Onde:
V = volume interno da tubulação (m^3);
A = área interna da seção transversal (m^2);
L = comprimento do trecho (m).

A área da seção transversal foi calculada por meio da Equação 2.
Equação 2 – Área da seção transversal

$$A = (\pi \times D^2) / 4$$

Onde:
A = área da seção transversal (m^2);
D = diâmetro interno da tubulação (m).

Trecho DN 300
Aplicando a Equação 2:

$$A_{300} = (\pi \times 0{,}30^2) / 4$$
$$A_{300} = 0{,}0707\ m^2$$

Substituindo na Equação 1:

$$V_{300} = 0{,}0707 \times 600$$
$$V_{300} = 42{,}4\ m^3$$

Trecho DN 250
Aplicando a Equação 2:

$$A_{250} = (\pi \times 0{,}25^2) / 4$$
$$A_{250} = 0{,}0491\ m^2$$

Substituindo na Equação 1:

$$V_{250} = 0{,}0491 \times 540$$
$$V_{250} = 26{,}5\ m^3$$

Volume total do sistema

$$V_{total} = 42{,}4 + 26{,}5$$
$$V_{total} = 68{,}9\ m^3$$

Assim, estima-se que o trecho analisado possua aproximadamente 69 m^3 de volume interno, representando também o volume inicial de ar presente na tubulação antes do enchimento.

Estimativa das vazões de ar para operação da ventosa

Para verificação preliminar da capacidade de admissão e expulsão de ar, foi considerada velocidade hidráulica de referência igual a 1,0 m/s.

A vazão foi determinada pela Equação 3.

Equação 3 – Vazão

$Q = A \times V$

Onde:

Q = vazão (m^3/s);

A = área interna da tubulação (m^2);

V = velocidade do escoamento (m/s).

Condição de admissão de ar (esvaziamento)

Como o trecho limitante corresponde ao DN 250:

$Q = 0{,}0491 \times 1$

$Q = 0{,}0491\ m^3/s$

Convertendo para m^3/h:

$Q = 177\ m^3/h$

Portanto, para evitar a formação de vácuo durante o esvaziamento da rede, estima-se necessidade de admissão de aproximadamente 177 Nm^3/h de ar.

Condição de expulsão de ar (enchimento)

Considerando enchimento pelo trecho DN 300:

$Q = 0{,}0707 \times 1$

$Q = 0{,}0707\ m^3/s$

Convertendo:

$Q = 254\ m^3/h$

Logo, a ventosa deverá apresentar capacidade mínima estimada de 254 Nm^3/h para expulsão de ar durante o enchimento.

4.3 INFLUÊNCIA DAS LIGAÇÕES DOMICILIARES NA EXPULSÃO DE AR

Os cálculos apresentados neste estudo consideraram, de forma simplificada e conservadora, que todo o volume de ar deslocado durante o enchimento da rede seria expelido pela ventosa instalada no ponto alto do sistema. Essa hipótese foi adotada com o objetivo de verificar a capacidade máxima potencial requerida do dispositivo.

Entretanto, em sistemas reais de distribuição de água, parte do ar pode ser naturalmente eliminada por meio das ligações domiciliares, hidrômetros, ramais prediais e pontos de consumo eventualmente abertos durante o processo de enchimento da rede. Dessa forma, a vazão efetivamente descarregada pela ventosa tende a ser inferior à vazão estimada pelo presente dimensionamento.

A contribuição das ligações domiciliares depende de fatores operacionais, tais como número de ligações existentes, consumo simultâneo, abertura de registros internos e sequência de enchimento da rede, variáveis que não foram objeto deste estudo.

Assim, os valores calculados representam um cenário conservador de dimensionamento, garantindo que a ventosa selecionada possua capacidade suficiente mesmo na condição mais desfavorável, na qual a expulsão do ar ocorra predominantemente pelo próprio dispositivo

4.4 INFLUÊNCIA DO DESNÍVEL LONGITUDINAL

O desnível aproximado de 30 m ao longo do trecho não provoca aumento direto da vazão requerida da ventosa. Entretanto, essa condição favorece a formação e concentração de bolsas de ar em pontos elevados da rede.

Adicionalmente, o perfil em aclive pode aumentar a sensibilidade do sistema durante operações de enchimento, elevando o risco de fechamento prematuro da ventosa e tornando mais relevante o correto posicionamento do equipamento ao longo do perfil hidráulico.

Dessa forma, além da capacidade de vazão de ar, o posicionamento da ventosa constitui parâmetro fundamental para garantir o desempenho hidráulico adequado do sistema.

4.5 REDUÇÃO DA FREQUÊNCIA DE VAZAMENTOS

Os registros operacionais evidenciam que, no período anterior à instalação do dispositivo — entre 2005 e 2020, totalizando 180 meses —, foram identificadas 43 ocorrências de vazamento no trecho de rede analisado. Após a instalação da ventosa quadrifunção, em 2020, o número de ocorrências no período subsequente, de 72 meses (até abril de 2026), reduziu-se para apenas 7 vazamentos.

Para eliminar o viés decorrente da diferença de duração entre os dois períodos analisados, optou-se por avaliar a frequência mensal de ocorrências, expressa pela razão entre o número de vazamentos e o número de meses de cada período. Essa abordagem permite uma comparação proporcional e estatisticamente consistente entre os cenários pré e pós-instalação.

Os resultados indicam que a frequência mensal de vazamentos foi reduzida de 23,89% (período pré) para 9,72% (período pós), o que representa uma redução de aproximadamente 59,3% na taxa de ocorrência de falhas, evidenciando uma melhora substancial na estabilidade operacional da rede, conforme apresentado na Tabela 1.

Figura 2. Tabela 1 - Comparativo Operacional (rua Marquês de Olinda)Período 01/01/2024 - 01/01/2025

Indicador	Período Pré (2005-2020)	Período Pós (2020-2026)	Variação (%)
Total de vazamentos	43	7	-83,7%
Meses analisados	180	72	-
Frequência mensal	23,89%	9,72%	-59,3%

Fonte: Elaborado pelo autor , 2026.

Os dados consolidados na Tabela 1 demonstram, em termos absolutos, uma redução de 83,7% no número total de vazamentos, acompanhada de uma queda de 59,3% na frequência mensal de ocorrências — indicador mais representativo, por desconsiderar a diferença na extensão temporal dos períodos comparados. Esse comportamento corrobora a hipótese de que a presença da ventosa quadrifunção, ao atenuar os transientes hidráulicos por meio do mecanismo de fechamento lento, contribui diretamente para a redução das solicitações mecânicas impostas à tubulação, mitigando a ocorrência de rupturas e vazamentos ao longo da rede.

4.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA (PAYBACK)

Além dos ganhos operacionais observados, procedeu-se à análise da viabilidade econômica da intervenção, considerando o custo de aquisição do equipamento frente à economia gerada pela redução das atividades de manutenção corretiva e pela diminuição do volume de água não faturada associado aos vazamentos.

O investimento necessário para a aquisição da ventosa quadrifunção totalizou R$ 3.550,00. Em contrapartida, a redução na frequência das intervenções de manutenção, somada à economia decorrente da menor perda de água, resultou em uma economia anual estimada de R$ 3.728,40, conforme detalhado na Tabela 2.

A partir desses valores, calculou-se o tempo de retorno do investimento (payback simples), obtendo-se o valor de 0,95 anos, ou seja, aproximadamente 11,4 meses. Esse resultado demonstra que o investimento realizado é integralmente recuperado em menos de um ano de operação, evidenciando a elevada atratividade econômica da solução sob a ótica da gestão de ativos e do controle de perdas.

Figura 3. Tabela 2 – Resumo Financeiro e Payback

Item	Valor (R$)
Custo de aquisição da ventosa	R$ 3.550,00
Economia anual total (manutenção + água)	R$ 3.728,40
Tempo de retorno (payback)	**0,95 anos**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Os resultados obtidos no estudo de caso da Rua Marquês de Olinda corroboram, de forma consistente, a fundamentação teórica apresentada neste trabalho, demonstrando que a instalação de ventosas quadrifunção representa não apenas uma medida de proteção hidráulica eficaz, mas também um investimento financeiramente vantajoso, com retorno em prazo inferior a doze meses de operação.

5. CONCLUSÃO

Existem diversos estudos que comprovam que o ar está presente no interior de uma tubulação por diversos fatores. As bolsas de ar aprisionadas em um sistema de adução constituem uma fonte de potenciais problemas, sendo um dos principais as sobrepressões que podem gerar, mediante a sua fácil compressibilidade.

A presença do ar nas tubulações é, em muitos casos, inevitável. Uma boa solução para atenuar os problemas decorrentes dessa situação é a instalação de ventosas. Em geral, pode-se dizer que a presença de ventosas Quadrifunção suaviza o transiente hidráulico, fazendo com que as variações de pressão sejam menos bruscas e as sobrepressões não alcancem valores tão elevados.

O estudo de caso realizado na Rua Marquês de Olinda corroborou a fundamentação teórica deste trabalho, apresentando uma redução real de quase 60% na frequência de vazamentos após a instalação do dispositivo. Além disso, a análise financeira demonstrou um payback inferior a um ano, o que torna a solução extremamente atrativa sob o ponto de vista da gestão de ativos e da redução de perdas.

O uso de ventosas também vem sendo alvo de estudo no que tange à eficiência energética, visto que a presença de ar aprisionado nas tubulações diminui o espaço interno das condutas, o que obriga as bombas a realizarem maior esforço para atender a determinado volume. Diante do exposto, e da já consolidada necessidade de se dispor dessas válvulas de ar em um sistema de distribuição, o presente trabalho evidencia a necessidade de possuirmos destes acessórios essenciais para a longevidade das tubulações, bem como para a maximização da eficiência das bombas de recalque de água.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, expresso meus sinceros agradecimentos à Companhia Águas de Joinville (CAJ), pelo apoio institucional e pelas condições proporcionadas para o desenvolvimento deste trabalho.

Registro um agradecimento especial aos membros da Coordenação de Adução e Distribuição de Água (CAD), cuja colaboração técnica, compartilhamento de conhecimento e apoio contínuo foram determinantes para a concretização deste estudo.

Estendo igualmente minha gratidão aos profissionais que me antecederam nesta trajetória, aos atuais colegas de equipe e aos meus superiores. Seu suporte foi além do campo técnico: a confiança depositada, os direcionamentos, a sugestão do tema e o acolhimento demonstrado ao longo deste processo contribuíram significativamente para o amadurecimento deste trabalho e para minha formação profissional e pessoal.

Esta pesquisa representa mais do que um exercício acadêmico; simboliza um ciclo de aprendizado construído desde meu ingresso na companhia, sustentado pela troca de experiências, pelo conhecimento compartilhado e pelo ambiente humano que encontrei ao longo dessa caminhada.

Como afirmou Albert Einstein: “A única fonte do conhecimento é a experiência.” Que este trabalho represente não apenas um registro técnico, mas também um reflexo do aprendizado adquirido por meio da prática, da cooperação e do desenvolvimento contínuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NBR 12215 – Projeto de adutora de água para abastecimento público, 1991

2. AZEVEDO NETO, J.M. et al. Manual de Hidráulica. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

3. KOELLE, E. Análise de válvulas de ar e ventosas. São Paulo: Sabesp, 2017.

4. LESSA, R.C.; RIGHETTO, A. M. Influência das ventosas nos transientes hidráulicos. 12º Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, Camburiú, S.C. ABES, pp. 50 -65, 2013.

5. COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. Relatórios Operacionais internos e Histórico de vazamentos. Joinville, 2026.

6. TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água. 3. Ed. São Paulo: Departamento de engenharia Hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016. XIII, 643 p.

7. VIANNA, M.R. Hidráulica Básica Aplicada aos Sistemas de Abastecimento de Água, VOL. 1, Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 300 p.; 2015