

UTILIZAÇÃO DE HIDRÔMETROS VOLUMÉTRICOS E ULTRASSÔNICOS E SEUS IMPACTOS NA EVOLUÇÃO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES DA MICROMEDIÇÃO

Felipe Vieira de Luca⁽¹⁾

Eng^o Sanitarista e Ambiental – UFSC. Pós-Graduação em Gestão Pública – UFSC. Pós-Graduação Programa de Desenvolvimento de Dirigentes – Fundação Dom Cabral. Mestrando em Eng. Civil – UDESC. Coordenador de Micromedição e Faturamento, Eng^o na Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina, atuação em controle de perdas, micromedição, IoT e faturamento. LinkedIn: engfelipedeluca.

Edinara Fernanda Werner⁽²⁾

Técnica em Saneamento – Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Técnica em Saneamento, atuação em controle de perdas, micromedição, IoT – Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina. Graduação em Pedagogia – UFSC. Graduanda em Serviço Social – Faculdade Uniasselvi.

Alice Grespan⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Civil – UDESC. Estagiária, atuação em análise de dados, Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina.

Lucas Lepinski Golin Freitas⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil – UDESC. Estagiário, atuação em análise de dados, Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina.

Emilly Vitor Fritzen⁽⁵⁾

Gerente de Faturamento e Captação de Clientes, Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina. Pós-Graduação em Gerenciamento de Projetos – Faculdade Anhanguera. Engenheira de Alimentos – UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rua XV de Novembro, 3.950 - Glória - Joinville - Santa Catarina - CEP: 89216-202 - Brasil - Tel: +55 (47) 99286-0005 - e-mail: felipe.luca@aguasdejoinville.com.br

RESUMO

A importância do hidrômetro no contexto das concessionárias de saneamento é absoluta, uma vez que este componente é utilizado para medir o consumo dos usuários, e com base nisso efetuar o faturamento pelo commodity vendido. O volume micromedido apurado pelos hidrômetros é ainda componente chave na avaliação do balanço hídrico, permitindo apuração de boa parte das perdas aparentes, e possibilita gestão adequada da demanda necessária para atendimento das necessidades de consumo da cidade. Este trabalho tem como objetivo analisar a evolução dos resultados dos indicadores da micromedição, gerada pela aplicação de modelo de gestão dos ativos com uso de medidores volumétricos e ultrassônicos, para gerenciamento do parque de hidrometria da Companhia Águas de Joinville. A concessionária adotou estratégia de utilização do medidor volumétrico como padrão de ligação, em substituição ao taquimétrico, usualmente utilizado no Brasil. Tal estratégia veio acompanhada de outras ações como uso dos medidores ultrassônicos para grandes consumidores, um intenso programa de renovação do parque, e metodologia de priorização de substituições baseada em modelagem matemática do decaimento da performance dos medidores. Os resultados permitiram concluir que a migração de tecnologia utilizada na micromedição, com utilização de medidores ultrassônicos e volumétricos (classe metrológica “C”), frente ao uso de taquimétricos uni ou multijato (classe metrológica “B”), possibilitou a redução drástica do índice de submedição do parque, evoluindo de 11,69% no ano de 2016, para 3,47% em 2021, e repercutiu em redução do índice de perdas aparentes e aumento de faturamento.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão do Parque de Hidrômetros. Indicadores da Micromedição. Gestão de Perdas Aparentes.

INTRODUÇÃO

Tratando-se do desenvolvimento sustentável, a água representa um recurso essencial para a sociedade contemporânea, tendo esta uma relação com fatores econômicos, sociais e ambientais (UNESCO, 2014). Neste contexto, o acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário adequados é considerado um direito fundamental para que se possa assegurar condições satisfatórias de habitação, saúde e também de preservação do meio ambiente (IBGE, 2017).

Considerando a importância da água, as companhias de saneamento possuem um papel fundamental no processo de amenizar o desperdício de água, pois estas são responsáveis pela coleta, tratamento e distribuição deste recurso natural. Recentemente, as companhias de saneamento vêm aplicando um grande esforço não somente para atender à expansão dos sistemas de abastecimento de água, mas também para distribuir água potável com maior qualidade e menor custo (LOENERT, 2003).

A quantidade de água perdida desde o processo de coleta até seu eventual uso final é considerável. As companhias de saneamento devem se atentar a necessidade de se medir precisamente o volume de água em seus respectivos sistemas de distribuição com o intuito de reduzir as perdas, ou mesmo o desperdício de água (HEINER et al., 2011).

Um sistema de abastecimento de água é definido como a instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (INMETRO, 2011).

A eficácia operacional dos sistemas de abastecimento de água tem sido um tópico amplamente contestado no que se refere à elevada perda de água, não somente pela sua importância para o desenvolvimento sustentável, mas também pelo fato de que o setor de distribuição de água representa uma parcela considerável do consumo de energia global (AGUIAR, 2019). Salienta-se que o processo de tomada de decisões para o gerenciamento da distribuição de água é uma atividade consideravelmente complexa, pois diferentes grupos e indivíduos possuem distintos interesses sociais, econômicos e políticos (MORAIS e ALMEIDA, 2006).

As perdas em um sistema de abastecimento podem ser classificadas, de acordo com a International Water Association – IWA (Associação Internacional da Água), como perdas reais e aparentes. As perdas reais representam as perdas físicas contidas em um sistema de abastecimento, como por exemplo os vazamentos, enquanto perdas aparentes estão relacionadas a submedição em hidrômetros e consumos não-autorizados (fraudes). A medição precisa dos volumes de água é extremamente importante para combater o desperdício, pois esta permite apurar os volumes reais utilizados e também possibilita a detecção de vazamentos (PEREIRA e ILHA, 2008).

No contexto de micromedição, os hidrômetros são os equipamentos responsáveis pelo registro do volume de água que flui por uma determinada seção de uma tubulação. Infere-se que um hidrômetro que apresenta baixo desempenho acarreta para a companhia de saneamento uma parcela maior de perda de água quando comparado a um hidrômetro com bom desempenho, devido ao efeito da submedição. A queda de desempenho de um hidrômetro pode ser proveniente de vários fatores: instalação incorreta, falta de calibração periódica, defeitos de fabricação e baixa qualidade do equipamento (BAKER, 2017; PEREIRA e ILHA, 2008).

Em pese a existência de várias abordagens para o gerenciamento do parque, menos atenção tem sido dada ao impacto do risco de falha do medidor nas receitas das concessionárias e no tempo ótimo de substituição, bem como na adequada tecnologia de medição a ser empregada (YAZDANDOOST et al., 2018). Surge neste contexto oportunidades de pesquisas que abordem tais temáticas.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo analisar a evolução dos resultados dos indicadores da micromedição, em vista da aplicação de modelo de gestão dos ativos adotado para gerenciamento do parque de hidrometria da Companhia Águas de Joinville, concessionária responsável pelos serviços de água e esgoto da cidade de Joinville / SC, especificamente quanto à migração de tecnologia de medição para hidrômetros classe metroológica C, do tipo volumétrico e ultrassônico.

Dentro do contexto dos sistemas de abastecimento o processo de medição constitui um instrumento indispensável que possibilita a obtenção de diversas variáveis, permitindo explorar as melhores formas de operação do sistema de abastecimento em todas as suas partes: captação, produção, reservação e distribuição. Apresenta ainda influência direta nos indicadores de perdas e eficiência de faturamento das concessionárias. Surge daí a justificativa para realização desta pesquisa.

DESENVOLVIMENTO

Um dos principais componentes das perdas aparentes das concessionárias de saneamento é a ineficiência dos equipamentos de medição, a qual é gerada, entre outros fatores, pela falta de manutenção preventiva do parque de hidrômetros, e uso de tecnologias inapropriadas de medição (COELHO, 2009).

Os hidrômetros apresentam imprecisão natural que varia com os tipos de medidores. Esta imprecisão pode ser incrementada devido a fatores tais como: instalação inadequada, descalibração do medidor, dimensionamento inadequado, operação em baixas velocidades, grande amplitude de operação entre vazões máximas e mínimas, problemas na transmissão dos dados (ao se utilizar medição remota, IoT), erros de paralaxe, dentre outros (TARDELLI FILHO, 2004).

A submedição é ampliada com práticas de instalação incorretas, falta de manutenção ou calibração (desgaste interno de peças), utilização do tipo incorreto de medidor (unijato, multijato, volumétrico, woltman, etc) e classe metrológica, dimensionamento incorreto, sólidos em suspensão, vazamentos, dentre outros, embora isso varie com a tecnologia dos medidores utilizada. (THORNTON e RIZZO, 2002; ARREGUI et al., 2005; ARREGUI et al., 2006; ARREGUI et al., 2007).

Desta forma, para maior precisão dos volumes micromedidos e conseqüentemente diminuição das perdas aparentes, em geral, são realizadas pelas concessionárias de saneamento, campanhas periódicas de substituição dos hidrômetros, as quais englobam substituições preventivas e corretivas que são representadas respectivamente por: equipamentos que estão funcionando, porém com desempenho abaixo do almejado; e os que estão danificados e, por conseguinte não registram a água consumida. A preventiva prioriza equipamentos com menor desempenho e/ou os mais antigos de acordo com o volume que seria recuperado mensalmente em caso da troca do equipamento por um novo.

Na Companhia Águas de Joinville, local de realização desta pesquisa, esta análise é realizada através da apuração do índice de desempenho metrológico – IDM, dos hidrômetros. A metodologia de apuração do índice de desempenho metrológico – IDM, se faz presente na ABNT NBR 15.538 de 2014. O Índice de Desempenho Metrológico (IDM), e trata-se de um valor numérico percentual que corresponde ao desempenho dos hidrômetros, calculado pela equação 1 (ABNT, 2014).

$$\text{IDM} = 100 + \text{EP} \quad \text{equação (1)}$$

Onde “EP” significa o erro ponderado, a parcela de água não registrada pelo medidor, um parâmetro de avaliação de desempenho obtido pela associação entre o perfil de consumo típico descrito na NBR 15.538 e o erro relativo apresentado pelo medidor de água, em faixas de vazões previamente definidas, representado pela equação 2. Os pesos e vazões podem ser consultados na tabela 1. (ABNT, 2014).

$$\text{EP} = \{ \sum [(\text{erro } Q_x) * (\text{peso } Q_x)] \} / 100 \quad \text{equação (2)}$$

Qx: Trata-se das vazões do ensaio, a tabela a seguir representa as 10 faixas de vazões e seus respectivos pesos:

Tabela 1: Vazões de Ensaio em hidrômetros – Adaptado ABNT NBR 15.538:2014.

FAIXAS DE VAZÃO (L/h)	VAZÕES DE ENSAIO (L/h)	PERFIL DE CONSUMO (%)
0 a 5	2,5	4,56
5 a 15	10	6,99
15 a 30	22,5	6,83
30 a 50	40	7,34
50 a 150	100	23,21
150 a 350	250	23,92
350 a 550	450	12,27
550 a 850	700	7,29
850 a 1150	1000	5,86
1150 a 1500	1325	1,73

O IDM representa, portanto, a porcentagem de medição do equipamento nos termos especificados na ABNT NBR 15.538 / 2014. (ABNT, 2014).

O programa de gestão de ativos da hidrometria da Companhia Águas de Joinville leva em conta não apenas o índice de desempenho metrológico do medidor, mas também o volume consumido pela referida ligação onde tal medidor encontra-se instalado. Assim, muitas vezes um hidrômetro com menor volume totalizado e maior IDM, porém instalado em uma ligação com alto consumo real, pode vir a ser substituído mais precocemente do que um outro um hidrômetro com maior volume totalizado e menor IDM, porém com menor consumo real. Isso se deve ao impacto que cada medidor vem a causar individualmente nas perdas aparentes e perda de receita da concessionária de saneamento.

O volume real passado pelo medidor, por sua vez é calculado pela equação 3.

$$\text{Volume real} = \text{Volume medido} / (\text{IDM}/100) \quad \text{equação (3)}$$

Cada hidrômetro unitariamente possui uma submedição, que representa a quantidade de água que passa pela câmara de medição sem o devido registro, ou seja, a água não é medida devido a diminuição do seu desempenho ao longo do tempo ou quantidade de água já passada pelo mesmo (COELHO, 2009).

A contribuição da somatória da perda de desempenho de todos os hidrômetros gera uma submedição do parque de medidores para a companhia como um todo. Assim, as substituições preventivas têm por principal objetivo a redução da submedição da concessionária, com impacto no índice de perdas e perda de faturamento.

Há vários tipos de hidrômetros disponíveis no mercado e cada qual é indicado para uma situação e possui uma curva de desgaste diferente ao longo do tempo. As diferenças entre eles são: a forma de medir a água passada, a vazão de início de funcionamento (vazão que o hidrômetro começa a efetivamente medir a água passada), a vazão de sobrecarga (vazão máxima que ele consegue medir a água passada por pouco tempo sem apresentar desgaste) e a classe metrológica ou range de vazão (dependendo do regulamento técnico metrológico no qual o medidor foi, ou venha a ser aprovado).

Os hidrômetros mais utilizados podem ser classificados como hidrômetros de volume e hidrômetros de velocidade (VICENTINI, 2012). Todavia, recentemente novas tecnologias foram aderidas ao mercado dando origem aos hidrômetros eletromagnéticos e ultrassônicos.

A escolha do tipo de hidrômetro depende das condições locais, operacionais e da importância do ponto a ser medido, sendo indispensável a calibração do medidor em todos os casos, feita em bancada ou no próprio local da instalação (RECESA, 2008).

Os principais tipos de hidrômetros disponíveis no mercado e seus princípios de funcionamento são:

- a) **Hidrômetros Volumétricos:** tem seu princípio de funcionamento baseado na medida real de volumes a partir do enchimento e esvaziamento, de forma cíclica, de sua câmara. Essa característica torna-o mais sensível a baixas vazões em relação aos hidrômetros velocimétricos (PEREIRA e ILHA, 2008). Um mecanismo adequado permite que o movimento seja transferido da peça móvel da câmara de medição a um sistema de conversão, totalização e indicação (BAKER, 2016). Os hidrômetros volumétricos, em média, têm uma vida útil longa e apresentam menores erros, sendo desta forma recomendados para o combate de perdas de receitas e desperdício em instalações domiciliares (VICENTINI, 2012). A principal desvantagem do hidrômetro volumétrico é que este apresenta uma maior sensibilidade aos sólidos em suspensão na água, que podem ocasionar o travamento do movimento da peça móvel da câmara de medição, interrompendo a passagem da água (VICENTINI, 2012). Em sistemas com estas características deve-se avaliar a instalação de filtros com malha de filtração fina para minimizar a influência dos sólidos sob o hidrômetro volumétrico (AGUIAR, 2019).
- b) **Hidrômetros de velocidade:** O hidrômetro de velocidade, também chamado de velocimétricos, taquimétricos ou inferenciais, convertem a velocidade de escoamento da água em números de rotações de uma turbina ou hélice que por sua vez é proporcional ao volume escoado através do medidor (VICENTINI, 2012; BAKER, 2016). A medição é obtida de forma indireta, por correlação entre o número de revoluções da turbina ou hélice e o volume de água (AGUIAR, 2019; BAKER, 2016). Devido ao seu baixo custo e simplicidade de manutenção, os medidores velocimétricos foram se popularizando no mundo e hoje são os instrumentos mais utilizados,

especialmente no Brasil, onde estes representam a grande maioria dos hidrômetros em operação (PEREIRA e ILHA, 2008). As principais vantagens do hidrômetro velocimétrico se referem a sua reduzida perda de carga, menor custo em comparação aos hidrômetros volumétricos e a possibilidade de funcionamento acima das vazões de projeto em casos extremos. Todavia, os hidrômetros velocimétricos apresentam algumas desvantagens como uma vida útil menor em relação aos volumétricos, a necessidade de diversos cuidados na instalação: posicionamento na horizontal e a necessidade de trechos retos a montante e jusante da tubulação (PEREIRA e ILHA, 2008). Os principais tipos existentes de hidrômetros velocimétricos são monojato (também conhecido como unijato), multijato, tipo Woltmann e compostos (PEREIRA e ILHA, 2008; COELHO, 1996). O hidrômetro Monojato, Unijato ou Jato Único funciona de acordo com o seguinte princípio: a turbina é acionada por somente um jato de líquido. O jato de líquido incide diretamente na turbina ocasionando o giro da mesma. Ressalta-se que impurezas aglomeradas na passagem podem aumentar a velocidade do fluido, desta forma ocasionando imprecisões nas medições (AGUIAR, 2019). Em contraste com o modelo unijato, o hidrômetro taquimétrico multijato consiste em múltiplos jatos que incidem tangencialmente à turbina. O hidrômetro multijato tende a ter uma maior durabilidade quando comparado ao unijato em situações com regime de vazões mais elevadas, entre a vazão nominal e a máxima (AGUIAR, 2019). Hidrômetros unijato, em teoria, apresentam um melhor desempenho para baixas vazões e possuem vazões iniciais mais baixas, em relação aos hidrômetros multijato (ARREGUI et al., 2007). De forma similar aos hidrômetros unijato, a velocidade angular do impulsor depende da velocidade dos jatos de água. Consequentemente, qualquer modificação que afete o fluxo ou a velocidade de entrada da água na câmara de mensuração irá afetar a curva de erro (ARREGUI et al., 2007). O hidrômetro velocimétrico do tipo Woltmann opera de acordo com o seguinte princípio: uma turbina instalada dentro de um duto fechado atua no fluxo, na direção axial em relação ao eixo da turbina (AGUIAR, 2019).

- c) **Hidrômetros Eletromagnéticos:** Em 1832 Faraday descobriu a possibilidade de induzir voltagens em líquidos se movimentando ao longo de um campo magnético, todavia o primeiro projeto de um hidrômetro eletromagnético registrado foi feito por Willians em 1930 (BAKER, 2016). Um hidrômetro eletromagnético utiliza o princípio da Lei da Indução de Faraday. De forma sucinta, uma indução magnética ocorre quando um fluido condutor se move por um campo magnético. Este campo magnético é criado, normalmente, por bobinas posicionadas nas paredes da tubulação perpendicular ao fluxo do líquido. Finalmente, dois eletrodos são posicionados nas paredes da tubulação, perpendicular a ambos o fluxo do líquido e as bobinas indutoras. Tais eletrodos são responsáveis por registrarem a voltagem do sistema, que pode ser utilizada para inferir o fluxo de água na tubulação, utilizando-se de equações e constantes fornecidas pelo fabricante do hidrômetro (BAKER, 2016). É comum que um hidrômetro eletromagnético seja utilizado para validar as condições de instalações de hidrômetros, pois este é considerado um dos melhores hidrômetros disponíveis e amplamente utilizado em sistemas de abastecimento de água (MARTIN, 2005). Ademais, o hidrômetro eletromagnético tem ampla utilização no setor industrial para mensuração e monitoramento de fluxo, devido a sua simples estrutura e alta precisão (PENG *et al.*, 2012).
- d) **Hidrômetros Ultrassônicos:** A primeira proposta de utilização de ondas ultrassônicas para mensurar fluxo de um líquido foi proposta por uma patente alemã em 1928, porém somente a partir de 1945 a ideia foi difundida com a invenção de transdutores piezoelétricos, que tornaram aplicações ultrassônicas mais atrativas para o mercado (BAKER, 2016). Hidrômetros ultrassônicos utilizam ondas sonoras para determinar a velocidade de um fluido presente em uma tubulação. Quando não há fluxo na tubulação, as frequências das ondas ultrassônicas transmitidas na tubulação e suas respectivas ondas refletidas pelo fluido, são as mesmas. Já quando há a presença de fluxo na tubulação, a frequência da onda refletida pelo fluido é distinta devido ao efeito Doppler. Quanto mais rápido o fluido se move, maior a frequência aumenta, de forma linear. Finalmente, o transmissor acoplado processa os sinais das ondas transmitidas e suas reflexões para determinar o fluxo do líquido (BAKER, 2016). Hidrômetros ultrassônicos apresentam a grande vantagem de não serem invasivos, o que o torna mais adequado quando aplicado em sistemas de distribuição de gás, para mensurar o fluxo de oleodutos, e do abastecimento de água, além de outras áreas (RAJITA e MANDAL, 2016).

Os hidrômetros também podem ser classificados de acordo com sua Classe Metroológica, que é definida através de parâmetros pré-estabelecidos considerando-se os erros máximos admissíveis para os campos inferior e superior de medição de vazão (TARDELLI FILHO, 2004). As Classes Metroológicas A, B e C estão previstas para hidrômetros de vazão igual ou menor que 15m³/h (no RTM 246/2000 do INMETRO), sendo a Classe C a mais sensível à marcação de pequenas vazões, seguida pela Classe B, e finalmente pela Classe A. (INMETRO, 2000). Em suma, os hidrômetros de Classe C medem com maior exatidão pequenas vazões, em relação às classes B e A (RECESA, 2008). A classe metroológica A não é mais fabricada no mercado brasileiro.

Para a seleção do modelo e dimensionamento ótimo do hidrômetro para cada ligação de água, a Companhia Águas de Joinville leva em conta ainda o histórico de consumo de cada matrícula, bem como sua capacidade de consumo. Situações de subdimensionado acentuam o desgaste e, conseqüentemente aumentam a submedição. Ademais, vazões de trabalho acima do dimensional do medidor podem incorrer em falhas no acoplamento magnético entre a câmara de medição e a relojoaria do hidrômetro, as quais também são geradoras de submedição. Já questões de superdimensionamento irão incorrer em passagem da água em vazões mais baixas do que o limite de detecção ou erros acentuados de medição para menor, também gerando submedição. Há de se levar em consideração ainda a relação valor do medidor versus incremento de faturamento que o novo hidrômetro irá gerar. Para as matrículas com baixo potencial de geração de receita, o incremento de volume deve ser tal que garanta o retorno do investimento em observância aos princípios da engenharia econômica, ou seja, sua utilização seja viável economicamente.

A concessionária Águas de Joinville adotou uma estratégia de utilização do medidor volumétrico como padrão de ligação, em substituição ao taquimétrico, usualmente utilizado no cenário do saneamento brasileiro. Tal estratégia veio acompanhada de outras ações como uso dos medidores ultrassônicos para 100% dos grandes consumidores; um intenso programa de renovação do parque, cerca de 20% ao ano; e metodologia de priorização de substituições baseada em modelagem matemática do decaimento com previsão da performance dos medidores. Esta política de gestão de ativos da hidrometria repercutiu em alteração da configuração do inventário do parque, e conseqüentemente variação dos indicadores de submedição, os quais serão apresentados na seção de resultados.

O horizonte deste estudo estendeu-se entre os períodos de 2016 a 2021. As campanhas de substituições preventivas, com migração da tecnologia de micromedição imprimida no parque, foram conduzidas para priorizar as maiores possibilidades de recuperação de volume micromedido, reduzindo a submedição do parque e maximizando receitas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas análises a seguir pode-se notar a influência do programa de gestão de ativos da micromedição, especificamente quanto ao uso de tipo de medidor e sua respectiva classe metroológica.

Conforme pode ser visualizado na figura 1, a utilização de hidrômetros do tipo volumétrico aumentou gradativamente e de forma bastante acentuada entre os anos de 2016 e 2021, o que está diretamente correlacionado com a diminuição da submedição. Isto se deve ao fato de que os medidores do tipo volumétrico apresentam maior range de funcionamento com início de funcionamento em vazões extremamente baixas. O range de trabalho do hidrômetro do tipo volumétrico é ampliado em se comparando ao taquimétrico, além de serem mais sensíveis às baixas vazões.

Com essas observações e por conseguinte decisões da política de gestão de ativos para uso do volumétrico em larga escala, o índice de submedição do parque apresentou abrupta redução, evoluindo de 11,69% no ano de 2016, para 3,47% de 2021.

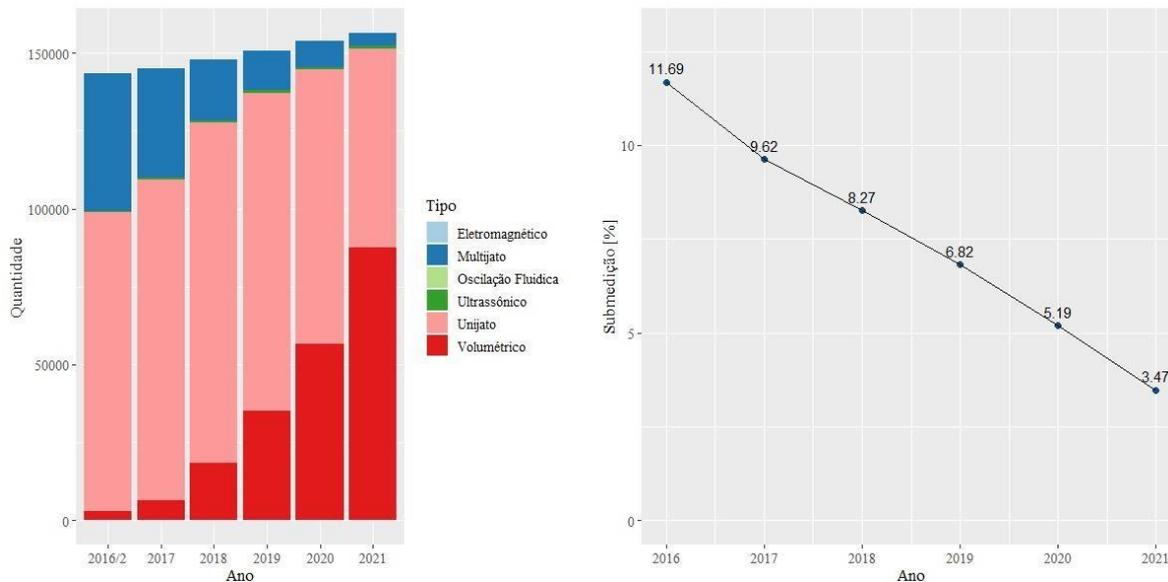


Figura 1: Comportamento da submedição de 2016 à 2021, e quantitativo de hidrômetros por tipo

O Índice de Desempenho Metrológico – IDM dos medidores volumétricos novos, em geral, fica em torno de 98 a 100%, contra 92 a 95%, em geral, para os taquimétricos novos, em função de suas características de projeto e construtivas.

Quanto à desvantagem do volumétrico em relação à travamento na presença de sólidos em suspensão, a concessionária adota a instalação de um filtro de malha fina (aproximadamente 0,175 milímetros), o que garante que quaisquer partículas acima de tal espessura não adentre à câmara de medição do mesmo. Assim, sua eficiência é mantida, ante a adoção desta medida preventiva.

Na figura 2 pode-se acompanhar o incremento da percentagem de medição realizada por medidores com classe metrológica C. Priorizou-se a utilização de hidrômetros classe metrológica C aos consumidores com maior consumo, assim, como fica evidenciado no ano de 2020, apesar de representarem em termos de quantidade menos de 50% do parque, já representavam mais de 50% do volume micromedido da cidade.

Esta boa prática, com campanhas priorizando a substituição dos hidrômetros de consumidores com grande consumo, com utilização de tecnologias de medição mais precisas, tende a recuperar mais receita, proporcionando redução de perdas aparentes.

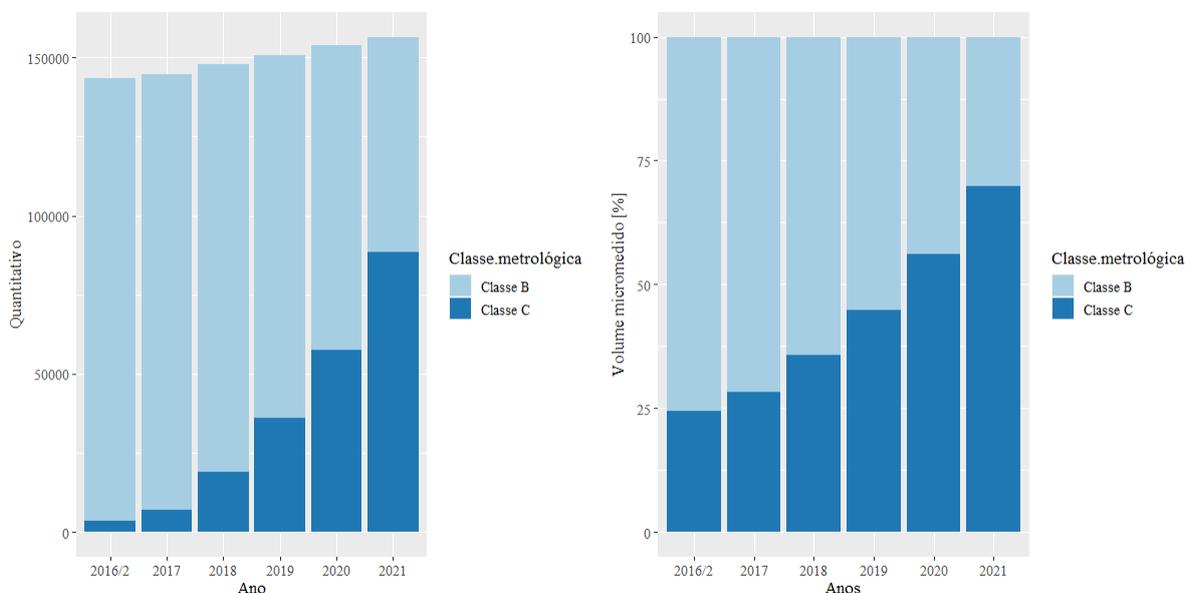


Figura 2: Quantitativo e volume micromedido por classe metrológica, 2016 à 2021.

Além das análises de classe metrológica, tipo, submedição e volume micromedido, a concessionária também inclui em seu programa de trocas preventivas a idade dos hidrômetros com a finalidade de garantir um parque dentro do preconizado pelo Regulamento Técnico Metrológico vigente do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (INMETRO, 2000). Dessa forma, os hidrômetros com mais antigos são incluídos nas campanhas de substituição preventiva. A visualização da idade média do parque de hidrômetros pode ser acompanhada na figura 3.

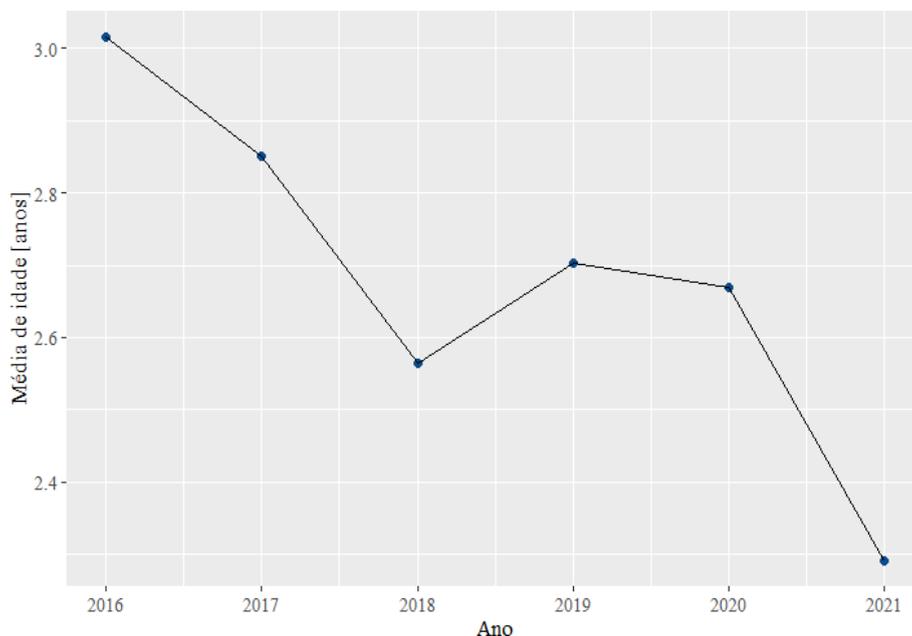


Figura 3: Evolução da idade do parque de hidrômetros de 2016 à 2021

Pode-se notar que com a substituição de cerca de 20% dos hidrômetros do parque anualmente, há uma manutenção da idade média em torno de 2,5 anos.

O comportamento das perdas de volume e de faturamento mensais ao longo dos anos de 2016 a 2021 devido à submedição pode ser visto na figura 4.

Na figura 4 pode-se visualizar que as manutenções preventivas dos hidrômetros levando em consideração a recuperação de volume, juntamente com a renovação do parque com a preocupação da idade dos equipamentos, minimizou a perda absoluta de volume micromedido. A perda média por submedição migrou de 294.709,20 m³/mês, em 2016, para 87.479,98 m³/mês em 2021, que significa incremento de 207.229,20 m³/mês de recuperação de volume micromedido.

Considerando o valor médio de venda do commodity de R\$ 4,85 /m³ e estrutura tarifária binária, sem a presença de tarifa mínima de 10 m³, a recuperação financeira seria bastante significativa mensalmente, chegando a patamares próximos a 1 milhão de reais.

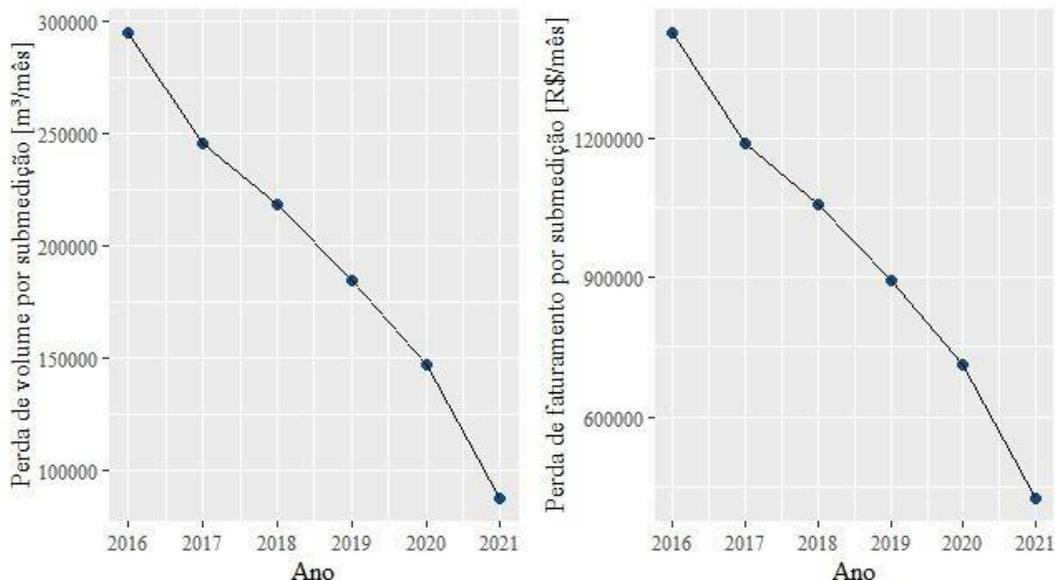


Figura 4: Perda de volume e faturamento mensais devido à submedição ao longo dos anos de 2016 à 2021

CONCLUSÕES

Os resultados permitiram concluir que a migração de tecnologia utilizada na micromedição, com utilização de medidores ultrassônicos e volumétricos, cuja classe metrológica é C, frente ao uso de taquimétricos uni ou multijato, cuja classe metrológica é B, possibilitou a redução drástica do índice de submedição do parque, o que repercute em redução do índice de perdas aparentes e aumento de faturamento.

Essa perda aparente e de faturamento causada pela submedição pode causar um desbalanceamento na receita das concessionárias, além de comprometer severamente o balanço hídrico. As campanhas de substituição preventivas com migração de tecnologia para volumétricos e ultrassônicos, além dos benefícios já citados, possibilitaram melhor direcionamento de investimento na concessionária, permitindo expansão dos serviços em regiões deficitárias. A maior durabilidade dos equipamentos em campo reduz ainda necessidade de substituições preventivas frequentes, e proporciona cobrança mais justa pelo uso da água.

Pode-se concluir, finalmente, que foi viabilizada uma maior efficientização da gestão comercial da Companhia Águas de Joinville, mantendo-se o índice de submedição do parque em patamar abaixo do valor de referência preconizado pela International Water Association (5%), entidade global máxima de referência ao tema perdas. O recurso muitas vezes escasso no segmento do saneamento, e necessário para expansão e manutenção dos serviços, pode ser obtido por programas desta natureza. Surge assim a justificativa para assim o fazê-lo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15538: 2014. Medidores de água potável — Ensaios para avaliação de eficiência. Rio de Janeiro, 2014.
2. AGUIAR, Ludmilla Costa de. Avaliação de perdas aparentes de água potável por erros de medição em hidrômetros de economias da Grande Vitória – ES. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.
3. ARREGUI, F.; CABRERA, Enrique; COBACHO, R; GARCIA-SERRA, J. Key factors affecting water meter accuracy. In: Proceedings of the leakage 2005 conference, Canada. 2005
4. ARREGUI, F.; CABRERA, Enrique; COBACHO, R; GARCIA-SERRA, J. Reducing apparent losses caused by meters inaccuracies. *Water Practice & Technology*, 1(4), doi: 10.2166/WPT. 2006.
5. ARREGUI, F.; CABRERA, Enrique; COBACHO, R. Integrated Water Meter Management. IWA Publishing. p. 282. 2007.
6. BAKER, R. Flow Measurement Handbook. 2º ed. Nova York: Cambridge University Press. 2016.

7. COELHO, A. C. Medição de água política e prática – Manual de Consulta. 1º ed. Recife: Comunicarte, 1996.
8. COELHO, A. C. Micromedição em sistemas de abastecimento de água. 1º ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB. 2009.
9. HEINER, B.; BARFUSS, S.; JOHNSON, M. Conditional Assessment of Flow Measurement Accuracy. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(6), pp. 367-374. 2011.
10. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Brasil, IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. 2017.
11. INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria n.º 246, de 17 de outubro de 2000. 2000.
12. INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria n.º 436, de 16 de novembro de 2011. 2011.
13. LOENERT, Marcelo Augusto. Análise de Modelo de Gestão da Qualidade em Companhias de Saneamento: Um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
14. MARTIN, André Luís Sotero Salustiano. Avaliação do Desempenho de um Medidor de Vazão Eletromagnético em Situações Práticas Reais de Instalação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2005.
15. MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. *Pesquisa Operacional*, v. 26, n. 3, pp. 567-584, 2006.
16. PENG, Z.; CAO, Z.; XU, L.; QIAN, Z. Influence of installation angle of electromagnetic flowmeter on measurement accuracy. In: *Proceedings of the International Symposium on Instrumentation and Control Technology (ISICT)*, 2012.
17. PEREIRA, Leonel Gomes; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Avaliação da Submedição de água em edificações residências unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas, no estado de São Paulo. *Ambiente Construído*, v.8, n. 2, pp. 7-21, Porto Alegre. 2008.
18. RAJITA, G.; MANDAL, Nirupama. Review on Transit time Ultrasonic Flowmeter. In: *2nd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC)*, 2016.
19. ReCESA Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 139p.
20. TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3º ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
21. THORNTON, J; RIZZO, A. Apparent losses, how low can you go? In: *Proceedings of the leakage management conference*, pp. 20-22, Lemesos, Cyprus. 2002
22. UNESCO - A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris. 2014.
23. VICENTINI, Lilian Pedroso. Componentes do Balanço Hídrico para Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
24. YAZDANDOOST, F.; IZADI, A. An asset management approach to optimize water meter replacement. *Environmental Modelling & Software*, v. 104, pp. 207-281, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.015>. 2018.