



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS INSTITUTO
TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ROMERITO AVELINO DOS SANTOS

**A FUNCIONABILIDADE DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR NOS SISTEMAS
DE MICROMEDIÇÃO**

Porto Nacional - TO

2019

ROMERITO AVELINO DOS SANTOS

**A FUNCIONABILIDADE DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR NOS SISTEMAS
DE MICROMEDIÇÃO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de engenharia civil da FAPAC/ITPAC PORTO NACIONAL apresentado como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Ricardo Balduino

Porto Nacional – TO

2019

A FUNCIONABILIDADE DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR NOS SISTEMAS DE MICROMEDIÇÃO

Projeto de pesquisa submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em...../...../..... (X) APROVADO () REPROVADO

Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Prof. Dr. Ângelo Ricardo Balduino

Prof.^a Me. Diogo Pedreira Lima

Convidado: Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos

Porto Nacional - TO

2019

AGRADECIMENTOS

Há Deus por toda misericórdia, aos meus pais pela força e apoio e aos meus professores por todo o ensinamento.

"Deem graças em todas as circunstâncias, pois esta é a vontade de Deus para você em Cristo Jesus." (1 Tessalonicenses 5:18)

SANTOS, Romerito Avelino dos. **A FUNCIONABILIDADE DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR NOS SISTEMAS DE MICROMEDIÇÃO**. 2019 - 36 pgs. Projeto de pesquisa (Graduação em Engenharia Civil - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos). Porto Nacional, Tocantins.

RESUMO

Nos sistemas de micromedição nas redes de distribuição de água tratada podem existir algumas falhas, entre elas está o fato da passagem do ar pelo hidrômetro e sua respectiva contabilização do fluido como se fosse água. Baseado nessa questão, o presente estudo tem como objetivo analisar a interferência do ar na micromedição verificando a eficácia das válvulas redutoras de ar como aparelhos que possam extinguir ou minimizar a passagem do ar pelo hidrômetro e conseqüentemente as cobranças indevidas por parte das concessionárias. A água que chega às torneiras de milhares de famílias, indústrias e comércios passa por uma série de processos até o produto final. Nesse contexto percebe-se o quão é importante o trabalho das empresas responsáveis pelo tratamento e distribuição da água, onde o papel delas é garantir a qualidade da água e posteriormente a sua chegada às torneiras de cada consumidor. Porém, nem sempre é o que acontece, diversos fatores podem comprometer o fato da distribuição da água, gerando imprecisões na micromedição e prejuízos para os usuários pois estes irão pagar por ar ao invés de água. A metodologia aplicada neste projeto de pesquisa tem o intuito de realizar ensaios laboratoriais que será feito no laboratório de hidráulica do ITPAC PORTO, onde através dos experimentos laboratoriais será simulado a micromedição de um sistema de distribuição residencial de água, serão usados dois hidrômetros, onde um será instalado a válvula redutora de ar, em sequência será aplicado água e ar comprimido no sistema de ambos os medidores (hidrômetros) analisando as medições. Depois do trabalho concluído espera-se que os resultados obtidos possam somar como esclarecimentos em relação a presença de ar nos sistemas de distribuição de água e que os aparelhos estudados possam mostrar eficiência em relação a diminuição ou até mesmo a inibição da marcação do ar nos hidrômetros, usando os resultados adquiridos como base para gerir supostas melhorias.

Palavras-chave: Ar. Válvulas. Pressão. Micromedição.

SANTOS, Romerito Avelino dos. **A FUNCIONABILIDADE DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR NOS SISTEMAS DE MICROMEDIÇÃO**. 2019 - 36 pgs. Projeto de pesquisa (Graduação em Engenharia Civil - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos). Porto Nacional, Tocantins.

ABSTRACT

In micrometering systems in treated water distribution networks, there may be some flaws, including the fact that the air flow through the water meter and its respective accounting of the fluid as if it were water. Based on this issue, the present study aims to analyze the interference of air on micrometering by verifying the effectiveness of air reducing valves as devices that can extinguish or minimize the passage of air through the water meter and consequently improper charges by utilities. Water that reaches the taps of thousands of households, industries and businesses goes through a series of processes to the final product. In this context, it is clear how important is the work of the companies responsible for water treatment and distribution, where their role is to ensure the quality of water and later its arrival at the taps of each consumer. However, this is not always what happens, several factors can compromise the fact of water distribution, generating inaccuracies in micro-measurement and damage to users because they will pay for air instead of water. The methodology applied in this research project aims to perform laboratory tests that will be done in the ITPAC PORTO hydraulic laboratory, where through laboratory experiments will be simulated the micrometerization of a residential water distribution system, two hydrometers will be used, where one The air reducing valve will be installed, and then water and compressed air will be applied to the system of both meters (hydrometers) analyzing the measurements. After the work completed it is expected that the results obtained may add up to clarification regarding the presence of air in the water distribution systems and that the studied devices can show efficiency in relation to the decrease or even the inhibition of air marking in the water meters, using the results gained as a basis for managing supposed improvements.

Keywords: Air. Valves. Pressure. Micromasurement.

LISTA DE FIGURA

| | |
|--|----|
| Figura 1. Hidrômetro Velocimétrico Monojato. | 23 |
| Figura 2. Hidrômetro Velocimétrico Multijato..... | 23 |
| Figura 3. Hidrômetro Velocimétrico <i>Woltmann</i> | 24 |
| Figura 4. Hidrômetro do tipo Volumétrico..... | 24 |
| Figura 5. Bancada de Testes | 27 |
| Figura 6. Bacada Labtrix modelo MF – 03..... | 28 |
| Figura 7. Modelo de Hidrômetros a serem utilizados | 28 |

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil por região ...18

LISTA DE QUADRO

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Constituição do Sistema de Abastecimento de Água | 18 |
| Quadro 2. Custo estimado do projeto | 31 |
| Quadro 3. Cronograma do projeto período previsto de Julho de 2019 a Maio de 2020 | 32 |

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

| | |
|-------|--|
| % | Porcentagem ou Percentual |
| Qn | Vazão Nominal |
| mm | Milímetro unidade de medida |
| m.c.a | Metro de Coluna d'Água |
| l/s | Litros por Segundo |
| PNCDA | Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água |
| Km/h | Quilômetros por Hora |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. PROBLEMA DA PESQUISA..... | 13 |
| 1.2. HIPÓTESE | 13 |
| 1.3. JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL..... | 15 |
| 2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO | 15 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 3.1. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA..... | 18 |
| 3.2. PROBLEMAS NAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA..... | 19 |
| 3.3. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO | 20 |
| 3.4. HIDRÔMETROS E A MICROMEDIÇÃO | 21 |
| 3.4.1. Medidores do tipo Taquimétrico ou Velocimétrico | 22 |
| 3.4.2. Medidores do tipo volumétrico | 24 |
| 3.5. PRESENÇA DO AR NAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 25 |
| 3.5.1. Consumo de água e a medição de Ar | 25 |
| 3.5.2. Válvulas Redutoras de Ar | 26 |
| 4. MATERIAL E MÉTODO | 27 |
| 4.1. MATERIAIS PARA OS ENSAIOS LABORATORIAIS..... | 28 |
| 4.2. LIGAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR..... | 29 |
| 5. ORÇAMENTO | 31 |
| 6. CRONOGRAMA..... | 32 |
| 7. RESULTADOS ESPERADOS..... | 33 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA | 34 |

1. INTRODUÇÃO

Desde que os povos começaram a viver em sociedade, se fez necessário a criação de mecanismos para a distribuição da água entre os membros, e com isso manter a qualidade de vida com suas necessidades diárias, seja através do cultivo de plantas e animais. Diversos registros arqueológicos provam que já existiam redes de distribuição de água a muito tempo atrás, e alguns permanecem até os dias de hoje.

No entanto, a água além de ser um dos bens mais consumidos no mundo, é uma substância crucial e insubstituível que garante a vida e a sobrevivência de todos os seres vivos do planeta terra. Em algumas circunstâncias, e em certos lugares do Brasil e do mundo os usuários acabam passando por um problema frequente de escassez. Especialmente em certas épocas do ano, onde os reservatórios trabalham com suas reservas técnicas obrigando a praticar racionamento de água, para que o recurso hídrico não falte com periodicidade.

Segundo Paula (2017), em 1999 o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) começará a ser implantado no Brasil. Este plano tem por objetivo agenciar o correto uso da água para o abastecimento público das cidades brasileiras, garantido assim a saúde pública, o saneamento ambiental e a eficiência dos serviços, trazendo como consequência o melhoramento da produtividade dos programas já existentes e na criação de novos ativos, visto que no Brasil se encontra a maior parte da reserva de água doce de todo o planeta.

Porém o fato de se conscientizar os usuários em relação a maneira de consumo da água, não sana todos os problemas relacionados ao tratamento e distribuição de água doce. Existem problemas que vão além do que o uso racional e consciente prega. Existem problemas relacionados às perdas, ao mal dimensionamento das redes de distribuição, ao envelhecimento das redes já existentes e na macromedição e micromedição do fluido.

No caso da micromedição, existe ar presente nos tubos, que no momento da sua passagem no hidrômetro acabam sendo contabilizados como se fosse água. Isso gera cobranças injustas por parte das concessionárias, que lesam os consumidores que pagam por água e recebem ar em seus pontos de consumo. Essa questão nos últimos anos vem sendo investigada e pesquisada por influenciadores. Por este fato, algumas empresas investiram tempo e pesquisas para criarem produtos

que possam intervir contra a medição de ar pelos hidrômetros. Exemplo disso são as válvulas redutoras de ar, que seus fabricantes afirmam que as mesmas sendo instaladas logo depois dos aparelhos de medição residencial (hidrômetros), podem reduzir a conta de água, agindo contra a marcação do ar que vem junto com a água.

Por este fato, o presente trabalho realizará testes nas válvulas redutoras de ar para testar sua funcionalidade mediante simulação de um sistema residencial. Os ensaios que simulará da forma mais precisa e fiel ao que acontece no cotidiano, serão feitos no laboratório de hidráulica do ITPAC PORTO. A essência do teste é a instalação de dois hidrômetros um com a válvula redutora de ar instalado, e o outro aparelho de medição sem a válvula, onde serão aplicados diferentes tipos de pressão nos mesmos, logo após realizando as aferições nos aparelhos de medição se constará se há diferença entre as marcações.

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

Presença de ar nas redes de distribuição de água, que causa imprecisões na micromedição, pois o ar é contabilizado como se fosse água. Gerando cobranças indevidas por parte das empresas de saneamento que são responsáveis pelo tratamento e distribuição da água.

1.2. HIPÓTESE

O consumo de água nos últimos anos tem gerado discussões com a apreciação da escassez hídrica, uma vez que a teoria de que a água potável é um recurso inesgotável tem tomado outros ares, desse modo, é necessário que a política de gestão desse recurso se manifeste no intuito de praticar o uso consciente e racional da água, com o propósito de evitar desperdícios ao que se remete a eficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água (PAULA, 2017).

Diante disso, devido a presença de ar nas redes de distribuição o processo de micromedição é afetado, o aparelho de medição contabiliza o ar como se fosse água consumida implicando em imprecisões nos dados e conseqüentemente afetando a conta de água, prejudicando assim os consumidores, pois os mesmos pagam também pelo ar ao invés de pagar só pela água. Uma ferramenta que pode intervir minimizando ou até mesmo inibindo a medição do ar por parte do parque dos hidrômetros são as válvulas redutoras de ar, caso a sua eficiência seja comprovada em laboratório através de testes.

1.3. JUSTIFICATIVA

Atentando para as imprecisões por parte dos sistemas de abastecimento de água, no que se refere o quesito de micromedição, onde os hidrômetros fazem medições imprecisas em relação ao real consumo do volume de água de cada cliente, pelo o motivo de haver ar nos seus sistemas, é de suma importância a realização desse estudo, onde o mesmo vai acentuar sobre a medição do ar nos sistemas de micromedição, avaliando se as válvulas redutoras de ar podem intervir com mudanças nessas medições, se tornando um aparelho útil que acarreta melhorias, segurança e uma medição do volume de água justa.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a interferência do ar na micromedição verificando a eficácia das válvulas redutoras de ar como aparelhos que possam extinguir ou minimizar a passagem do ar no hidrômetro.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Testar a eficiência das válvulas redutoras de ar com diferentes pressões, como mecanismos que inibem a medição do ar em ramais de água residências;
- Comparar os resultados dos dois hidrômetros submetidos aos testes;
- Sugerir possíveis melhorias com base nos resultados obtidos.

3. REFERENCIAL TÉORICO

Sempre foi preocupação de todos os povos, em todas as épocas, o abastecimento de água para o consumo humano. Desde a antiguidade as civilizações sempre faziam suas casas e suas plantações próximos aos cursos de água, visto que, sem água, a vida humana não existiria, pois 70% da estrutura corporal humana é constituída por água. Diversos documentos históricos que contam um pouco da vida a milhões de anos atrás, atestam a preocupação do homem em abastecer de água o seu grupo. Exemplo disso é no tempo da Roma dos Césares, onde foram construídas várias obras hidráulicas com o intuito de abastecer os integrantes daquela sociedade (CREDER, 2006).

Ainda segundo o autor, tais obras hidráulicas que foram construídas para suprir as necessidades dos moradores daquela época, ainda existem até os dias de hoje, um exemplo disso é o aqueduto localizado na cidade de Segóvia, na Espanha, com mais de 10 (km) de extensão, que foi construído na época de Cristo. Outro exemplo de obras antigas e que se mantêm em funcionamento até hoje, são as famosas Fontes de Tívoli, também na cidade Roma, que jorram água a grandes alturas utilizando pressão hidrostática, que por sinal é uma grande atração turística daquela cidade. O grande gênio por trás de tais obras é o Leonardo da Vinci (1452-1519), que além de tudo isso ainda chegou a projetar a Cidade Ideal, na qual era rodeada por canais, tendo em vista o abastecimento de água e as redes de esgoto.

O aqueduto de Jerwan localizado na Assíria, em 691 a. C., foi o primeiro sistema público de abastecimento de água de que se tem notícia. Alguns nomes além do Leonardo da Vinci foram de suma importância para a evolução dos métodos de distribuição de água e equações gerais, que constituíram com a base para um novo ramo científico, dentre eles estão o Galileu, Torricelli, Daniel Bernolli e o Euler que desenvolveram as primeiras equações gerais para o movimento dos fluidos (NETTO, 1973).

No século XIX se iniciava a produção dos tubos de ferro fundido, que tinham como característica a resistência a pressões internas bem elevadas. Com o crescimento exacerbado das cidades, se fazia importante os serviços de abastecimento de água para suprir as residências e as indústrias que cresciam desenfreadamente, com isso a hidráulica teve um progresso rápido e acentuado.

Juntamente com esse progresso se fez necessário uma base científica para que o sistema hidráulico se desenvolvesse, surgindo assim a Mecânica dos Fluidos moderna, e como mediadores das teorias científicas até hoje usadas estão, as investigações de Reynolds, os trabalhos de Prandtl e as experiências de Froude (NETTO, 1973).

A sobrevivência da humanidade e o seu desenvolvimento estão diretamente ligados à água, visto que, a disponibilidade de água potável vem diminuindo cada vez mais na natureza. Desde o momento em que o ser humano passou a viver em sociedade, com algumas atividades, tais como: a criação de animais e o desenvolvimento de atividades agrícolas, a demanda de água cresceu muito. Nos dias atuais o aumento populacional tem dificultado muito o fato de poder distribuir a água de forma tratada para todos os indivíduos da sociedade (KOIDE *et al.*, 2017).

Ainda segundo os autores, no início do século XVIII, a humanidade vivenciava a revolução industrial, onde através desta revolução algumas tecnologias foram empregadas nas vidas dos moradores, como por exemplo a utilização de máquinas a vapor, eletricidade e os combustíveis fósseis em substituição ao trabalho braçal e animal que dominavam naquela época. Juntamente com o crescimento industrial e tecnológico, a expectativa de vida dos membros das sociedades acabou crescendo, em se tratando da utilização da água como artigo de higiene, com isso, se deu maior ênfase à salubridade advinda do abastecimento de água.

A água doce é um bem natural renovável na qual é extremamente usado para consumo humano, apresentando variação de volume com as mudanças climáticas. Existem variações estacionárias que ao longo do regime hídrico alteram a distribuição entre suas diversas formas. A sua distribuição, no entanto, é de forma desigual no planeta, tanto entre os tipos de mananciais, como entre as regiões. O Brasil tem 2,8% da população mundial e cerca de 12% da água doce do planeta. Entretanto, toda essa quantidade de água está mal distribuída entre as regiões, visto que, 70% dessa água estão na Bacia Amazônica onde a densidade populacional é a menor do país, já o Nordeste onde vivem cerca de 30% da população, possui somente 5% da água doce (AUGUSTO *et al.*, 2012). A tabela 1 relaciona o percentual da disponibilidade hídrica com o percentual da população em cada região brasileira.

Tabela 1. Distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil por região

| Região | Percentual da disponibilidade hídrica | Percentual da população |
|---------------|--|--------------------------------|
| Norte | 68,5% | 6,8% |
| Nordeste | 3,3% | 28,9% |
| Sudeste | 6,0% | 42,7% |
| Sul | 6,5% | 15,1% |
| Centro-Oeste | 15,7% | 6,4% |
| Total | 100,0% | 100,0% |

Fonte: Câmara HF (2009).

Segundo Bordalo (2012), o crescimento populacional e urbano de um país não é garantia de que todos os habitantes terão acesso aos serviços de abastecimento de água potável e coleta e tratamento de esgoto sanitário, onde, pelo fato de haver desigualdade social e econômica no meio, o cálculo médio de consumo de água por habitante de um país ou uma cidade, não reflete no seu real consumo.

3.1. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O processo de abastecimento e distribuição de água é considerado um sistema de conjuntos formados por partes. Onde, cada uma das partes tem um objetivo e/ou função, correspondendo aos órgãos compostos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletrônicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controle (SOUSA, 2001). O quadro 1 é mostra cada parte de um sistema de distribuição de água.

Quadro 1. Constituição do Sistema de Abastecimento de Água

| Parte | Órgãos | Objectivo / função |
|----------------------|--------------------------------------|--|
| Captação | Obras de captação | Captar água bruta nas origens (superficiais e subterrâneas), de acordo com as disponibilidades e as necessidades. |
| Elevação | Estações elevatórias e sobressororas | Bombar água (bruta ou tratada) entre um ponto de cota mais baixa e um ou mais pontos de cota mais elevada. |
| Transporte ou adução | Adutores, aquedutos e canais | Conjunto de obras destinadas a transportar a água desde a origem à distribuição. O transporte pode ser: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> em pressão (por gravidade e por bombagem); <input type="checkbox"/> com superfície livre (aquedutos e canais). |
| Tratamento | Estações de tratamento de água (ETA) | Produzir a água potável a partir de água bruta, obedecendo às normas de qualidade (Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto - Anexo VI). |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Armazenamento | Reservatórios | Servir de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução. Constituir reservas de emergência (combate a incêndios ou em casos de interrupção voluntária ou acidental do sistema de montante). Equilibrar as pressões na rede de distribuição. Regularizar o funcionamento das bombagens. |
| Distribuição | Rede geral pública de distribuição de água | Conjunto de tubagens e elementos acessórios, como sejam juntas, válvulas de seccionamento e de descarga, redutores de pressão, ventosas, bocas de rega e lavagem, hidrantes e instrumentação (medição de caudal, por exemplo), destinado a transportar água para distribuição |
| Ligação domiciliária | Ramais de ligação | Asseguram o abastecimento predial de água, desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir, em boas condições de caudal e pressão |
| Distribuição interior | Redes interiores dos edifícios | Conjunto de tubagens e elementos acessórios para distribuição de água no interior dos edifícios |

Fonte: Sousa (2001).

A elaboração de estudos e políticas para aperfeiçoar o uso da água e sua eficácia na distribuição para seus usuários, se tornou necessário com base em assuntos e discursões empíricos, com ênfase da água como um bem maior, onde visa minimizar as perdas e estimular o uso racional (PAULA, 2017).

A água em alguns pontos ou em determinados horários chega ao consumidor de maneira insatisfatória, outras vezes acaba nem chegando por falta de pressão (m.c.a) ou por outros problemas na rede de distribuição. Sendo que, segunda a NBR 12218 (ABNT,1994), o mínimo de pressão que a água deve chegar às torneiras dos clientes é de 10 (m.c.a) e o máximo é de 50 (m.c.a), independente da altitude dos pontos e do horário.

3.2. PROBLEMAS NAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com Favretto *et al.* (2016), as deficiências operacionais nas redes de abastecimento de água, são originadas pela falha de projeção do crescimento populacional dos municípios, necessidade de atendimento de alta demanda, ou pela falta de manutenção adequada na rede de distribuição.

As perdas de carga nas redes de distribuição de água também são um problema bem corriqueiro para o abastecimento de seus clientes, além de causar danos financeiros e ambientais, as perdas ocasionam sérios danos para a operação

do sistema de abastecimento. Quando esse problema se desenvolve de forma crítica, em um determinado ponto, a pressão da água nas redes decaem para um patamar muito abaixo do exigido pelas normas e legislações, ocasionando assim em insatisfações por parte dos clientes, que não receberam a água com a devida pressão para a sua utilização (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010).

Essas perdas de carga têm seu fundamento principalmente pelas manutenções nas redes de abastecimento, onde segundo Trojan (2012), o fato de parar a distribuição, parar de prestar serviços aos clientes produzindo situações indesejáveis, causam perdas ao processo produtivo, tais como queda de pressão e acúmulo de ar no interior dos tubos. Por estes fatos, o processo de manutenção nos sistemas de distribuição de água, chega a ter um grau de importância semelhante ao da produção.

Outro problema frequente, segundo Orellana (2011), é o envelhecimento principalmente das tubulações que são os componentes principais e de maior influência no processo de distribuição de água tratada. Para o autor, tal incidência ocorre devido a ocorrência de vazamentos e interrupções do abastecimento de água, avarias na pressão de serviço abaixo da mínima e elevados custos de manutenção corretiva emergencial. Neste cenário, os recursos financeiros em sistemas de abastecimento de água deverão ser investidos em programas para renovar e reabilitar a infraestrutura hidráulica.

3.3. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água contam com aparelhos que auxiliam na medição. Os mesmos quanto às suas aplicações contêm ferramentas que contribuem no aumento da eficiência de operação de sistemas de abastecimento da água. Desse modo, é possível conhecer o funcionamento dos aparelhos e contribuir no controle de alguns parâmetros, como: vazão, pressão, volume, etc. De maneira resumida, os sistemas de medição de abastecimento de água são divididos em sistemas de macromedição e micromedição (WERDINE, 2002).

O sistema de abastecimento sofre perdas de água em todas as partes, desde a captação até as residências. A macromedição e a micromedição têm a função de determinar e identificar tais perdas no decorrer do sistema, para isso, em cada parte do sistema é medido o volume de água (SÁ, 2007).

Para Silva *et al.* (2003), tanto nos setores de abastecimento, quanto nos sistemas produtores, no sistema de abastecimento de água a macromedição é um conjunto de medições. Esse conjunto engloba a medição da água bruta captada, entrada nos setores de abastecimento, água tratada entregue por atacado a outros sistemas públicos. Ainda segundo os autores através da macromedição pode-se obter dados confiáveis onde por meio destes pode ser elaborado um programa de controle e redução de perdas de água, por tal fato, a macromedição é de fundamental importância para um melhor monitoramento e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água.

A micromedição tem a finalidade de fornecer informações importantes no tocante a saúde financeira das companhias de distribuição de água, e o volume medido para ser transformado em volume faturado. A micromedição está na ponta do processo de sistema de medições, sendo um instrumento de grande importância para o uso racional da água (SÁ, 2007).

A micromedição é a parte onde se encontram os hidrômetros, que são aparelhos de medição da água em metros cúbicos, os hidrômetros são instrumentos que divide a rede de distribuição da água que vem das concessionárias para a rede doméstica. Essa passagem entre a rede pública para a privada na maioria das vezes acarretam medições de outro fluido, mais especificamente o ar. O ar presente nas redes de distribuição ao passar pelos hidrômetros faz a mesma função da água, ou seja, gira as aletas do hidrômetro contabilizando como se fosse água, acarretando assim em cobranças desnecessárias na conta de água, onde em algumas circunstâncias ao abrir a torneira, os consumidores se deparam apenas com a saída de ar pelos pontos de distribuição.

3.4. HIDRÔMETROS E A MICROMEDIÇÃO

Os erros de medição de vazão tem fundamental relevância para o controle de perdas nos sistemas de abastecimento público de água. As perdas aparentes são causadas por uma parcela significativa e notória da submedição pela imprecisão na medição feita pelos hidrômetros residenciais. Os reservatórios domésticos são os grandes vilões, pois os mesmos são os principais responsáveis pela submedição, em razão do amortecimento das vazões que provocam no abastecimento dos domicílios, resultando em que os hidrômetros trabalhem com vazões extremamente baixas

superando até as vazões de um sistema de abastecimento do tipo direto, que é um sistema que não se utiliza reservatórios (SILVA, 2008).

Em geral no Brasil as perdas totais de água são de 40% sendo que as perdas aparentes representam 50% deste valor. A maior parcela das perdas aparentes se enquadra na submedição, desse modo é necessário garantir a confiabilidade da micromedição para o controle de perdas, para isso é preciso garantir que o desempenho dos hidrômetros sejam adequados, visto que, com o tempo de utilização a qualidade da medição decai (GULARTE, 2005).

Para Favretto *et al.* (2016), nos sistemas de abastecimento uma boa infraestrutura e o uso racional dos recursos utilizados, geram um bom funcionamento no sistema de distribuição de água na qualidade da mesma, na quantidade e na pressão adequada com o menor custo para os usuários.

Para Silva (2008), a escolha de um hidrômetro deve obedecer a certos conjuntos de características das quais resultam na sua classificação, como as características construtivas e princípio de funcionamento, capacidade de medição ou classe metrológica. Os hidrômetros podem ser classificados como sendo do tipo volumétrico e taquimétrico ou velocimétrico. O custo, vida útil e a precisão dos aparelhos de medição estão diretamente ligados a cada tipo e característica de cada hidrômetro.

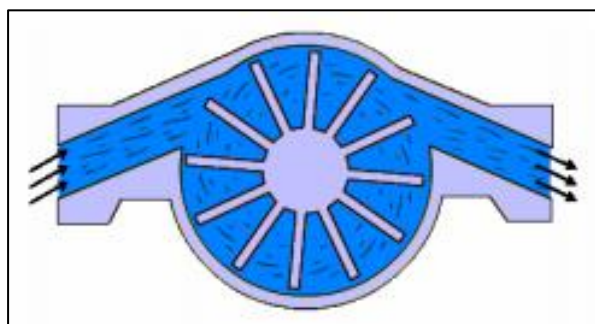
3.4.1. Medidores do tipo Taquimétrico ou Velocimétrico

Tamaki (2003) afirma que, os hidrômetros taquimétricos ou velocimétricos tem a sua medição feita através da contagem do número de revoluções de uma turbina, mediante a movimentação dos fluidos no interior do medidor a turbina gira. Este tipo de medidor também é conhecido como medidores inferenciais, pois a movimentação de sua turbina ocorre pela ação da hidrodinâmica através do fluxo dos fluidos sobre as pás da mesma. Com isso a movimentação da turbina e consequentemente a marcação do volume escoado, só tem início quando sem tem força suficiente pela parte dos fluidos.

Ainda segundo o autor, em se tratando de qualidades e comparações em relação ao medidor do tipo volumétrico, este apresenta maior tolerância aos sólidos em suspensão e menores custos de fabricação. As suas desvantagens são normalmente a baixa precisão em baixas vazões. Pelo o seu preço mais acessível o medidor do tipo velocimétrico abrange cerca de 95% de utilização em todo o Brasil. A

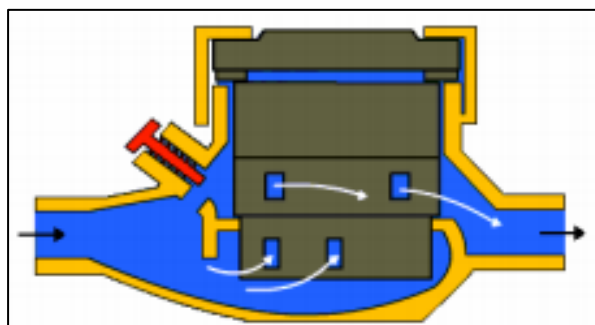
sua classificação é dividida em três grandes grupos, entre eles, o hidrômetro monojato que opera com a inserção de um único jato perpendicular ao eixo da turbina, quando se trata de mais de um jato o mesmo é classificado como multijato que opera com mais de um jato de água na mesma direção, e a terceira classificação é o hidrômetro velocimétrico tipo *Woltmam* que é aquele opera com jatos onde a direção do fluxo é ortogonal ao plano da turbina. As figuras 1, 2 e 3 representam respectivamente o princípio de funcionamento de cada hidrômetro.

Figura 1. Hidrômetro Velocimétrico Monojato.



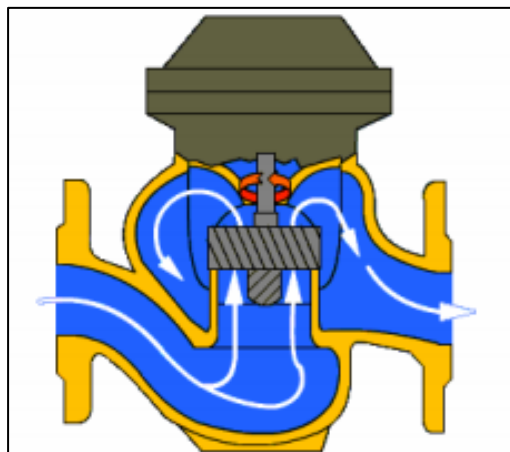
Fonte: Tamaki (2003).

Figura 2. Hidrômetro Velocimétrico Multijato.



Fonte: Tamaki (2003).

Figura 3. Hidrômetro Velocimétrico *Woltmann*.

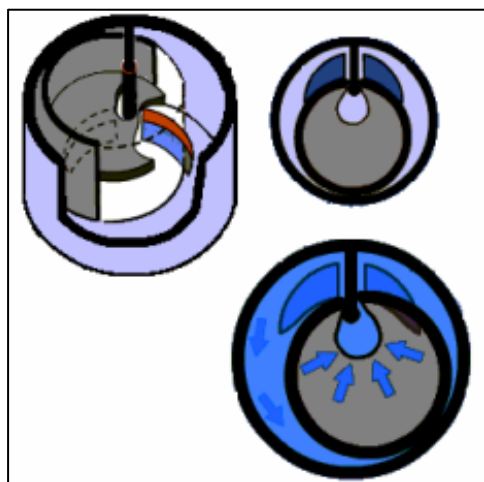


Fonte: Tamaki (2003).

3.4.2. Medidores do tipo volumétrico

Os hidrômetros volumétricos apresentam melhor exatidão na sua medição mesmo que em pequenas vazões quando comparado com o medidor do tipo taquimétrico ou velocimétrico, este tipo de medidor funciona em qualquer posição, desde que suas características metrológicas sejam conservadas. Outro ponto que difere este tipo de medidor do seu concorrente é a sua vida útil que é mais longa, porém por ter mais pros do que contra, os medidores do tipo volumétrico são mais caros e como pontos negativos os mesmos imitem ruídos quando submetidos à altas pressões, as perdas de cargas são mais sensíveis aos sólidos em suspensão, ao golpe de aríete e a partículas abrasivas (GULARTE,2005). A figura 4 mostra o princípio de funcionamento do hidrômetro do tipo volumétrico.

Figura 4. Hidrômetro do tipo Volumétrico.



Fonte: Tamaki (2003).

3.5. PRESENÇA DO AR NAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Alguns fatores podem estar ligados ao aumento significativo na conta mensal de água em algumas partes do sistema de abastecimento. Alguns destes fatores são como por exemplo, vazamentos, condições de trabalho impróprias para o aparelho de medição, fugas de água ou a presença de ar nas tubulações. O ar na maioria das vezes pode estar presente da rede de distribuição de água, ou em até mesmo em bolsões de ar no sistema, que podem ter sido inseridos no momento da manutenção, ou por algum processo involuntário na estação de tratamento (ETE) (MIRANDA, 2011).

Ainda segundo o autor, nos sistemas de abastecimento de água existem muitos equipamentos e aparelhos de medição de vazão instalados em toda a extensão do mesmo, onde, quando estes aparelhos e equipamentos são submetidos a inserção de certa quantidade de ar nas suas tubulações alguns podem parar de funcionar, enquanto outros aparelhos medem a passagem dos fluidos, inclusive o ar. Quando esse ar chega na micromedição, ou seja, chega nos hidrômetros o mesmo será contabilizado, mesmo a densidade de ambos os fluidos sendo diferentes a leitura será feita e não será equivalente ao consumo real de água.

Em relação ao funcionamento do hidrômetro quando referenciado aos diversos sistemas de abastecimento de água, o aumento do consumo pela população, junto a falta de investimento pela parte das concessionárias tem gerado problemas no fornecimento entre eles a presença de ar nas tubulações. Apesar de que a afluência do ar pode ocorrer de outras diversas formas, eleva-se, então na população abastecida a cisma de que pode haver ar sendo medido e cobrado. Por não haver normas que regulamentam a presença de ar nas tubulações e conseqüentemente a medição do ar nos hidrômetros, as prestadoras de serviço de distribuição de água se recusam a instalar equipamentos que minimizam ou até mesmo venha inibir a presença do ar nos dutos, gerando assim uma séria de ações judiciais por parte dos consumidores que prosseguem em diversas instâncias (LOPES; LARA; LIBÂNIO, 2011).

3.5.1. Consumo de água e a medição de Ar

Segundo Santos (2013), desde a água que chega à residência dos consumidores até a sua captação existem perdas, assim como em praticamente todos os sistemas de abastecimento existentes nas cidades brasileiras. Essa questão

resulta numa operação dos sistemas com o custo bem elevado, gerando assim prejuízos no faturamento. Com tudo, as empresas de saneamento vem buscando melhorias no sentido de combater esse dilema, visto que a demanda crescente por recursos hídricos estar associada ao crescimento populacional e diretamente ligada à escassez de água.

Os sistemas de abastecimento de água como antes dito, possuem em seus tubos de distribuição o ar juntamente com a água, este ar, no momento da passagem de ambos os fluidos no hidrômetro é contabilizado juntamente com a água, gerando assim custos abusivos e desonestos para com os consumidores. Diante disso, alguns equipamentos prometem reduzir ou até mesmo inibir essa marcação do ar como se fosse água pelos aparelhos de micromedicação. Tais aparelhos são popularmente conhecidos como válvulas redutoras de ar.

3.5.2. Válvulas Redutoras de Ar

Para Lopes, Lara e Libânio (2011), no Brasil, o volume de ar medido pelos hidrômetros tem gerado uma polêmica, e com isso tem despertado a atenção dos técnicos para esta questão de que o ar afluyente nas redes de distribuição de água é contabilizado nos hidrantes no momento da passagem do mesmo. Diante dessa questão, algumas investigações relacionadas a este fato foram encomendadas pelos prestadores de serviços de abastecimento de água, onde, as tais pesquisas são voltadas exclusivamente aos equipamentos eliminadores de ar.

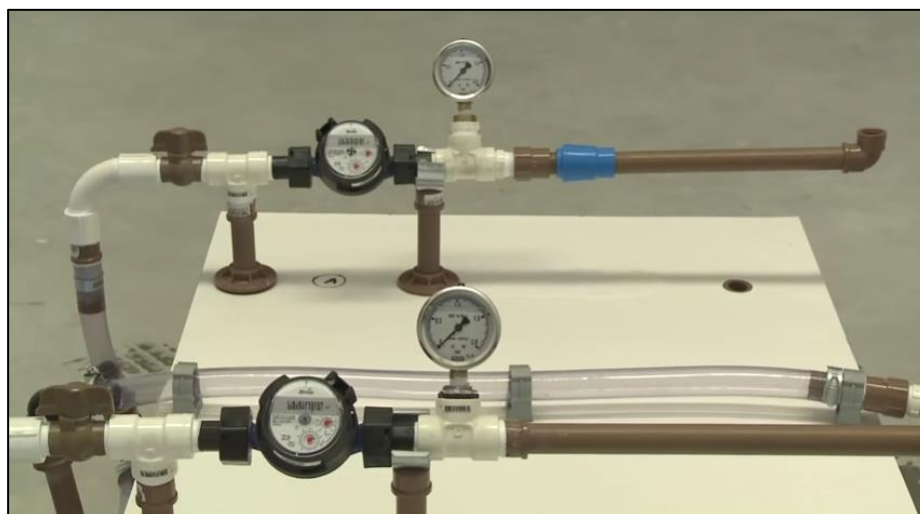
Ainda segundo os autores, alguns setores e organizações mostraram interesse por equipamentos que eliminem o ar na medição dos hidrantes. Um exemplo de um aparelho desses denominado de eliminador de ar, teve seu surgimento no ano de 1991, tendo o mesmo mecanismo de funcionamento de uma ventosa simples. Tal equipamento segundo os fabricantes oferece até 35% de redução na conta de água. O outro equipamento que auxilia na redução da medição do ar nos hidrômetros é o bloqueador de ar, onde este é instalado depois dos aparelhos de medição, ou seja, já dentro da residência dos consumidores, sendo assim não há restrição por parte das empresas responsáveis pelo tratamento e distribuição da água. O princípio de funcionamento deste aparelho se baseia, segundo o fabricante, pela diferença de pressão ar-água, possibilitando a identificação do fluido.

4. MATERIAL E MÉTODO

Com o intuito de testar a eficácia das válvulas redutoras de ar nos sistemas de micromedição de água, este projeto de pesquisa será desenvolvido submetendo as válvulas à testes que se aproximam da eventual realidade onde, em algumas ocasiões a passagem de ar pelos hidrômetros venham ocasionar cobranças indevidas para o consumidor. Para a realização dos testes será construída uma bancada semelhante a representada na figura 5, onde para o seu funcionamento será usada a bancada da marca Labtrix modelo MF-03 localizada no laboratório de hidráulica do Instituto Tocantinense Antônio Carlos – Porto Nacional (ITPAC), representada na figura 6, como uma auxiliadora para a bancada principal.

A figura 5 representa o modelo que irá servir de modelo para montagem do sistema, o ar e a água serão administrados pelo tubo no centro da bancada alimentando ambos os hidrantes com a mesma pressão e vazão nominal (Q_n). Pressão esta, que será alternada em alguns momentos para simular o que acontece nas residências. Já a figura 6 mostra a bancada da marca Labtrix modelo MF-03. Esta bancada é uma ferramenta constituída de tubulações, hidrômetros residencial com selo do INMETRO, manômetros medidores de pressão e bombas hidráulicas que vão auxiliar no manuseio dos fluidos, tanto da água quanto do ar.

Figura 5. Bancada de Testes



Fonte: Mitre (2017).

Figura 6. Bacada Labtrix modelo MF – 03.



Fonte: Arquivo Próprio (2019).

4.1. MATERIAIS PARA OS ENSAIOS LABORATORIAIS

Para realização dos ensaios laboratoriais serão submetidos a testes de precisão dois hidrômetros novos de marcas e modelos iguais do tipo multijato velocimétrico classe B com (Q_n) vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Figura 7. Modelo de Hidrômetros a serem utilizados



Fonte: Arquivo Próprio (2019).

Para a execução do experimento além das bancadas serão utilizados os seguintes materiais de uso comum nas redes de distribuição de água residencial, além de um aparelho compressor de ar:

- Hidrômetro com vazão conhecida obedecendo às condições da portaria 246/2000 do INMETRO;
- Reservatório simulado de água;
- Tubos e conexões de pvc;
- Compressor de Ar Comprimido;
- Manômetros;

4.2. LIGAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE AR

Para que o ensaio ocorra da maneira mais precisa possível, os testes irão manter um padrão de tempo e pressão a serem administrados sobre os hidrômetros e todo o sistema. Os aparelhos de medição serão submetidos a injeção de água com mesma vazão e pressão no tempo de 5 minutos, devendo apresentar o mesmo volume de água no final do tempo transcorrido.

Os testes serão feitos com a bancada descrita na figura 5 e com o auxílio da bancada mostrada na figura 6, onde está irá fornecer a água com a vazão e pressão necessária para a bancada da figura 5. No primeiro momento serão administrados aos hidrômetros montados e paralelo um teste de funcionamento com o tempo de 5 minutos, com mesma pressão de 10 m.c.a. e sem a presença da válvula redutora de ar.

Depois do primeiro teste, passados os 5 minutos será observado a marcação de ambos os hidrômetros, logo após o teste será repetido, porém será administrado aos hidrômetros só o ar comprimido com o mesmo tempo de 5 minutos e pressão de 10 m.c.a., no entanto com a instalação da válvula redutora de ar em um dos hidrômetros. Passado o tempo estipulado será observado os valores descritos nos aparelhos medidores de ar. Em seguida os testes serão fielmente reproduzidos como antes, no entanto será aplicado a água nos dois hidrômetros e posteriormente estes serão reanalisados.

No terceiro momento a bancada terá seus valores de pressão aumentada para 20 m.c.a. e o tempo para 10 minutos, simulando uma situação crítica enfrentada em certos casos nas redes de distribuição de água residencial. Aplicando assim o ar comprimido juntamente com a água será observado se terá diferença no final dos

testes entre um hidrômetro com a válvula redutora de ar e o outro aparelho de medição sem a respectiva válvula.

5. ORÇAMENTO

Quadro 2. Custo estimado do projeto

| CUSTO ESTIMADO | | | | |
|----------------|-----------------------------|------------|----------------------|-------------------|
| Item | Descrição | Quantidade | Valor unitário (R\$) | Valor total (R\$) |
| 1 | Válvula redutora de ar | 2 | 70,00 | 140,00 |
| 2 | Barra de cano DN 25 mm | 2 | 25,00 | 50,00 |
| 3 | Tubo de cola | 2 | 10,00 | 20,00 |
| 4 | Curva 90 ° DN 25 mm | 5 | 1,50 | 7,50 |
| 5 | Barra de cano DN 40 mm | 1 | 42,00 | 42,00 |
| 6 | Fita veda rosca | 1 | 5,0 | 5,0 |
| 7 | Impressões | 93 | 1,00 | 93,00 |
| 8 | Lamina de serra | 2 | 4,50 | 9,00 |
| 9 | Joelho 45 ° (DN 25 mm) | 4 | 1,80 | 7,20 |
| 10 | Redução (DN 25 mm) | 2 | 8,10 | 16,20 |
| 11 | Compressor de Ar Comprimido | 1 | 55,80 | 55,80 |
| 12 | Manômetro | 2 | 35,00 | 70,00 |
| VALOR TOTAL | | | | R\$ 515,70 |

Fonte: Elaboração própria (2019).

6. CRONOGRAMA

Quadro 3. Cronograma do projeto período previsto de Julho de 2019 a Maio de 2020

| PERÍODO E ETAPAS | 2019/2 | | | | | | 2020/1 | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAIO |
| Escolha do tema e do orientador | Executou | | | | | | | | | | |
| Encontros com o orientador | | | Executou | Executou | Executou | Executou | Falta executar | Falta executar | Falta executar | Falta executar | |
| Pesquisa bibliográfica preliminar | | Executou | Executou | Executou | Executou | Executou | Falta executar | Falta executar | Falta executar | Falta executar | |
| Definição de materiais e métodos | | | | Executou | | | | | | | |
| Elaboração do projeto | | | | Executou | Executou | | | | | | |
| Revisão do projeto de pesquisa | | | | Executou | Executou | | | | | | |
| Entrega do projeto de pesquisa | | | | Executou | Executou | | | | | | |
| Apresentação do projeto de pesquisa | | | | | Executou | | | | | | |
| Análises laboratoriais | | | | | | | Falta executar | Falta executar | | | |
| Discussão dos dados | | | | | | | Falta executar | Falta executar | Falta executar | | |
| Entrega da monografia | | | | | | | | | | Falta executar | |
| Defesa da monografia | | | | | | | | | | Falta executar | |

Fonte: elaboração própria (2019).

Legenda:



Executou



Falta executar

7. RESULTADOS ESPERADOS

Mediante as ideias discriminadas no decorrer deste trabalho, onde o intuito do mesmo é proporcionar um cenário que simule uma real distribuição de água fria, com o funcionamento de hidrantes com válvulas redutoras de ar instaladas nos aparelhos de medição, onde, através de testes para verificar a eficiência destas válvulas é esperado que as mesmas reduzam ou até mesmo cessem a marcação do ar nos hidrômetros, reduzindo assim a conta de água para os consumidores, e proporcionando assim uma melhor qualidade de vida para os mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias. 6ª Edição. **Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos**, 2006.

NETTO, José Martiniano de Azevedo. Manual de Hidráulica. São Paulo: **Edgard Blücher LTDA**: 1973.

LOPES, N.P; LARA, M.; LIBÂNIO, M. Quantificação em escala de bancada do volume de ar em ligações prediais de água. **Revista engenharia sanitária e Ambiental**, rio de janeiro, V. 16, n.4 out/dez, p. 343-352, 2011.

MIRANDA, I. S. L. Presença de Ar no Sistema de Abastecimento de Água: influencias na macro e micromedição. 2010. 88 f. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre.

SILVA, N. REGINA. (2008). “Estudo de metodologias para avaliação de submedição de hidrômetros domiciliares em sistemas de água”. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos. Universidade de Brasília. Brasília-DF, Brasil.

DE SOUSA, EDUARDO RIBEIRO. Noções sobre qualidade da água. 2001.

FAVRETTO, Carliana Rouse *et al.* ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE/RS. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 2, p. 1253-1262, 2016.

GULARTE, Cristiano Bittencourt *et al.* Um estudo sobre a submedição em hidrômetros para aplicação no controle de perdas aparentes no sistema de abastecimento de água de Blumenau. 2005.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 1511-1522, 2012.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, *et. al.* **Portaria nº 246 de 17/10/2000**. Aprova o Regulamento Técnico Metrológico para hidrômetros de água fria, de vazão nominal até 15 m³/h. Brasília, out. 2000.

PAULA, Claudia Corrêa de. A INTERFERENCIA DO AR NA MICROMEDIÇÃO: A eficiência das válvulas redutoras de ar. 2017.

BORDALO, Carlos Alexandre Leao. A “crise” mundial da água vista numa perspectiva da geografia política. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 31, p. 66-78, 2012.

ORELLANA, Alex *et al.* Contribuição ao estudo do planejamento de reabilitação de redes de distribuição de água. 2011.

WERDINE, DEMARCUS. Perdas de água em sistemas de abastecimento. **Universidade Federal De Itajubá. Itajubá**, 2002.

SILVA, B. *et al.* Controle de Perdas de água em Sistemas de Distribuição. **Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da USP**, 2003.

SÁ, Clarissa Campos de. A importância da micromedição no combate às perdas de água: estudo da hidrometração da Companhia Águas de Joinville. 2007.

MIRANDA, Isis dos Santos Lima. Presença de ar no sistema de abastecimento de água: Influências na macro e micromedição. 2011.

GULARTE, Cristiano Bittencourt. **Um estudo sobre a submedição em hidrômetros para aplicação no controle de perdas aparentes no sistema de abastecimento de água de Blumenau. 2005. 138 f.** 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Metrologia). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial.

TAMAKI, Humberto Oyamada. **A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais-estudo de caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TROJAN, Flavio. Modelos multicritério para apoiar decisões na gestão da manutenção de redes de distribuição de água para a redução de custos e perdas. 2012.

MORAIS, Danielle Costa; CAVALCANTE, Cristiano A. Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 15-32, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12218/1994: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. ABNT, 1994.

LOPES, Ney Procópio; LARA, Márcia; LIBÂNIO, Marcelo. Quantificação em escala de bancada do volume de ar em ligações prediais de água. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 343-352, 2011.

SANTOS, Danielle Dionisia; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE. **Revista DAE**, v. 197, n. 1, p. 56-80, 2014.