

Autorização concedida a Biblioteca Central da Universidade de Brasília pelo Professor Daniel Richard Sant'Ana, em 24 de abril de 2021, para disponibilizar a obra, gratuitamente, de acordo com a licença conforme permissões assinaladas, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da obra.

A obra continua protegida por Direito Autoral e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

REFERÊNCIA

FIGUEIREDO, Chenia Rocha; SANT'ANA, Daniel Richard; KOIDE, Sergio; SOUZA, Marco Antonio Almeida de; SCHLEICHER, Arthur Tavares. **Elimin-Ar**: emprego de equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar em ramais prediais de sistemas públicos de abastecimento de água: relatório - R4. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 66p. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1mg0HRruEDl1byVckwKfiCLrHpSCI2c8i/view>. Acesso em: 27 abril 2021.

Elimin-Ar

Emprego de equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar em ramais prediais de sistemas públicos de abastecimento de água

RELATÓRIO – R4

Relatório metodológico apresentado para a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – Convênio ADASA/CDT-UnB – DODF: 197.000.978/2015

Brasília, 17 de abril de 2017

 **Universidade de Brasília**
Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico

Coordenação: Chenia Rocha Figueiredo
Vice-Coordenação: Daniel Richard Sant'Ana

Pesquisadores: Sergio Koide
Marco Antonio Almeida de Souza
Arthur Tavares Schleicher
Ana Carolina Vieira de Paula
Vinícius Silva Marques

Equipe Técnica: Diego Araújo da Palma
Nilo Moreira Mota
Marcilene da Conceição Primo

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. JUSTIFICATIVA.....	9
3. OBJETIVO.....	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
5. METODOLOGIA	24
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
7. CONCLUSÕES GERAIS	62
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

A água sempre representou um papel essencial para o desenvolvimento e sobrevivência da humanidade, ao mesmo tempo em que a disponibilidade de água potável vem diminuindo cada vez mais na natureza. Desde que o homem passou a viver em comunidades, criando animais e desenvolvendo atividades agrícolas, a demanda por água tem sido crescente. O aumento populacional das comunidades tem tornado cada vez mais complexa a operação de suprir as necessidades de água de forma contínua.

As primeiras obras conhecidas em termos de abastecimento e distribuição de água datam de 6000 a.C. Por volta de 1700 a 1450 a.C., a cidade de Knossos, em Creta, desenvolveu um sistema de adução de água por meio de condutos circulares forçados (Tsutiya, 2005). Entre 4 e 14 d.C. a cidade de Ephesus, situada na Ásia Menor, construiu um sistema de adução composto de barragem e de condutos forçados cerâmicos com 6 km de extensão. Ao longo dos séculos até os dias atuais, o desenvolvimento dos sistemas de adução e distribuição de água apresentou progressos notáveis na área de projetos de engenharia e no campo do desenvolvimento dos materiais utilizados.

A partir do século XVIII, a humanidade vivenciou grande progresso com a revolução industrial, utilizando-se do vapor, eletricidade e combustíveis fósseis em substituição ao trabalho braçal e animal. Aliado ao crescimento industrial e tecnológico foi possível verificar o crescimento da expectativa de vida dos habitantes do planeta, principalmente pelo progresso da ciência baseado na concepção higienista implantada a partir do final do século XIX.

A difusão do pensamento higienista fez com que os dirigentes municipais passassem a dar maior ênfase à salubridade advinda do abastecimento de água, permitindo assim, que a expectativa de vida da população aumentasse e as doenças oriundas da água fossem praticamente erradicadas nos países mais desenvolvidos.

A taxa de urbanização aumentou de forma significativa a partir do início do século XX, junto com o aparecimento de novas demandas e necessidades para as populações urbanas.

A princípio, a água era distribuída sem restrição, sendo que o órgão gestor do sistema não possuía nenhum controle sobre a quantidade consumida. Segundo Rech (1999) foi constatado um patamar inicial de consumo *per capita* na ordem de 300 litros por habitante/dia. Dado a necessidade de estender o benefício às demais parcelas da população, o investimento precisava ser otimizado. A preocupação com a disciplina do consumo de água data da Roma antiga.

Necessitava-se de um mecanismo eficaz de controle do consumo em cada residência. Decidiu-se, então, pela hidrometração como forma disciplinadora da quantidade fornecida para consumo, e geradora de recursos financeiros. Dados históricos disponíveis do DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre mostram a redução do consumo *per capita* a partir da instalação dos hidrômetros (Rech, 1999).

Inicialmente, a implantação dos hidrômetros enfrentou resistência da população. A partir da instalação dos primeiros hidrômetros em Porto Alegre, em 1928, verificou-se que o consumo *per capita* reduziu-se a 172 litros por habitante/dia em 1942, apesar do crescimento da rede física e do aumento da população, demonstrando a eficácia da medida (Rech, 1999).

O aumento do consumo domiciliar, aliado às dificuldades na ampliação e melhoria dos sistemas de abastecimento de água, tem causado intermitência no fornecimento de água, o que provoca a admissão de ar nas tubulações. Surge, então, a afirmação por parte da população que haveria ar sendo medido e cobrado em suas contas mensais de água. Por outro lado, os serviços de saneamento contrapõem-se a esta assertiva, dando origem a uma série de ações judiciais que tramitam em diversas comarcas, de interesse dos consumidores (Procópio, 2007).

Apesar do sistema de distribuição ser planejado, construído e operado para a distribuição de água, em momentos excepcionais (quando do corte do fornecimento para manutenção ou por acidentes, por exemplo) pode ocorrer a entrada de ar nas tubulações, que se acumula nos pontos mais altos. A entrada de ar pode ocorrer também nas regiões onde, por motivos técnicos e/ou operacionais temporários, possa ocorrer intermitência no abastecimento (vale ressaltar que em condições normais de operação o ar representa em torno de 2% do volume total em escoamento, majoritariamente dissolvido na água. Esse volume pode variar com temperatura e pressão às quais a água esteja submetida, conforme a Lei de Henry) (<http://site.sanepar.com.br/informacoes/eliminadores-de-ar>).

A presença de ar na rede de distribuição de água à população é uma questão há muito tempo referenciada na literatura específica. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, tem recomendado a instalação de ventosas em pontos estratégicos nas adutoras que alimentam a malha de distribuição, tendo por finalidade purgar o ar eventual existente na rede (NBR 12218:1994). O sistema de distribuição de água deve trabalhar de forma pressurizada em tempo integral, não abrindo espaço para a presença de ar (Souza et al., 2006).

Em condições normais de abastecimento e sob o ponto de vista da medição do consumo nos ramais prediais, a presença de ar nas redes públicas de água é desprezível, salvo situações eventuais em que ocorre o ingresso de ar no sistema, por razões de manutenção da rede ou em situação extrema de

desabastecimento pode ocorrer a admissão de ar na rede. O primeiro caso, pouco frequente, mas são eventos sem controle e que provocam o desabastecimento temporário de determinado trecho da rede, esvaziando a tubulação e permitindo a entrada de ar (lembrando que nesse caso a entrada de ar é benéfica e necessária, pois o esvaziamento sem a compensação com ar pode levar ao colapso da tubulação por subpressão). O segundo caso ocorre quando, num sistema de distribuição, a demanda é maior que a capacidade instalada (condição de subdimensionamento da rede em relação à demanda momentânea), havendo uma perda gradual da carga piezométrica, a começar pelos pontos mais elevados e o ar flui para os pontos de pressão negativa, preenchendo os espaços deixados pela água. A operação de racionamento de água, em que o abastecimento é interrompido propositalmente, pode levar a entrada de ar em quantidades maiores, visto que parte significativa da rede tem o fluxo de água interrompido. Em todos os casos, o ar de maneira geral é introduzido nas tubulações através das ligações domiciliares.

Segundo Souza et al. (2006) os dispositivos projetados para efetuarem o controle automático da entrada e saída de ar nas tubulações de distribuição não cumprem com sua função, principalmente devido a alguns fatores como: dispositivos controladores em quantidade e posições inadequadas na rede de distribuição; ampliação ou reforço do sistema de distribuição sem reestudo da posição e do número de equipamentos; e manutenção insuficiente dos equipamentos.

Diversos setores e organizações da sociedade civil têm se interessado por aparelhos que eliminem o ar antes do hidrômetro, para que esse volume não seja cobrado do consumidor. Contudo, os equipamentos utilizados em instalações hidráulicas, para fins de abastecimento humano, devem ter sua especificação baseada em normas técnicas, de forma a garantir seu funcionamento correto, a qualidade do material empregado, as condições adequadas de vazão, pressão, perda de carga, instalação, manutenção e preservação dos padrões de potabilidade da água. A utilização de equipamentos sem nenhum tipo de avaliação ou fabricados sem levar em conta esses critérios técnicos, torna vulnerável o sistema de abastecimento público de água.

Um desses aparelhos, denominado **eliminador de ar**, surgiu em 1991, possuindo o mesmo princípio de funcionamento da ventosa simples. O eliminador de ar é um aparelho que possui um furo por onde o ar é expelido, sendo instalado antes do hidrômetro. Dessa forma, a água passaria pelo hidrômetro girando o medidor. Enquanto isso, o ar passaria pelo furo de saída e não contribuiria para o movimento do medidor, fazendo com que o hidrômetro marcasse o consumo real de água, desconsiderando o consumo de ar existente na tubulação. Como consequência, o consumidor teria uma diminuição no valor de sua conta de água (www.sitedocondomino.com.br/2012/05/bloqueador-ou-eliminador-de-ar.html).

A Lei 8.419 de 12/04/2006 do Município de Goiânia obriga a empresa distribuidora de água do município a instalar, por solicitação do consumidor, equipamento eliminador de ar na tubulação que antecede o hidrômetro do imóvel (www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2006/ordinaria84192006.pdf). Casos mais recentes continuam ocorrendo, como a Lei publicada no Diário Oficial que obriga a SANESUL - Empresa de Saneamento Básico de Mato Grosso do Sul, a instalar o eliminador de ar na rede de água conforme solicitação do consumidor em 2015 (www.hojemais.com.br/noticia).

Relatório emitido pela FUNASA aponta, baseado em avaliações técnicas da CAESB - Companhia de Água e Esgoto de Brasília, para a possibilidade de contaminação da água potável por meio da abertura de saída do ar, "uma vez que se introduz um ponto de abertura na rede de distribuição propício às doenças de veiculação hídrica, a depender das condições topográficas, instalação, manejo, etc..". (www.caesb.df.gov.br).

O INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, não aprova ou autoriza o eliminador de ar, portanto, o uso de selo de aprovação do Inmetro é indevido, ilegal e proibido (<http://site.sanepar.com.br/informacoes/eliminadores-de-ar>). Estudo realizado pela Universidade Federal de Juiz de Fora, publicado na revista Engenharia Sanitária e Ambiental (2001), afirma que os “resultados de pesquisas científicas com os dispositivos denominados eliminadores de ar têm demonstrado não existir evidência científica do funcionamento deste equipamento”.

O eliminador de ar tornou-se alvo de vários embates jurídicos em todo o Brasil, como pode ser visto em jurisprudência do TJDF (acórdão 253546, da relatora Carmelita Brasil, de 09/08/2006), permitindo o uso do aparelho, e também do TJMG (processo 1.0324.04.025745-7/001(1), do relator Almeida Melo, de 01/06/2006), proibindo o uso do aparelho. Mas o embate encontra-se longe de uma decisão final, pois o próprio TJMG, em outro processo, dá ao condomínio o direito de uso do mesmo aparelho (processo 1.0024.03.146424-1/001(1), do relator José Domingues Ferreira Esteves, de 13/09/2005), enquanto no TJDF há uma decisão sobre multa contra tal instalação sem anuência da companhia de água e esgoto local (acórdão 237965, da relatora Vera Andrighi, de 13/02/2006).

Ainda no TJDF, no processo 2004.01.1.080881-8, da Terceira Vara da Fazenda Pública do DF, o juiz de direito Dr. Marco Antônio da Silva Lemos relata que “A conclusão de que um determinado aparelho apresenta vulnerabilidade sanitária com base numa informação isolada de um órgão técnico de abastecimento de água, que é diretamente interessado nesse processo, e lançada sem qualquer perícia ou investigação efetuada pelo próprio órgão de saúde, não se me afigura hígida

nem confiável”, deixando claro que torna-se necessária uma avaliação independente dos possíveis problemas do eliminador de ar (www.tjmg.jus.br e www.tjdf.jus.br).

O Tribunal de Justiça do Paraná em 2004 reconheceu a ilegalidade e o risco de instalação desses aparelhos e impediu a ação de terceiros nas redes públicas de operação exclusiva da SANEPAR (exclusividade que se estende até o medidor mesmo localizado na propriedade do consumidor) – Apelação Civil 151.713-4 (<http://site.sanepar.com.br/informacoes/eliminadores-de-ar>). Já o Decreto Estadual 953/2007 regulamenta a Lei 13962 que autoriza somente a Concessionária (SANEPAR) a instalar equipamentos eliminadores de ar apenas na rede de distribuição global (<http://site.sanepar.com.br/informacoes/eliminadores-de-ar>).

O eliminador de ar foi instalado pelo Subsecretário de Manutenções do Tribunal de Justiça do Distrito Federal e dos Territórios em 2001 e este declarou que o dispositivo apresentou uma redução no consumo de água de 32,5% em três meses. Ao comparar a redução no consumo de um mês de 2001 e o mesmo mês em 2000 a redução foi de 21% (www.sitedocondominio.com.br/2012/05/bloqueador-ou-eliminador-de-ar.html).

A Prefeitura Militar de Brasília declarou que obteve uma redução no consumo de água registrada no ramal do setor de garagens do Quartel General de 22% após a instalação do eliminador de ar, tendo como base registros diários de consumo de água em um período de três semanas (www.sitedocondomino.com.br/2012/05/bloqueador-ou-eliminador-de-ar.html).

Já no estado de Minas Gerais, a Lei de número 12.645/97 tornou obrigatória a instalação do aparelho eliminador de ar quando solicitado pelo consumidor. A regulamentação deu-se por meio de um Termo de Ajuste de Conduta celebrado em 4 de Agosto de 2006 entre o PROCON estadual, a COPASA e o Movimento das Donas de Casa e Consumidores de Minas Gerais, fixando prazos e preços para a disponibilização do serviço de instalação do aparelho (Procópio, 2007).

Existe também o equipamento denominado **bloqueador de ar**, cuja instalação é efetuada após o hidrômetro, não devendo haver restrição da instalação dos mesmos pelas companhias concessionárias. Havendo ar na tubulação, o equipamento bloqueia a passagem do fluxo de água. Estes funcionam com o acionamento de um dispositivo de fechamento por uma mola.

A válvula bloqueadora de ar é instalada após o hidrômetro, não havendo alteração nas características técnicas do hidrômetro e trecho retilíneo, tendo por finalidade bloquear a passagem do ar e seu respectivo registro. Seu funcionamento (abertura / fechamento) ocorre pelo diferencial de pressão entre água e ar, não havendo contato com o meio. Por ser construído com materiais idênticos aos aplicados nos hidrômetros comerciais e por não apresentar qualquer comunicação com

o meio externo, o risco de contaminação apresentado no relatório da Caesb estaria descartado (www.sitedocondomino.com.br/2012/05/bloqueador-ou-eliminador-de-ar.html).

Cabe ressaltar que esses dispositivos bloqueadores ou eliminadores de ar não possuem aprovação ou autorização pelo INMETRO, visto que não são instrumentos de medir ou medidas materializadas, conforme estabelece a Resolução 11/88 do CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

2. JUSTIFICATIVA

Existe à venda no mercado nacional alguns equipamentos que se destinam, segundo os seus fabricantes, a fazer com que os hidrômetros prediais não meçam a passagem de ar como se fosse de água, reduzindo, portanto, o volume de água medido pelo hidrômetro e que é cobrado pela concessionária do serviço de abastecimento de água. Há basicamente dois tipos desses equipamentos: os eliminadores de ar e os bloqueadores de ar.

Os eliminadores de ar são dispositivos que têm o objetivo de retirar o ar das tubulações de água, enquanto os bloqueadores de ar pretendem fazer com que somente a água passe pela tubulação e pela leitura do hidrômetro, não deixando passar o ar eventualmente presente na rede de abastecimento.

É necessário ressaltar que é normal que o ar entre no sistema de abastecimento de água, de forma misturada ou solubilizada com a água, por questões físicas e químicas. Mas é necessário ressaltar também que esses sistemas são dotados de equipamentos instalados especificamente para eliminação do ar introduzido.

Situações indesejáveis, como a falta de água ou a falta de energia elétrica, problemas operacionais, má gestão, falta de recursos para operação, manutenção e investimento, ocasionam em muitos locais a necessidade de interrupção, programada ou não, do serviço de abastecimento de água. Isso pode ocasionar, além de contaminação da água dentro da rede de distribuição, a introdução de ar nas tubulações. Esse fato poderia, em tese, gerar a necessidade ou a oportunidade de serem utilizados equipamentos para eliminar o efeito desse ar nas entradas de água dos ramais prediais.

No entanto, algumas companhias concessionárias dos serviços de abastecimento de água são contrárias ao uso desses equipamentos de redução do efeito da presença de ar na medição do consumo de água, alegando que a sua eficácia não foi comprovada.

No âmbito do Distrito Federal, a CAESB – Companhia de Saneamento do Distrito Federal, realizou uma série de testes que foram acompanhados por representantes da sociedade civil, com o objetivo de demonstrar porque não deve ser permitida a instalação de equipamentos eliminadores de ar em ramais prediais. Alinham-se a seguir as principais conclusões obtidas nesses testes:

- o equipamento denominado “eliminador de ar” não é confiável sob os aspectos técnico e operacional e seu uso pode ocasionar perdas de água por vazamentos através das aberturas existentes no corpo do aparelho, o que tornaria constante a necessidade de reparo e substituição;

- a instalação do dispositivo no ramal predial e/ou no cavalete de ligação de água não reduziu efetivamente as leituras registradas nos hidrômetros de jusante, não trazendo nenhum benefício para o consumidor, como a redução da tarifa de água divulgada pelos fabricantes, que apregoam a possibilidade de economia de até 35%; e
- sob o aspecto sanitário, o aparelho eliminador de ar pode ser nocivo à saúde, haja vista a possibilidade de contaminação por líquidos externos, tais como água de lavagem de pisos, urina e fezes de animais, bem como pela movimentação de insetos na sua superfície, elementos que podem ser carregados para o interior da tubulação através das aberturas existentes no corpo do aparelho.

O grupo de trabalho formado para acompanhamento dos testes da CAESB concluiu finalmente que o equipamento eliminador de ar não deve ser instalado na rede pública de abastecimento ou ramais prediais do Distrito Federal. Entretanto, foram levantados questionamentos sobre a metodologia utilizada pela CAESB, pois, embora tecnicamente correta na concepção e na realização dos testes, não houve uma seleção aleatória representativa das marcas e modelos dos equipamentos que foram testados, o que prejudicou a generalização.

Com base nas competências da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico (ADASA), estabelecidas pela Lei nº 4.285/2008, fica explícito que compete à ADASA estabelecer normas técnicas que embasarão a atuação do prestador de serviços, sem prejuízo do que dispuser a legislação em vigor.

Com as novas Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico, inaugurada pela Lei nº 11.445/2007 esperava-se que as intervenções do Poder Legislativo nesta área eminentemente técnica se tornassem pontuais e viessem acompanhadas dos subsídios necessários para a aplicação da lei.

Contudo, o Poder Legislativo continua a apresentar textos legais que não possuem nenhum embasamento técnico que justificasse suas escolhas, e o pior, impõe pesadas obrigações no âmbito dos serviços públicos sem que isto gere como consequência benefícios diretos ou indiretos aos usuários.

Neste sentido a Lei nº 2.977, de 10 de maio de 2002, instituiu uma obrigação para o prestador de serviços público de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, que se traduz na instalação de um equipamento que teria o objetivo de provocar a redução do consumo registrado no hidrômetro através da eliminação de ar da rede de distribuição, conforme a justificção do projeto de lei que originou a Lei nº 2.977/2002.

A Lei nº 4.285/2008, ainda que posterior à Lei nº 2.977/2002, não a revogou, fazendo com que ambas as leis, de mesma hierarquia, coexistam.

Assim, no âmbito de sua competência, a ADASA deve se municiar de informações técnicas para expedir a regulamentação para que a Lei nº 2.977/2002 possa ser empregada pelo prestador de serviços, caso seja verificada a viabilidade de aplicação dessa lei, ou caso contrário pugnar por sua revogação expressa.

Como tal assunto ainda não foi regulamentado pela ADASA, a Defensoria Pública do Distrito Federal ingressou com a Ação Civil que tramita na quarta vara da fazenda pública do DF sob o nº 2013.01.1.132608-4, cujo objeto é a condenação da CAESB em danos morais contra os consumidores.

A ADASA foi intimada na referida ação para apresentar manifestação sobre a possibilidade de intervir no processo na qualidade de assistente. Na peça inicial confeccionada pela Defensoria Pública foram apontados diversos documentos que relatam a diminuição do faturamento realizado pelo prestador de serviços.

Contudo, não é de conhecimento da ADASA que qualquer teste tenha sido realizado respeitando-se os métodos científicos de investigação, com levantamento de dados dos possíveis equipamentos que se prestam a realizar a mesma função, ou função assemelhada (diminuir o valor faturado), o comprometimento da qualidade da água fornecida, perda de pressão e por fim a efetividade de tais equipamentos.

Somente após uma análise científica será possível dizer quais modelos de equipamentos são seguros e dentre estes, quais são efetivos e quais serão seus custos. A partir daí a ADASA poderá ou regulamentar a legislação ou solicitar ao Poder Executivo que providencie a revogação da referida legislação.

Dentro desse escopo, a ADASA em parceria com a Universidade de Brasília (UnB), por meio do Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT/UnB), promoveu este estudo que teve como propósito investigar esses equipamentos existentes no mercado.

3. OBJETIVO

O objetivo geral da pesquisa é avaliar, em condições de funcionamento normal e de cessação do abastecimento de água, se o emprego de equipamentos bloqueadores e eliminadores de ar são eficientes, seguros, necessários e recomendáveis em ligações prediais.

Dessa forma, são objetivos específicos desta pesquisa:

- identificar os equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar disponíveis no mercado;
- quantificar o volume de ar medido por diferentes aparelhos hidrométricos em função da vazão e da pressão na rede de abastecimento;
- avaliar a eficácia dos equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar;
- avaliar a conveniência, reais vantagens e problemas do emprego dos equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar nos ramais prediais;
- avaliar a possibilidade de haver contaminação da água pelo emprego dos equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar nos ramais prediais.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As edificações possuem um sistema de água encanada que abastece os pontos de consumo a partir da tubulação externa. Embora o sistema seja projetado para que a água sempre esteja presente, existem algumas ocasiões em que ocorre a falta d'água no encanamento, e com isso, há entrada de ar nas tubulações.

A questão do fluxo de ar na rede de distribuição de água está relacionada principalmente com a intermitência de abastecimento. No caso de falta de água na rede, no retorno do abastecimento, parte do ar da tubulação é deslocada para o ramal domiciliar e seu fluxo movimentam os hidrômetros mecânicos, apesar da baixa densidade do ar. No caso do abastecimento contínuo a quantidade de ar na rede é praticamente desprezível.

No Brasil, o assunto tem despertado a atenção de especialistas, de técnicos, das instituições de ensino, das concessionárias de saneamento e principalmente dos consumidores. A principal razão para isso consiste na polêmica gerada em torno da movimentação do hidrômetro pelo ar, com o registro sendo pago como se fosse água. Diversos fabricantes têm desenvolvido equipamentos conhecidos como bloqueadores de ar ou eliminadores de ar, dispositivos utilizados com a finalidade de reduzir o ar no fluxo de água que abastece a ligação do cliente e acarreta medições incorretas do volume de água.

O eliminador de ar é um dispositivo desenhado para ser instalado antes do hidrômetro e possui um flutuador que se destina a purgar o ar presente na tubulação, total ou parcialmente para a atmosfera, dependendo das condições de fluxo.

Os equipamentos denominados bloqueadores de ar, usualmente são instalados após o hidrômetro e, portanto, dentro das instalações prediais. Os modelos encontrados no mercado atuam por meio de um dispositivo de fechamento por mola que bloqueia o fluxo de ar até uma determinada pressão.

Diversos estudos já foram realizados no país, tanto em laboratório quanto em campo, quando os equipamentos são instalados nas residências de moradores.

A maior parte dos aparatos desenvolvidos para os testes em laboratório foram concebidos de forma a tentar reproduzir redes de abastecimento em escala reduzida, sem, no entanto, levar em consideração a enorme variedade das situações de campo, o que de fato torna inviável a construção de tais modelos. Os aparatos mais eficientes são os que simulam as condições que podem ser observadas em campo, sem a preocupação de tentar representar fisicamente as redes em laboratório.

Por outro lado, a instalação dos equipamentos em situações reais, por sua natureza, são limitados pois envolvem a interferência em domicílios privados. A experiência prévia de trabalhos no Distrito Federal e em outras regiões de Brasília (e.g. Silva, 2008) mostram que a interferência em residências em geral não são bem aceitas, mesmo após a concordância inicial e também podem induzir alterações de comportamento que podem falsear os resultados. Novamente, para que possa ser estatisticamente representativo, o número de locais a serem testados tem que muito grande para cobrir a variedade de condições de contorno e de comportamento dos domicílios. Assim, a menos que sejam conduzidos em grande escala e por longo tempo, esses testes em campo são importantes apenas para validar os estudos de laboratório.

O resultado de algumas pesquisas relacionadas ao tema são apresentados a seguir.

a) Melo e Farias (2001)

Mello e Farias (2001) submeteram dois tipos de eliminadores à avaliação no DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre, de diferentes fabricantes, sendo um com o corpo em bronze e o outro em poliestireno. Os testes foram conduzidos de maneira a reproduzir uma pequena rede de distribuição em laboratório, além de testes de campo, em áreas que apresentavam deficiência no abastecimento de água. A montagem de campo consistia na instalação dos aparelhos eliminadores de ar montados entre dois hidrômetros, previamente aferidos de acordo com a Portaria 246/2000 do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Ambos aparelhos apresentaram baixa eficiência e, em alguns casos, o valor registrado no segundo hidrômetro foi superior ao primeiro hidrômetro causando prejuízo aos consumidores. Segundo os autores, havia também a possibilidade de contaminação do sistema pelo aparelho. Os testes de laboratório foram efetuados utilizando-se de um protótipo de rede de distribuição de água, abastecida por uma bomba que succionava a água de um reservatório inferior e recalrava para outro reservatório.

Foram instalados oito ramais prediais, cada um possuindo uma cota específica, ligados à rede principal em tubos de PVC com diâmetro de 100 mm. Compunham ainda o sistema: uma ventosa simples, um controlador de velocidade de fluxo, uma válvula que permitia simular a “ponta morta” da rede, além de pontos de tomada de pressão e vazão. Foram efetuados testes em duas situações distintas: uma com todos os pontos de consumo abertos, sem nenhum dispositivo controlador de ar no trecho, e outra, utilizando-se a tubulação de chegada no reservatório superior como chaminé de

equilíbrio, para permitir a entrada e saída de ar no sistema. Foi considerado um consumo de 18m³/mês por residência, média histórica do DMAE de Porto Alegre.

Em ambas as situações, foi analisado o ponto mais próximo do reservatório elevado (ponto mais desfavorável operacionalmente). Analisando os dados dos ensaios efetuados em laboratório, os autores concluíram que os efeitos do ar na medição é proporcional à velocidade de enchimento e esvaziamento das redes apesar de não ter sido possível estabelecer um coeficiente de proporcionalidade devido à escassez de dados obtidos. Os autores destacam que na hipótese de faltas d'água diárias, os ramais comprometidos são facilmente identificados pelas áreas técnica e comercial.

Os autores constataram uma variação de consumo registrado no segundo hidrômetro em uma faixa que varia de -8,3% a +6,1% em relação ao consumo no hidrômetro de montante. Os autores recomendam a troca de tubulações com incrustações, substituição de redes que possuam diâmetro insuficiente, investimento em pesquisas operacionais que visem à melhoria e solucionem o problema de presença de ar nas tubulações, ampliação da capacidade de reservação, reestudo da localização das ventosas, adoção de medidas compensatórias em que as concessionárias do serviço de distribuição de água criariam medidas compensatórias apuradas anualmente, visando corrigir eventuais distorções nas medições do consumo de água em lugares onde comprovadamente ocorresse problemas de ar nas medições de consumo.

b) Leal e Teixeira (2004)

Leal e Teixeira (2004) realizaram em Juiz de Fora, Minas Gerais, estudo com a finalidade de avaliar a eficácia do aparelho eliminador de ar em ligações prediais. Foi verificada também a possibilidade de contaminação da rede pelo aparelho eliminador de ar. Os testes de campo foram conduzidos por um período de 11 meses, entre 2002 e 2003.

A metodologia consistiu em avaliar, por meio de testes de campo, o comportamento do aparelho eliminador de ar em ligações prediais, bem como a sua influência na medição do consumo de água numa ligação predial. Para tanto, foram montados aparatos experimentais ilustrados pela Figura 1, instalados em série, a jusante da estrutura de medição existente.

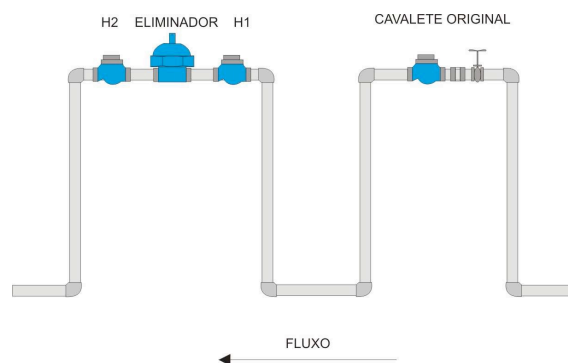


Figura 1- Esquema de montagem do cavalete no ponto de coleta de dados (Leal e Teixeira, 2004).

A instalação dos cavaletes obedeceu aos critérios amostrais pré-definidos entre os pesquisadores e a concessionária do serviço de abastecimento de água local. O critério adotado estabeleceu como amostra 10 pontos previamente selecionados e que representassem a diversidade operacional da cidade de Juiz de Fora, tais como: regiões periféricas simulando final de rede, cotas topográficas elevadas representando situação de intermitência e na área central representando situação de abastecimento pleno.

As leituras foram efetuadas semanalmente sob responsabilidade do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia da Universidade de Juiz de Fora. A periodicidade proposta procurou estabelecer um confronto rápido e preciso entre os volumes registrados pelos hidrômetros e o tipo de operação do sistema de distribuição na região. Foram realizados testes de significância estatística, utilizando-se a distribuição *t* de Student, bilateral, com intervalo de confiança de 95%. Diversos problemas foram relatados, sendo o principal, a falta de estanqueidade.

A última etapa dos testes consistiu na verificação de estanqueidade dos aparelhos eliminadores. Os aparelhos usados foram obtidos por meio da desmontagem dos aparatos experimentais utilizados nos testes de campo. Os testes foram conduzidos no laboratório Saneamento Engenharia Ambiental em Belo Horizonte. A coleta de dados dos testes mostrou que 91% dos aparelhos testados apresentaram possibilidade de contaminação da rede de abastecimento de água. Além disso, os testes demonstraram que os aparelhos eliminadores de ar não apresentam uma eficiência que justifique sua instalação. Os autores concluem que a solução do problema da existência de ar nas redes de abastecimento de água é um problema afeito às concessionárias do serviço de abastecimento público de água, sendo da competência das mesmas os estudos e investimentos necessários a solução dos problemas.

c) COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2004)

A COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais, em 2004, realizou um trabalho de campo para analisar a eficiência do “eliminador de ar” em situações de abastecimento e desabastecimento, além de verificar a estanqueidade dos aparelhos em áreas sujeitas a inundações. Foram selecionados 10 domicílios para instalação dos dispositivos de teste. Foi mantido o hidrômetro de faturamento em série com o dispositivo de teste que consistia em um eliminador de ar montado entre dois hidrômetros (Figura 2). Na primeira etapa dos testes, foram efetuadas leituras diárias dos hidrômetros, aproximadamente no mesmo horário, obtendo-se o volume totalizado em cada hidrômetro no período.



Figura 2 - Aparato de teste da COPASA.

Na segunda etapa, foi avaliado o desempenho dos eliminadores em situação de desabastecimento, na qual o registro de abastecimento da quadra era fechado. A partir de então, foram efetuadas leituras dos registros do aparato experimental com intervalo de tempo de dois minutos, tendo sido registrados: o momento da efetiva paralisação do abastecimento, o momento da inversão do sentido usual de rotação dos hidrômetros e o momento do retorno do abastecimento.

Na última etapa do teste, foi verificada a estanqueidade do aparelho quando instalado em áreas sujeitas a inundação. A simulação foi efetuada, conectando-se um cavalete dotado de um eliminador de ar abastecido por um reservatório apoiado. O cavalete foi submerso dentro de um recipiente contendo uma solução de permanganato de potássio, sob uma lâmina de 10 cm da solução. O recipiente onde estava submerso o cavalete, foi ligado a montante a um reservatório de abastecimento e, a jusante, a um recipiente situado 12 cm abaixo do recipiente contendo a solução de permanganato de potássio como garantia de escoamento da mesma. O teste foi realizado com o fechamento do registro situado a montante do cavalete submerso. Após um período de 20 minutos,

verificou-se o escoamento da solução de permanganato de potássio, confirmando-se a possibilidade de contaminação.

O estudo realizado pela COPASA constatou que, para abastecimento contínuo, não se justifica o emprego dos eliminadores de ar. Verificou-se também que em situações de desabastecimento, não houve influência do eliminador de ar nos volumes registrados pelo hidrômetro (COPASA, 2006).

d) CAESB - Companhia de Água e Esgoto de Brasília (2005)

A CAESB - Companhia de Água e Esgoto de Brasília (CAESB, 2005) realizou testes de campo com a finalidade de efetuar a certificação técnica e verificar a eficiência dos equipamentos eliminadores de ar. Foram testados aparelhos de ¾” e de 2” instalados em pontos de consumo previamente definidos instalados em cavaletes conforme ilustrados pela Figura 3.



Figura 3 - Aparato de testes utilizado pela CAESB (CAESB, 2005).

Os testes efetuados foram divididos em três etapas. Na primeira etapa, com duração de 30 dias, a leitura dos hidrômetros foi efetuada diariamente. Na segunda etapa foram realizadas leituras em uma situação em que houvesse desabastecimento. Na terceira e última etapa verificou-se a estanqueidade e a possibilidade do aparelho permitir a contaminação da rede de abastecimento.

Na primeira e segunda etapa dos testes, as variações de leitura não ultrapassaram 2,5% o que levou a CAESB (2005) a considerar o aparelho ineficiente. A decisão foi baseada na NBR 8194 – Medidores de água potável – padronização, que permite variação nas medições de consumo de 5% para mais ou para menos. A terceira etapa dos testes comprovou que a válvula eliminadora de ar não possui estanqueidade, por permitir a entrada de líquidos e elementos externos, possibilitando a contaminação da rede de abastecimento de água.

e) Souza et al. (2006)

Souza et al. (2006) avaliaram a influência do dispositivo eliminador de ar Dolphin nas medições do consumo de água na rede de distribuição de Campo Grande. Foram observados e medidos os efeitos da movimentação do ar na totalização dos volumes fornecidos aos usuários e comparados, através de medições de campo, os consumos registrados nos hidrômetros instalados antes e depois do dispositivo eliminador de ar. Contudo, os resultados obtidos por testes de campo concluíram que o emprego do dispositivo eliminador de ar não apresentou influência significativa nas medições.

A metodologia consistiu em avaliar, por meio de testes de campo, o comportamento do aparelho eliminador de ar em ligações prediais, bem como a sua influência na medição do consumo de água numa rede de distribuição. A exemplo dos procedimentos efetuados pela COPASA, em 2004 e pela CAESB, em 2005, foram montados 25 cavaletes compostos de dois hidrômetros taqueométricos, previamente aferidos, separados por um aparelho eliminador de ar (Figura 4).



Figura 4 - Cavalete especial montado para verificação da influência do eliminador de ar na medição do consumo de água na rede de distribuição (Souza et al., 2006).

A instalação dos cavaletes seguiu os critérios amostrais pré-definidos entre os pesquisadores e a concessionária do serviço de abastecimento local, sendo selecionados locais de alta pressão e vazamento, baixa pressão e falta d'água, vazamento e falta d'água e condição normal.

Foram realizadas leituras durante 30 dias consecutivos para apurar o consumo registrado pelos hidrômetros e a influência do dispositivo eliminador nos volumes totalizados. Além das condições pré-estabelecidas, foram efetuadas, semanalmente, simulações de situações de desabastecimento de acordo com o cronograma proposto pelos pesquisadores e a concessionária local. As simulações foram efetuadas sempre das 16:00 às 22:00 horas, horários de fechamento e abertura dos registros, sendo que o comportamento do eliminador de ar e sua influência na medição dos consumos,

verificada em intervalos de tempo de aproximadamente seis horas, a partir do fechamento do registro.

Aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados, além do teste t de Student para a verificação das condições de aceitação da hipótese. Concluiu-se que não há diferença significativa entre a totalização dos hidrômetros, permitindo concluir que o aparelho eliminador de ar não influi significativamente na medição de consumo de água. Não foram efetuados testes com objetivo de verificar a possibilidade de contaminação ocasionada pelos aparelhos testados.

f) Procópio (2007)

Procópio (2007) construiu em laboratório uma bancada de testes no Centro de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal de Minas Gerais que pudesse simular em laboratório, as condições operacionais de uma rede de distribuição de água. A bancada experimental foi composta por uma tubulação com 50 m de extensão e 100 mm de diâmetro, que simula uma rede de abastecimento, possuindo uma inclinação ascendente de 1% no sentido do escoamento. A tubulação está interligada a um sistema de bombeamento por um lado, e por outro, aos ramais prediais de diâmetros de 15 mm, 20 mm e 25 mm. Em cada um destes ramais foram instalados em série, dois hidrômetros, um a montante e outro a jusante do equipamento a ser testado. A bancada experimental denominada LEVR-AR (Laboratório de Ensaio de Válvulas Redutoras de Ar) é retratada na Figura 5. Ao lado esquerdo da Figura 5 destacam-se a vista do LEVR-AR com o conjunto moto-bomba e as tubulações de sucção e recalque, ao centro o esquema de montagem e a direita uma vista interna dos cavaletes.

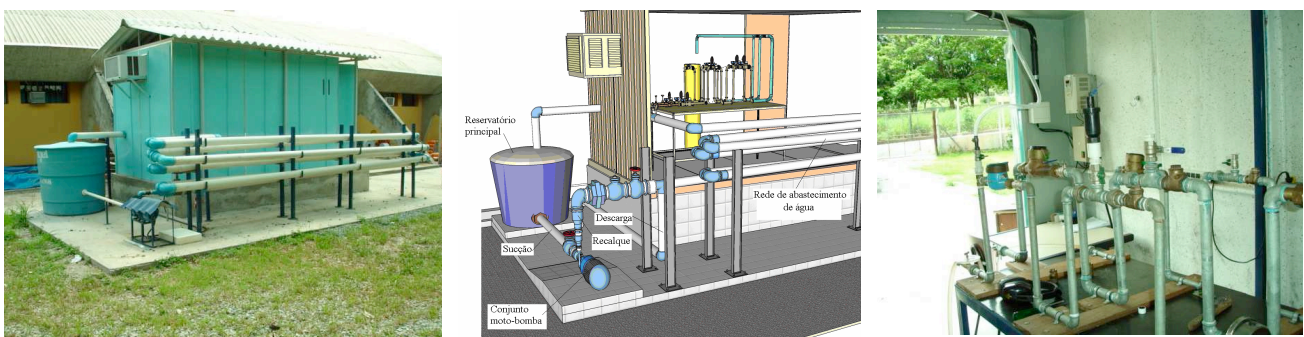


Figura 5 – Esquema da bancada experimental (Procópio, 2007).

Foram instalados três ramais prediais interligados a montante pela rede de abastecimento, e a jusante aos cavaletes, sendo o primeiro para a instalação da válvula redutora de ar imediatamente

após a válvula de retenção, e o segundo cavalete destinado à estrutura de medição. A válvula de retenção tem sido uma das exigências da COPASA-MG para a instalação das válvulas redutoras de ar.

Assim, a água proveniente da rede de distribuição teve a possibilidade de abastecer os ramais prediais, sendo conduzida ao reservatório calibrado, utilizado para medir o volume de água ou retornar ao reservatório de origem, de 1300 litros de capacidade.

O programa de testes foi aplicado a dois aparelhos distintos de um mesmo fabricante, exceto os testes aplicados à ventosa simples efetuados em um só aparelho. A realização dos testes em dois aparelhos faz parte das exigências contidas no TAC (Termo de Ajuste de Conduta) celebrado entre o PROCON-MG (Procuradoria de Defesa do Consumidor de Minas Gerais) e o Movimento das Donas de Casa e Consumidores de Minas Gerais. Dentre esses, foram testados o eliminador de ar, o bloqueador de ar e a ventosa.

Duas situações distintas de funcionamento da rede de abastecimento foram avaliadas: a primeira correspondente às condições normais de operação da rede de distribuição de água da bancada de testes, e a outra, com abastecimento de água, após o esvaziamento total da rede de abastecimento. Em relação à situação de desabastecimento seguida de abastecimento, foi verificado inicialmente, o volume de ar medido na ligação predial. Em seguida, para as duas situações propostas, foi avaliada a eficiência dos aparelhos destinados a eliminar e/ou minimizar os efeitos do ar nas redes de abastecimento e nos ramais prediais.

Os resultados observados por Procópio (2007) mostraram que os testes efetuados com as válvulas redutoras de ar instaladas no ramal predial tiveram comportamentos diferenciados, dependentes da vazão e da pressão. Em geral, houve uma tendência de perda de eficiência com o aumento da vazão e da pressão de trabalho. É importante salientar que estas válvulas não tiveram influência na precisão dos hidrômetros.

Dentre as válvulas testadas, o eliminador de ar apresentou melhor eficiência, em termos percentuais na retirada de ar, principalmente para as menores vazões. Já o bloqueador de ar, além de possuir desempenho inferior ao eliminador de ar testado, ao bloquear o ar transportado pela rede de abastecimento pode contribuir para que os bolsões de ar contidos no ramal predial retornem à rede de abastecimento, influenciando assim, no registro de ar por uma outra estrutura de medição próxima. O terceiro aparelho testado, a ventosa, apresentou baixos valores de eficiência na retirada de ar para as duas faixas de pressão estabelecidas. Em relação aos outros aparelhos testados, a

ventosa possui desempenho inferior ao bloqueador de ar e muito inferior ao desempenho do eliminador de ar.

Procópio (2007) observou ainda que a menor vazão de referência utilizada nos testes é a que registra o maior volume de ar pelo hidrômetro. O resultado leva a supor que os consumidores situados na menor faixa de consumo são os mais prejudicados pela situação de desabastecimento. Considerando ainda que, os menores consumos estão relacionados às menores faixas de renda, a aquisição de qualquer aparelho destinado a reduzir o ar nas ligações prediais seria muito onerosa para os consumidores. Segundo Procópio (2007) a solução socialmente mais justa seria a instalação de ventosas por atender um maior número de consumidores. Além disso, é dever das concessionárias dotarem as redes de abastecimento de aparelhos destinados a retirar o ar das tubulações. Entretanto, tendo em vista a baixa eficiência desse equipamento, recomenda-se o desenvolvimento de válvulas redutoras de ar com melhor desempenho e a instalação dessas nos pontos recomendados na literatura técnica.

Procópio (2007) cita que além das pesquisas enumeradas anteriormente, manifestos de entidades de classe e instruções técnicas das concessionárias têm sido disponibilizados nos sites, entre os quais se destacam: AESBE, ABCON e ASSEMAE; Citágua, concessionária do serviço em Cachoeira do Itapemirim; CEDAE, Companhia de Saneamento do Estado do Rio de Janeiro; SABESP, Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo; SAAE de Jacareí-SP, Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jacareí.

Para o autor, o conjunto de publicações e informações disponíveis, bem como discussões efetuadas por diversos especialistas, enumeram os problemas listados a seguir, como sendo os principais que o ar ocasiona dentro de tubulações:

- A seção transversal efetiva do tubo é reduzida pelos bolsões de ar, resultando numa diminuição da capacidade de escoamento do tubo;
- A maior parte das propriedades do fluido mudam, principalmente a densidade e a elasticidade, em razão da mistura de ar e água;
- Bolhas de ar introduzem momento vertical no escoamento devido à sua flutuabilidade e pode dessa forma causar efeitos significativos no campo de escoamento;
- Em transientes hidráulicos, a presença de grandes bolsões de ar resulta em ondas de pressão que são fortemente oscilatórias e deformadas. No entanto, descobriu-se também que pequenos acúmulos de ar podem ter um efeito adverso nas pressões transientes, na realidade, melhorando as ondas de pressão;

- O acúmulo de ar em um sistema pode levar à interrupção do escoamento e efeitos como transporte de bolsões em ambos os sentidos do escoamento. Por exemplo, o ar acumulado em um ressalto hidráulico pode não ser capaz de se mover para jusante, e ao invés disso, cria um movimento contrário ao escoamento através do ressalto. Isso pode levar à vibração e danos estruturais, além de causar instabilidades da superfície da água;
- Em tubulações de ferro fundido, a presença de ar aumenta a corrosão por permitir mais oxigênio disponível para o processo;
- Uma transição de escoamento em tubo parcialmente cheio a cheio pode causar vibrações da estrutura sendo que, ondulações no escoamento podem acompanhá-la;
- O ar pode causar leituras falsas em aparelhos de medição.

5. METODOLOGIA

A realização dos testes dos equipamentos eliminadores de ar e bloqueadores de ar foi desenvolvida em uma bancada de laboratório projetada para reproduzir, sob condições controladas, as situações verificadas em campo e também com a instalação de alguns equipamentos em cavaletes de residências previamente selecionadas para validar os testes de laboratório.

A bancada de testes em laboratório foi desenvolvida de forma a permitir o teste dos diversos equipamentos sob diferentes condições de funcionamento, apenas com fluxo de água, com fluxo de ar ou com diferentes fluxos de ar e água misturados. A pressão no sistema pode ser variada dentro dos limites usuais de funcionamento. Dessa forma, as condições que ocorrem em uma instalação, desde o funcionamento em condições normais até condições extremas, como o retorno da água após a interrupção de fornecimento, podem ser testadas na bancada. Essa condição de retorno é crítica para os testes dos equipamentos pois é quando de fato existe uma quantidade significativa de ar nas tubulações.

5.1 Avaliação dos Equipamentos em Bancada de Laboratório

A bancada de testes em laboratório foi desenvolvida com o objetivo de testar os seguintes itens:

- a) a influência da ocorrência de ar na rede de abastecimento na medição dos consumos de água por hidrômetros residenciais utilizados pela CAESB;
- b) eficácia na eliminação de ar por equipamentos destinados a essa finalidade;
- c) eficácia no bloqueio de ar por equipamentos bloqueadores de ar;
- d) ocorrência de vazamentos de água pelos orifícios dos equipamentos eliminadores de ar/válvula ventosa;
- e) estabilidade de comportamento dos equipamentos testados (por repetição dos testes);
- f) verificação de ocorrência de travamento do mecanismo ativo dos equipamentos testados (ocorrência de obstrução à passagem da água).

5.1.1 Construção da bancada de testes

A bancada foi construída para simular uma entrada de abastecimento de água convencional em edificações e situações extremas de abastecimento e desabastecimento (diferentes sobrepensões e subpensões), com viabilidade de ocorrência real. A bancada foi projetada para introduzir ar nas

tubulações de forma controlada, e de operar com diferentes pressões e fluxos de ar e/ou água, também de forma controlada.

A bancada experimental foi montada no Laboratório de Hidráulica da Universidade de Brasília, no qual foram conduzidos os experimentos em escala de bancada simulando o abastecimento de água em edificações sob diferentes condições de pressão, vazão e volume de ar, com o objetivo principal de analisar a eficiência de equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar. O diagrama da bancada é apresentado na Figura 6.

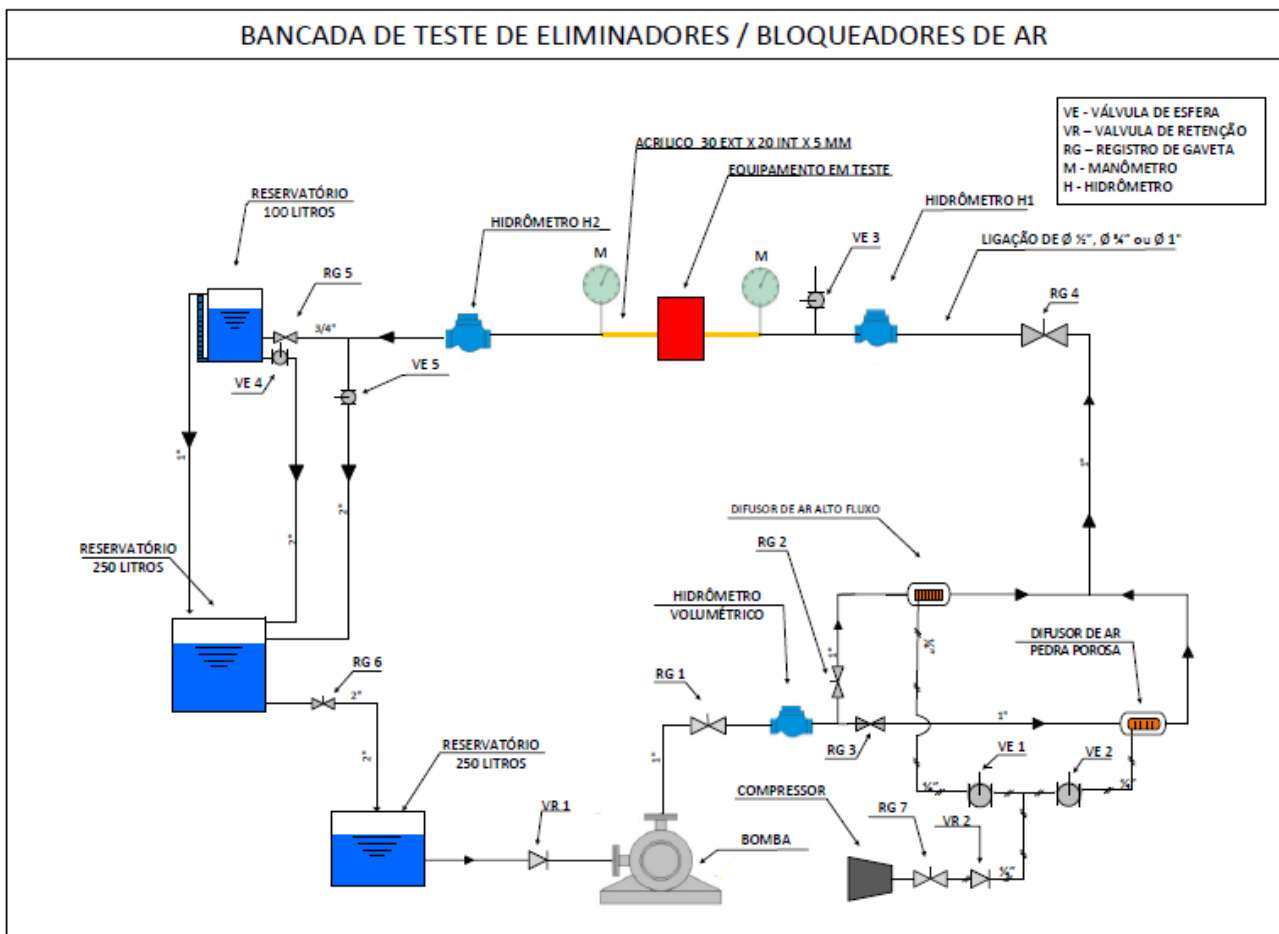


Figura 6 – Diagrama da bancada de teste de eliminadores/bloqueadores de ar proposto.

A bancada de teste é composta por uma bomba, um compressor, difusores de alto e baixo fluxo, eliminador/bloqueador de ar entre dois manômetros de forma a possibilitar a medição da perda de carga causada pelo dispositivo, além de dois hidrômetros, posicionados um antes e outro depois do aparelho a ser testado. Na extremidade do sistema, foi colocado um medidor volumétrico de vazão para a realização da aferição do volume de água. A bancada também tem dois reservatórios de mesmo volume para o armazenamento de água, um hidrômetro volumétrico, diversos registros de gaveta, válvulas de retenção e válvulas de esfera.

Logo após a bomba a tubulação se ramifica em dois ramais para permitir duas diferentes condições de entrada de ar no escoamento. Em um dos ramais foi instalado um dispositivo injetor de ar de alto fluxo, composto por um tubo de cobre com várias ranhuras. O outro ramal conta com uma pedra porosa, para injeção de ar em pequenas bolhas. A seleção de um ou outro ramal é realizada pela manobra dos registros de gavetas na entrada dos trechos. No trecho subsequente ao dos dispositivos injetores de ar é instalado o dispositivo a ser testado, um eliminador ou um bloqueador de ar.

A forma com que o ar é transportado nas tubulações pode se dar em padrões distintos de escoamento. Quando a quantidade de ar presente é pequena, pode se ter o escoamento de água com bolhar de ar ou bolsões de ar. Quando a quantidade de ar presente na tubulação é grande, pode se ter o escoamento de ar em golfadas. Bolhas e bolsões de ar podem ocorrer em situações onde o ar está presente no tubo enquanto que o escoamento de golfadas pode, por exemplo, ocorrer como um resultado de obstruções durante as operações de preenchimento e esvaziamento das tubulações (Procópio, 2007). No presente projeto foram simulados os 3 padrões, mas o fluxo de água com bolhas foi posteriormente descartado dos testes por seu efeito desprezível no processo.

Para permitir inspeção visual, foi instalado o primeiro hidrômetro seguido por um trecho de tubo acrílico cristal. A água utilizada era conduzida a outro reservatório, utilizado para medir o volume de água ou retornar ao reservatório de origem, de 250 litros de capacidade.

As Figuras 7 a 11 apresentam a bancada experimental construída para os ensaios em laboratório, situada no Laboratório de Hidráulica da Universidade de Brasília. Na Figura 7 é mostrada em primeiro plano a bomba e o reservatório volumétrico de vazão ao fundo. Na Figura 8, no lado direito da bancada, é possível observar as duas caixas d'água e o compressor de ar, amarelo, situado em baixo da bancada. As figuras 9 e 10 mostram, de forma mais detalhada, a tubulação do sistema, com seus diversos registros e válvulas, manômetros e hidrômetros.

A Figura 9 mostra ainda, os dispositivos de injeção de ar em cada um dos trechos da ramificação.

A Figura 11 destaca o tubo de acrílico cristal utilizado para visualização da passagem dos fluidos na bancada.



Figura 7 - Vista lateral esquerda da bancada experimental.



Figura 8 – Vista lateral direita da bancada experimental.



Figura 9 – Detalhe da ramificação da bancada de teste.



Figura 10 – Detalhe da bancada após a ramificação.



Figura 11 – Detalhe do tubo acrílico cristal entre os manômetros e o dispositivo de teste.

A bomba utilizada, da marca Eletroplas, possui capacidade para aduzir até 3,0 m³/h e apresenta altura manométrica total máxima de 55 mca. O compressor, da marca Motomil, possui reservatório de 100 litros, potência de 2 HP e pressão máxima de trabalho de 10,83 kgf/cm². As pressões do sistema foram verificadas por meio de manômetros da marca Zurich, com capacidade de medição entre 0 e 100 mca. Na Figura 12 são mostrados a bomba, o compressor e os manômetros utilizados nos ensaios.



Figura 12 – Detalhe da bomba, do compressor e dos manômetros utilizados nos ensaios.

Os hidrômetros utilizados foram fornecidos pela CAESB, sendo alguns da marca Elster e outros da marca Itron (Figura 13). Os hidrômetros da Elster apresentam vazão nominal de 0,75 m³/h e vazão mínima de 0,015 m³/h. Já os hidrômetros volumétricos da marca Itron possuem vazão nominal de 1,5 m³/h e vazão mínima de 0,015 m³/h.

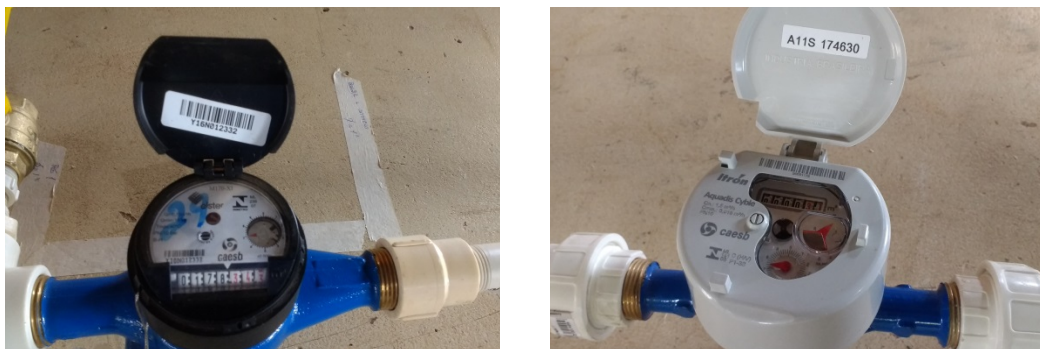


Figura 13 – Detalhe dos hidrômetros utilizados.

Foram simuladas três situações distintas de funcionamento da rede de distribuição de água por meio da bancada experimental: a primeira correspondente às condições normais de operação da rede de distribuição de água; a outra com abastecimento de água após o esvaziamento total da rede de abastecimento; e, a terceira, que submeteu o sistema a diferentes proporções de ar e água.

Para cada uma das três situações citadas, foram avaliadas três faixas de vazão (baixa, média e alta) a depender do bloqueador/eliminador a ser testado e as pressões limites da bancada proposta.

Para evitar rompimento na bancada, construída em grande parte com tubulações de PVC, definiu-se o valor limite máximo de 40 mca.

5.1.2 Equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar

Realizou-se ampla pesquisa para identificar os dispositivos bloqueadores e eliminadores de ar disponíveis no mercado nacional. Foram adquiridos todos os modelos encontrados de bloqueadores de ar, eliminador de ar e válvula ventosa. Os bloqueadores de ar adquiridos foram das empresas HG em PVC e em latão, Aquamax, Air Bloch e Arbloq. O único eliminador de ar encontrado foi da marca Dolphin, e a válvula ventosa testada, da marca Tigre.

Os bloqueadores de ar HG estão apresentados nas Figuras 14 e 15. O bloqueador de ar representado na Figura 14 é um modelo residencial de 3/4", atendendo tubulações de 1/2", 3/4" e 1". O dispositivo possui corpo em PVC. Já o bloqueador representado na Figura 15 é feito em latão e apresenta mesmo diâmetro que o da Figura 14. O sistema de funcionamento mecânico dos dispositivos da marca HG é composto por um êmbolo, uma mola, anéis de vedação, tela retentora e parafuso. A tela retentora, ilustrada do lado direito da Figura 14 e Figura 15, funciona como barreira para possíveis partículas sólidas que possam estar presentes no fluxo.



Figura 14 – Detalhe do bloqueador de ar HG (em PVC).



Figura 15 – Detalhe do bloqueador de ar HG (em latão).

A Figura 16 apresenta o bloqueador de ar da Aquamax, cujo corpo é fabricado em PVC. O dispositivo apresenta diâmetro de 3/4" para uso residencial e possui duas molas, uma mais flexível (aqui denominada de mola fraca) e outra mais rígida (aqui denominada de mola forte), de forma a adequar o bloqueador às condições do local onde será instalado. A Figura 17 mostra o esquema de montagem da peça fornecido pelo fabricante.

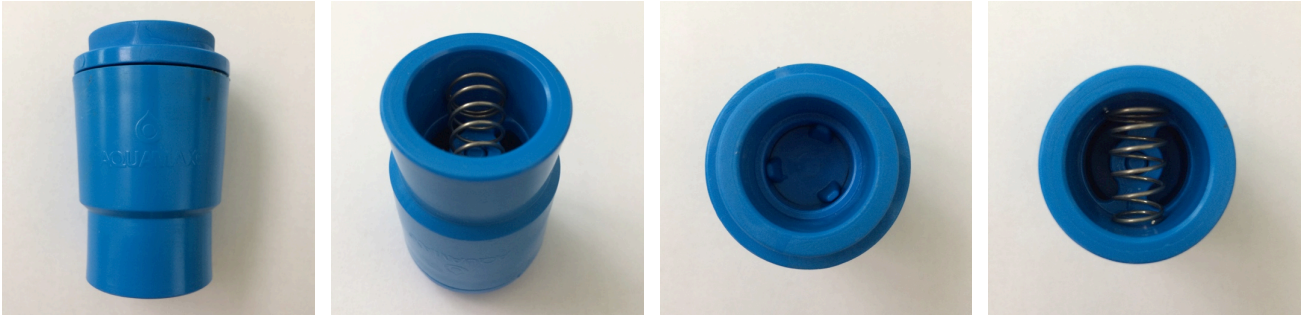


Figura 16 – Detalhe do bloqueador de ar Aquamax (em PVC).

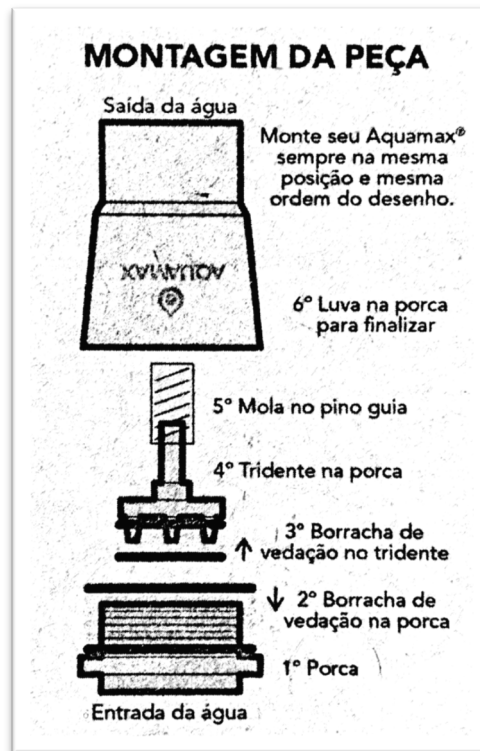


Figura 17 – Esquema de montagem do bloqueador de ar Aquamax.

O dispositivo bloqueador de ar da Air Bloch, apresentando na Figura 18, é produzido em latão, apresentando partes internas em aço inoxidável. A peça que foi ensaiada apresenta diâmetro de 20 mm.



Figura 18 – Detalhe do bloqueador de ar Air Bloch (em latão e aço inox).

O bloqueador de ar Arbloq (Figura 19) apresenta corpo em polioximetileno e partes internas em aço inoxidável. Atende tubulações de 1/2” a 4”. Para fazer sua instalação em tubulações residenciais é necessário um adaptador 3/4” e uma luva 3/4”, de forma que a válvula fique dentro do adaptador.



Figura 19 – Detalhe do bloqueador de ar Arbloq.

O princípio de funcionamento dos eliminadores de ar é semelhante ao de ventosas simples. O equipamento apresenta em seu interior um flutuador com pino vertical central em sua face superior, de forma que quando ocorre o desabastecimento, o flutuador desce, fazendo com que o pino central desobstrua os orifícios existentes no topo do eliminador de ar e permita a entrada de ar no ramal predial e na rede de distribuição. Na retomada do abastecimento, o ar presente na rede é expelido por meio dos orifícios do eliminador de ar até o momento em que a água chega ao dispositivo, levantando o flutuador e fazendo com que o pino central vede o orifício de descarga do equipamento (Leal e Teixeira, 2004).

A Figura 20 apresenta o eliminador de ar testado. As imagens mostram o aparelho de lado: à esquerda, o dispositivo está com o flutuador levantado; ao centro, o flutuador está abaixado. A imagem direita mostra a vista frontal do eliminador de ar Dolphin. A peça possui corpo em polipropileno e diâmetro de 3/4”.



Figura 20 – Detalhe do eliminador de ar Dolphin (em polipropileno).

A válvula ventosa permite a saída do ar que entrou na tubulação, principalmente se essa formar algum traçado tipo sifão. O dispositivo também possibilita a entrada de ar quando ocorre redução de pressão em pontos altos da tubulação, facilitando o esvaziamento da tubulação e evitando o rompimento em casos de formação de vácuo.

O funcionamento da ventosa está relacionado com o movimento de seu flutuador. Em situações de desabastecimento, o flutuador movimenta-se para baixo, abrindo a passagem do orifício de descarga, permitindo a entrada/saída de ar. Na passagem da água, o flutuador sobe, fechando a saída do ar.

A válvula ventosa utilizada nos ensaios foi a da marca Tigre, apresentada na Figura 21, fabricada em PVC e com diâmetro de $\frac{3}{4}$ ".



Figura 21 – Válvula ventosa Tigre em PVC.

A Tabela 1 apresenta a descrição resumida dos dispositivos testados no presente estudo, destacando as características principais e o preço de cada dispositivo.

Tabela 1 – Informações básicas sobre os dispositivos testados.

MARCA	TIPO	CARACTERÍSTICAS	PREÇO*	IMAGEM
HG	Bloqueador	Material: PVC Diâmetro: ¾”	R\$ 50,00	
HG	Bloqueador	Material: Latão Diâmetro: ¾”	R\$ 90,00	
Aquamax	Bloqueador	Material: PVC Diâmetro: ¾”	R\$ 69,90	
Air Bloch	Bloqueador	Material: Latão Diâmetro: ¾”	R\$ 299,00	
Arbloq	Bloqueador	Material: Poliacetal Diâmetro: ½”	R\$ 80,00	
Dolphin	Eliminador	Material: Polipropileno Diâmetro: ¾”	R\$ 790,00	
Tigre	Ventosa	Material: PVC Diâmetro: ¾”	R\$ 15,00	

*Preço correspondente ao valor pago ou fornecido pelo fabricante.

5.1.3 Tipos de situações simulados na bancada

Cada equipamento bloqueador (com os diferentes arranjos internos possíveis) ou eliminador de ar foi testado na bancada para diversas situações:

a) Simulação sob condições normais de abastecimento

Inicialmente, para simular as condições normais de abastecimento de água, o sistema foi todo preenchido com água, sem bolsões de ar.

b) Simulação de condições de retorno do abastecimento

Para a simulação de condições de retorno de abastecimento com as tubulações sem água, o sistema foi insuflado com ar a partir do compressor.

c) Simulação sob diferentes proporções de água – ar

Para a análise do sistema sob diferentes proporções de água e ar, foram utilizados dispositivos difusores de ar de alto e baixo fluxo, formados, respectivamente, por um tubo de cobre com ranhuras e uma pedra porosa.

A simulação foi realizada, para cada dispositivo, várias vezes observando a influência do difusor de alto fluxo e em outras simulações observando a influência com o difusor de ar constituído pela pedra porosa. Para a realização do ensaio, o sistema de bombeamento foi ativado e o sistema foi preenchido com água, sem bolsões de ar. Dependendo do tipo de difusor utilizado, as válvulas de esfera VE₁ e VE₂ foram abertas ou fechadas. Após o preenchimento do sistema com água e mantendo o sistema de bombeamento ligado, o compressor era acionado. Em seguida, os dados necessários para o cálculo da eficiência dos dispositivos eliminadores/bloqueadores de ar eram obtidos.

Para a determinação da eficiência das válvulas redutoras de ar, foram medidos os volumes registrados nos hidrômetros imediatamente antes e depois dos dispositivos a serem testados, bem como o volume de água no reservatório.

Preliminarmente, a precisão dos hidrômetros foi avaliada em laboratório. Os hidrômetros cedidos pela CAESB haviam sido aferidos, mas para efeitos de rigor científico, os testes foram realizados para que não houvesse dúvidas quanto à sua acurácia.

Os resultados mostraram uma variação das leituras inferior a 2%, o que comprova a eficiência dos mesmos. Segundo a NBR 8194:2013 – Medidores de água potável – padronização, a variação nas medições de consumo de 5% para mais ou para menos são permitidas.

É importante ressaltar que o hidrômetro foi projetado para trabalhar apenas com fluxo de água, condições em que o mesmo desempenha suas funções de acordo com as Normas NM 212 e NBR 8009. Portanto, o teste foi realizado apenas com fluxo de água.

5.1.4 Avaliação da Eficácia dos Equipamentos Eliminador de Ar/Ventosa e Bloqueadores de Ar

Para verificar a eficácia dos equipamentos no cumprimento de suas respectivas finalidades, foram realizados ensaios no laboratório com objetivo de testar diferentes aspectos de cada classe de equipamento.

Os testes realizados com o eliminador de ar e a ventosa visaram a:

- Verificar as condições de funcionamento dos equipamentos com água, ar ou diferentes misturas de água e ar sob diferentes condições de pressão;
- Verificar a eficácia dos equipamentos na eliminação do ar em diferentes condições de mistura de ar e água; e
- Verificar a possibilidade de contaminação da água da rede em caso de submersão do equipamento em água contaminada e esvaziamento da rede, provocando subpressão.

Os testes realizados com os bloqueadores de ar visaram a:

- Verificar as condições de funcionamento dos equipamentos com água, ar ou diferentes misturas de água e ar e sob diferentes condições de pressão;
- Verificar a eficácia dos equipamentos no bloqueio de ar sob diferentes condições de mistura de ar e água;
- Analisar a perda de carga provocada pelo equipamento em condições normais de fluxo de água, uma vez que o princípio de funcionamento dos equipamentos testados é baseado no bloqueio do fluxo (de ar ou água) até certa pressão, quando o dispositivo se abre e permite a passagem do fluxo (de ar ou água).

A eficácia dos dispositivos estudados (bloqueadores de ar, eliminador de ar e válvula ventosa) foi avaliada no estudo de laboratório para diferentes condições de fluxo de água, ar e mistura de água e ar. Adicionalmente foram medidos os volumes registrados nos hidrômetros imediatamente antes e depois dos dispositivos que foram testados como forma de avaliar os seus efeitos sobre os fluxos de água e ar registrados pelos hidrômetros.

Na avaliação, foram selecionadas quatro formas de escoamento de água e/ou ar, para simular a rede de distribuição da água. Nesse trabalho adotou-se como procedimento manter o fluxo de ar, água ou mistura de ar e água até que o volume registrado pelos hidrômetros fosse da ordem de 50 litros, volume considerado suficiente para eliminar instabilidades do sistema e também para aferição volumétrica da quantidade de água.

a) Eficiência dos Equipamentos

A eficiência em termos de leitura por hidrômetros antes e após o equipamento pode ser efetuada na bancada. No entanto essa medida deve ser interpretada com cautela pois não representa o ganho real a ser obtido na conta de água, uma vez que, nos testes, ela é avaliada apenas durante a ocorrência das condições simuladas no teste de 50 litros de registro no manômetro e não em condições normais de uma residência, quando a maior parte do tempo apenas água é aduzida ao ramal. Quando apenas ar passa pelo ramal, OS ELIMINADORES E AS VENTOSAS purgam o ar e a eficiência nessa eliminação é mensurada pelo sistema. Numa instalação predial real isso indica que a porcentagem de eliminação do ar existente. No entanto, mesmo quando há racionamento de água, a quantidade de ar expulsa pelos ramais prediais é extremamente variável em volume e limitada em termos de tempo total, sendo de minutos ou horas, em cada período de ciclo (até abril de 2017, de 6 dias nos sistemas Santa Maria e Descoberto, da CAESB).

No caso de BLOQUEADORES DE AR, a “eficiência” calculada é, de fato, apenas uma medida de diferença de leitura provocada pela compressão ar provocada bloqueador quando o fluxo de ar se estabelece no ramal após a abertura do bloqueador dando passagem ao ar. Portanto mede a diferença percentual de volume registrado pelos hidrômetros pela passagem do ar antes e depois do bloqueador, sob as condições de teste (sem contrapressão jusante).

A “eficiência” dos equipamentos foi obtida pela diferença de volumes registrada pelos hidrômetros dividida pelo volume à montante, multiplicado por 100.

$$Eficiência = \frac{(Volume\ Mont. - Volume\ Jus.)}{Volume\ mont.} \times 100$$

b) Pressão de Abertura

É importante notar que os chamados “bloqueadores de ar” em verdade são obstruções ao escoamento que se abrem quando o ar ou a água ultrapassam a pressão ajustada.

O procedimento proposto para análise da eficácia dos equipamentos bloqueadores de ar avaliados foi baseado na determinação da pressão de abertura relativa a cada um dos equipamentos. Quando a pressão a montante do bloqueador atinge certo valor, a força exercida sobre o obturador supera as forças exercidas pela mola do dispositivo e pelo fluido a jusante do obturador, forçando a abertura do obturador. Nessa situação o bloqueador deixa de exercer sua função como tal e o bloqueio à passagem do fluido é encerrado. Tecnicamente, não há diferença se o fluido em questão é água ou ar. Caso haja ar na rede e este esteja sendo aduzido para o ramal predial, o ar da rede de distribuição estava sendo bloqueado até essa pressão crítica e, após esse valor de pressão, o ar passa a fluir para dentro das instalações prediais, fazendo com que o hidrômetro passe a registrar valores.

Dessa forma, tendo em vista que esses equipamentos bloqueiam a passagem do ar para jusante de onde foram instalados somente até um certo valor da pressão do fluido a montante do bloqueador, faz sentido adotar-se a pressão de abertura dessas peças como um indicativo de sua eficácia no barramento à entrada de ar na rede.

Para a obtenção experimental das pressões de abertura dos bloqueadores testados elevou-se gradativamente a pressão na tubulação a montante do equipamento, utilizando-se apenas de ar na rede, visando à avaliação de um cenário em que a tubulação esteja cheia de ar, como no caso de racionamento, e que o suprimento de água esteja sendo reestabelecido, levando à expulsão do ar para as ligações prediais. É importante destacar que os testes foram executados com uma condição de pressão atmosférica na tubulação à jusante dos equipamentos bloqueadores de ar.

A pressão a montante dos bloqueadores foi registrada por manômetro instalado próximo à peça. Enquanto aumentava-se gradativamente a pressão e fazia-se a leitura simultaneamente, observava-se o registrador dos hidrômetros até que o obturador do bloqueador se abria.

A pressão registrada nesse momento foi considerada como sendo a pressão de abertura dos equipamentos. Todos os equipamentos bloqueadores de ar disponíveis no estudo passaram por essa avaliação.

c) Perda de Carga

Para o levantamento da perda de carga dos dispositivos estudados, controlou-se a vazão por meio do registro de gaveta, iniciando o ensaio com uma vazão baixa e aumentando-a ao longo das medições. Através do hidrômetro volumétrico, obteve-se o volume inicial e, após um intervalo de dois minutos, uma segunda medição do volume foi realizada. Obtiveram-se ainda as pressões registradas nos manômetros durante a realização do ensaio.

Realizou-se o teste da perda de carga também no tubo cego, que foi feito com o tubo sem conexões para ser utilizado como referência. Por ser um tubo convencional, a perda de carga obtida foi mínima.

Com a realização dos ensaios de perda de carga, foi possível avaliar a queda de pressão provocada pelo equipamento em teste em função da vazão. A vazão foi obtida por meio da diferença entre os volumes inicial e final dividida pelo tempo de duração do ensaio, neste caso, de dois minutos.

No projeto da bancada foi definido que manômetros seriam instalados a montante e a jusante do equipamento em teste (bloqueador, eliminador ou ventosa) para obter a perda de carga provocada pelo equipamento. A Figura 22 mostra os bloqueadores de ar HG (em latão) à esquerda e o bloqueador de ar Air Bloch à direita instalados entre os manômetros na bancada de teste. Foram realizadas dez medições da perda de carga com vazões diferentes para cada dispositivo.



Figura 22 – Bancada em teste com os manômetros e o bloqueador de ar Air Bloch (em latão).

A perda de carga localizada pode ser expressa pela seguinte equação:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

Onde:

Δh = perda de carga;

K = coeficiente adimensional;

V = velocidade; e

g = gravidade.

Para linearizar a função tipo potência, aplicou-se o logaritmo em ambos os lados da equação com o objetivo de determinar o coeficiente K .

$$\log (\Delta h) = \log \left(K \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$\log (\Delta h) = \log (K) + \log \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Fazendo $\log \Delta h = Y$, $\log K = A$ e $\log v^2/2g = X$, obtém-se:

$$Y = A + X$$

Através dessa transformação em uma equação linear foi possível encontrar o valor do coeficiente K. Usualmente K é uma constante em peças estáticas, o que não é o caso de bloqueadores, pois a abertura do obturador é variável até uma certa diferença de pressão, quando ele atinge a abertura total, tornando-se estático.

5.1.5 Ensaio de Contaminação

Foi avaliada a possibilidade de contaminação da água com o uso dos dispositivos que possuem aberturas ou orifícios, no caso, o eliminador de ar e a válvula ventosa. As avaliações de contaminação através dos dispositivos foram feitas considerando a possibilidade de haver submersão do dispositivo no cavalete (por exemplo, em caso de alagamentos por águas pluviais) e simultaneamente a ocorrência de subpressão na rede por interrupção do fornecimento de água).

É importante destacar que os bloqueadores de ar não foram submetidos a este teste porque sua construção é estanque e, se bem instalados, não permitem a entrada de água externa no sistema sob quaisquer condições de operação.

Para avaliar a possibilidade de contaminação do ramal predial e/ou da rede de distribuição de água pelo equipamento ELIMINADOR DE AR e VENTOSA, foi montado no Laboratório de Hidráulica da Universidade de Brasília um aparato experimental onde o aparelho testado foi submerso em um reservatório contendo uma solução de azul de metileno, que serviu como traçador visual e colorimétrico. Os aparelhos eliminadores e a ventosa foram inicialmente alimentados por um reservatório localizado a montante de um reservatório transparente. A bomba peristáltica succiona água pelo sistema e, caso haja entrada da solução traçadora no sistema, será possível verificar a ocorrência de contaminação da água pela análise da água efluente. A Figura

23 apresenta um esquema da bancada de teste de estanqueidade dos eliminadores de ar e da ventosa.

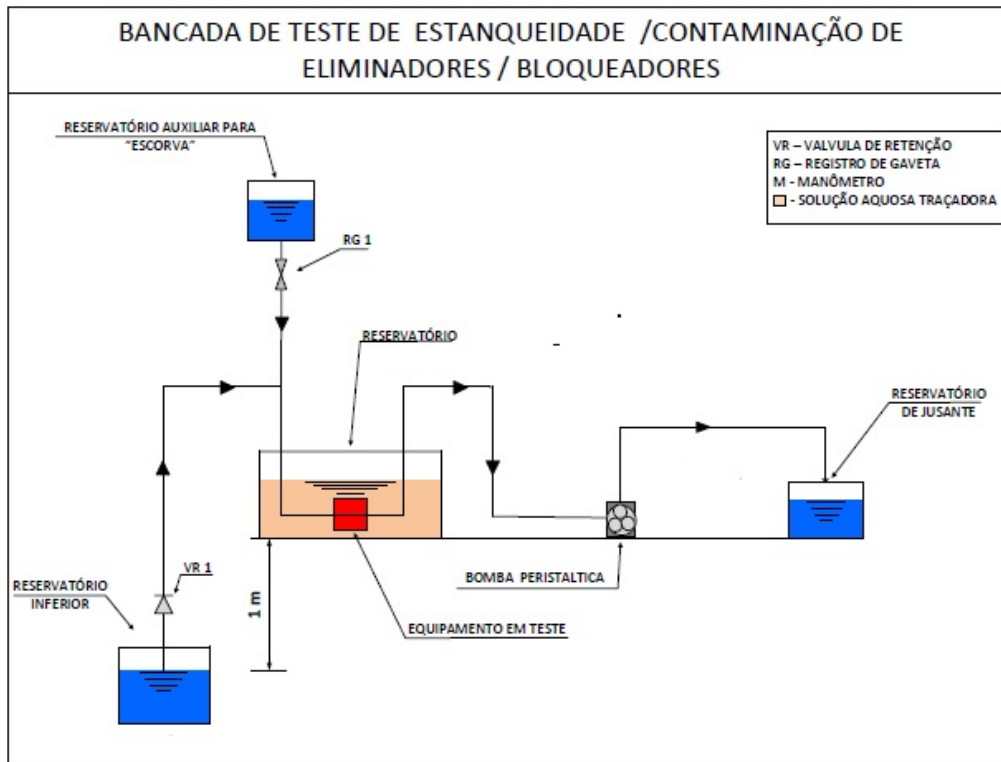


Figura 23 – Esquema da bancada de teste de estanqueidade dos eliminadores de ar e da ventosa.

Os dispositivos foram afogados na solução “contaminante” constituída pela mistura de água com azul de metileno e trabalharam sobre um regime de pressão negativa fornecida pela bomba peristáltica. A pressão negativa fornecida pela bomba chega ao dispositivo que possui duas formas de sucção: a primeira vinda do reservatório inferior e a segunda das aberturas do próprio dispositivo. O fluxo resultante dessas duas entradas foi descarregado em um último reservatório para avaliação.

As avaliações da concentração do traçador foram feitas com o auxílio de um espectrofotômetro para identificação da absorvância do azul de metileno para todas as amostras envolvidas. Para a definição da absorvância pelo espectrofotômetro, foi utilizado para medição o comprimento de onda de 654 nanômetros, que corresponde ao comprimento de onda associado ao azul de metileno. O “branco” foi obtido a partir da absorvância de uma amostra de água proveniente da rede de abastecimento. A referência de concentração de água “contaminada” foi feita a partir da absorvância da água com azul de metileno em que o dispositivo foi submerso.

Para análise dos resultados de “contaminação”, a água succionada através do dispositivo submerso no tanque da água com o traçador foi amostrada e teve a concentração de azul metileno avaliada a

partir da absorvância. No experimento foram utilizadas três vazões diferentes succionadas através do dispositivo. A bomba peristáltica controla sua vazão de acordo com a frequência de rotações por segundo (Figura 24). Sua margem de operação varia entre 0 e 62 hertz. Devido a sua variação de frequência foram utilizados como valores de referência 20, 40 e 60 hertz. Para cada frequência tem-se uma determinada vazão. Essa vazão foi medida pelo tempo necessário para o preenchimento de um recipiente de um litro.



Figura 24 – Detalhe da bomba peristáltica utilizada no ensaio em laboratório.

5.2 Testes em Situações Reais de Campo

Este procedimento é necessário para comprovar a necessidade e a oportunidade de emprego dos equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar. Esse aspecto só pode ser comprovado sob as condições reais de campo.

No entanto, para que os valores obtidos sejam estatisticamente significativos a ponto de se definir o percentual de economia gerada, um grande número de equipamentos, em diferentes situações, teriam que ser analisados: condições de contorno (redes altas pressões, pressões médias, baixas pressões, redes com oscilação de pressão); condições de operação (com e sem racionamento); clima (estação seca e estação chuvosa); e tipo de usuário (famílias pequenas e grandes, instalações comerciais e industriais). Esse tipo de análise não fez parte do escopo deste trabalho, que utilizou os testes de campo para validar algumas conclusões operacionais obtidas em laboratório.

É importante observar que quando os testes foram idealizados não estava ainda em vigor o racionamento de água no Distrito Federal.

Os testes sob condições reais de campo foram realizados em pontos previamente definidos considerando o tempo disponível e a disponibilidade do usuário. Os cavaletes de campo foram instalados em locais que apresentam baixa pressão na rede, alta pressão na rede e intermitências no abastecimento. Os pontos escolhidos registram as três condições em um mesmo local. Os testes foram realizados na região administrativa de Vicente Pires e Samambaia, no Distrito Federal. Em ambos os casos houve interrupções no abastecimento de água devido ao racionamento.

Os dispositivos foram instalados em duas residências no Distrito Federal, uma na região administrativa de Vicente Pires e outro na região administrativa de Samambaia, pra avaliar o funcionamento em três condições reais: alta pressão, intermitência no serviço de abastecimento e baixa pressão. O estudo em campo foi realizado em um dos cavaletes por quase dois meses e no segundo por cerca de um mês.

Na primeira residência foram instalados os bloqueadores de ar HG (PVC), HG (latão) e Aquamax, a válvula ventosa Tigre e o eliminador de ar Dolphin. Inicialmente os manômetros foram instalados, porém os mesmos sofreram avarias e não foram obtidas as pressões. Na segunda residência foram instalados o bloqueador de ar Aquamax e o eliminador de ar Dolphin. Nesta foram medidas as leituras apenas dos hidrômetros.

O cavalete original foi substituído pelo cavalete em teste, que era composto por dois hidrômetros previamente aferidos pela CAESB e o equipamento a ser testado. Além disso, a jusante do primeiro hidrômetro foi colocado um manômetro e outro foi instalado após o equipamento em teste. A Figura 25 ilustra o esquema do cavalete de teste instalado em campo.

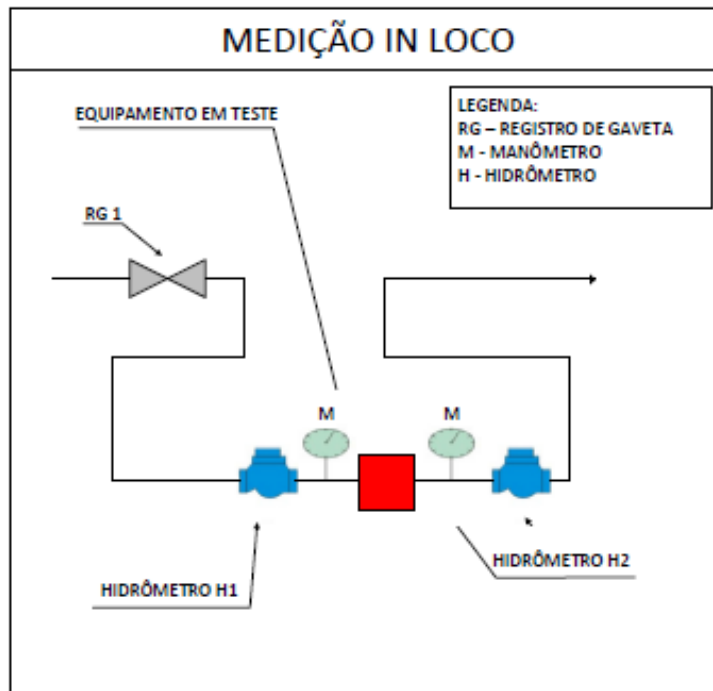


Figura 25 – Esquema do cavalete de teste instalado em campo.

A duração de cada teste em campo foi de aproximadamente dois meses, com leitura dos equipamentos com frequência diária. Após a obtenção dos dados de campo os mesmos foram calculados buscando registrar as eficiências dos aparelhos.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos com o emprego da metodologia anteriormente descrita para verificar o uso dos bloqueadores de ar, válvulas ventosas e eliminadores de ar instalados na bancada de teste em laboratório e em campo. Avaliou-se também a possibilidade de contaminação da rede de abastecimento de água por meio desses aparelhos.

Os resultados aqui apresentados referem-se aos aparelhos testados com suas respectivas características construtivas ou técnicas, não podendo estes dados serem generalizados para outros tipos de aparelhos. Deve-se levar em conta ainda que, o volume de ar medido nos testes em laboratório é próprio da bancada de teste. Assim, em relação às redes de abastecimento, o volume de ar conduzido ao ramal predial dependerá do diâmetro e da extensão das tubulações e da existência ou não de aparelhos destinados a eliminar o ar das mesmas. A extensão de rede sem proteção poderá afetar não somente um ramal predial, mas um conjunto de ramais abastecidos por aquele conjunto de tubulações.

Atendendo solicitação da ADASA - Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal - alguns testes foram realizados no laboratório com os equipamentos utilizados no presente estudo, a fim de avaliar a eficácia da bancada no laboratório com a participação de representantes da Comissão de Defesa do Consumidor, CAESB, ADASA e professores e técnicos da Universidade de Brasília e em campo com a presença de representantes da ADASA, participação técnica da CAESB e equipe da Universidade de Brasília.

É importante descrever novamente aqui as duas classes de equipamentos em teste: (i) eliminadores de ar e ventosas; e (ii) bloqueadores de ar.

Os eliminadores de ar e ventosas são equipamentos destinados a purgar o ar que eventualmente seja direcionado à instalação predial e assim evitar que o ar passe pelo hidrômetro e provoque falso registro de consumo no hidrômetro. Para que cumpram sua finalidade, devem ser instalados a montante do hidrômetro e, portanto, na parte da tubulação sob responsabilidade da empresa de saneamento. Como desvantagem do equipamento, o dispositivo utilizado para purgar o ar pode, sob determinadas condições, admitir a entrada de água do ambiente para o interior da rede.

Os bloqueadores de ar são equipamentos que se destinam a impedir a passagem do ar e dessa forma evitar o registro falso de consumo de água pelo hidrômetro. Para tal, os equipamentos testados são dotados de um obturador de fluxo atuado por uma mola, que impede a passagem do fluxo de ar ou água, até uma certa pressão. Assim, caso a pressão do ar na rede seja inferior à pressão de abertura

do equipamento, o ar não passa pelo equipamento. Caso a pressão do ar seja superior à pressão de ajuste do equipamento, o equipamento permitirá a passagem do ar. A pressão de ajuste do equipamento não pode ser elevada pois ela impediria também a passagem da água e representa uma perda de carga adicional. Esse equipamento pode ser instalado imediatamente a jusante do hidrômetro e, portanto, dentro das instalações sob responsabilidade do usuário da água.

6.1 Avaliação dos Equipamentos em Bancada de Laboratório

Para verificar a eficácia dos equipamentos no cumprimento de suas respectivas finalidades, foram realizados ensaios no Laboratório com objetivo de testar diferentes aspectos de cada classe de equipamento.

Conforme descrito anteriormente, os testes realizados com os eliminadores e as ventosas visaram a:

- Verificar as condições de funcionamento dos equipamentos com água, ar ou diferentes misturas de água e ar e sob diferentes condições de pressão;
- Verificar a eficácia dos equipamentos na eliminação do ar em diferentes condições de mistura de ar e água; e
- Verificar a possibilidade de contaminação da água da rede em caso de submersão do equipamento em água contaminada e esvaziamento da rede, provocando subpressão.

Os testes realizados com os bloqueadores de ar visaram a:

- Verificar as condições de funcionamento dos equipamentos com água, ar ou diferentes misturas de água e ar e sob diferentes condições de pressão;
- Verificar a eficácia dos equipamentos no bloqueio de ar sob diferentes condições de mistura de ar e água;
- Analisar a perda de carga provocada pelo equipamento em condições normais de fluxo de água, uma vez que o princípio de funcionamento dos equipamentos testados é baseado no bloqueio do fluxo (de ar ou água) até certa pressão, quando o dispositivo se abre e permite a passagem do fluxo (de ar ou água).

Apesar de grande parte dos ensaios terem sido realizados em conjunto com os diversos equipamentos, a discussão dos resultados foi separada por classe de equipamentos em função das

diferenças nos princípios de funcionamento, local de instalação em relação ao hidrômetro e possíveis problemas gerados pelos equipamentos.

6.1.1 Eliminadores de Ar e Ventosas

O eliminador de ar da marca Dolphin e a ventosa Tigre foram testados sob diversas condições de fluxo de ar, água e misturas de ar e água.

É importante destacar que diversos equipamentos da marca Dolphin foram testados e verificou-se que quando o sistema está desligado (simulação de ausência de água na rede) e o fluxo de água retorna, muitas vezes o equipamento trava e a água jorra pelas aberturas de liberação de ar. Tal fato se repetiu em diversas situações e para a maioria dos eliminadores Dolphin testados. Tal fato mostra que há problemas de projeto e/ou manufatura do equipamento que pode ser causador de grandes perdas de água. Apenas por esse fato, a utilização dos equipamentos dessa marca não é recomendável, até melhor comprovação de que a falha foi sanada. Pelo preço do equipamento não há justificativa razoável para o fato.

A ventosa da Tigre, em que pese a maior vulnerabilidade à entrada de objetos na válvula devido ao fato de não ter sido projetada para essa finalidade específica, em nenhum dos testes apresentou o mesmo problema.

A Tabela 2 apresenta os resultados da diferença de leitura dos hidrômetros instalados antes e depois do eliminador de ar ou da ventosa avaliados em laboratório. Os resultados são apresentados para cada equipamento conforme o tipo de fluxo inserido – apenas ar, apenas água, água e ar inserido através de pedra porosa e água e ar inserido através de ranhuras, medido através do volume do hidrômetro. Foi utilizado um tubo cego, ou seja, sem conexões ou dispositivos, como referência para o ensaio.

É muito importante destacar que a diferença percentual mostrada na Tabela 2 não pode ser considerada como “eficiência” dos dispositivos eliminadores de ar, uma vez que ela mostra diferentes aspectos quando se trata de fluxo de água e fluxo de ar. Quando há ocorrência de ar na rede de distribuição, normalmente após período de interrupção de fornecimento, no momento em que o fornecimento é reestabelecido o ar aprisionado na rede será direcionado para os pontos altos da rede, entre os quais as ligações prediais. A quantidade de ar na rede é completamente dependente do local, da geometria da rede, dos diâmetros dos tubos, topografia, topologia e forma de enchimento da rede. Assim, a pressão do ar e sua velocidade na entrada das instalações prediais é

completamente variável de ponto a ponto e depende ainda do número de ligações prediais no trecho e da existência ou não de dispositivos de eliminação e bloqueio nas instalações.

Tabela 2 - Eficiência do eliminador de ar e da ventosa avaliados em laboratório.

Dispositivo	Tipo de fluxo	Hidrômetro		Eficiência
		Montante Volume (m ³)	Jusante Volume (m ³)	
REFERENCIAL				
Tubo cego (ref.)	Ar	0,0455	0,0518	-14%
Tubo cego (ref.)	Água	0,0494	0,0484	2%
Tubo cego (ref.)	Água + ar (pedra porosa)	0,0474	0,0478	-1%
Tubo cego (ref.)	Água + ar (ranhuras)	0,0497	0,0482	3%
ELIMINADOR DE AR / VENTOSA				
Eliminador (Dolphin)	Ar	0,0522	0,0040	92%
Eliminador (Dolphin)	Água	0,0502	0,0490	2%
Eliminador (Dolphin)	Água + ar (pedra porosa)	0,0499	0,0514	-3%
Eliminador (Dolphin)	Água + ar (ranhuras)	0,0499	0,0502	-1%
Ventosa (tigre)	Ar	0,0537	0,0000	100%
Ventosa (tigre)	Água	0,0502	0,0497	1%
Ventosa (tigre)	Água + ar (pedra porosa)	0,0508	0,0493	3%
Ventosa (tigre)	Água + ar (ranhuras)	0,0496	0,0504	-2%

De fato, a eficiência do dispositivo de eliminação de ar pode ser avaliada mas essa eficiência não tem relação direta com a economia que poderia representar o equipamento pois isso depende muito mais da quantidade de ar aprisionado na rede e expulso por aquele ramal.

Analisando a Tabela 2 em relação aos dados obtidos somente com a passagem de ar na tubulação ao instalar a válvula ventosa ou o eliminador de ar vemos que ao induzir a passagem de apenas ar na tubulação até que o hidrômetro registrasse 50 litros os equipamentos foram extremamente eficientes, conseguindo eliminar praticamente todo o ar, impedindo o fluxo para jusante (Figura 26).

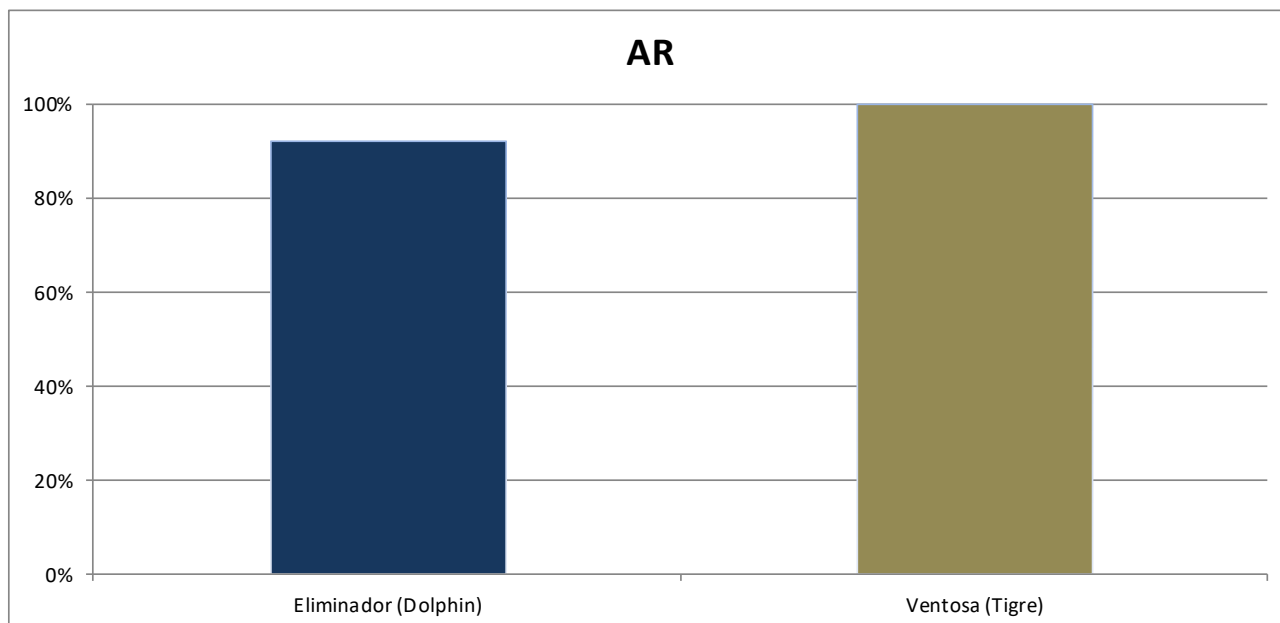


Figura 26 – Eficiência em percentual do eliminador Dolphin e da válvula ventosa Tigre com a passagem apenas de ar na tubulação.

Os testes realizados com diferentes misturas de ar e água mostraram que os equipamentos testados perdem sua eficácia quando fluxo multifásico se estabelece na tubulação, evidenciando que qualquer quantidade de água é suficiente para desabilitar o dispositivo de eliminação de ar.

Cabe ainda notar que quando apenas um trecho de tubo é instalado no lugar do eliminador, o hidrômetro de montante registra um volume inferior ao do hidrômetro de jusante em função da perda de carga provocada pelo segundo hidrômetro, o que provoca a compressão do ar levando a um fluxo de ar com velocidade menor no hidrômetro de montante. É importante observar que, no experimento realizado, a tubulação foi deixada livre para a atmosfera após o segundo hidrômetro, simulando a condição mais desfavorável, que é a similar a se ter uma torneira aberta logo após o cavalete do hidrômetro. Em condições normais de operação, essa torneira, se existente, estaria fechada e, portanto, possivelmente o ar estaria submetido a uma certa contrapressão, variável de acordo com o arranjo da instalação predial, do hidrômetro à caixa de água.

Com relação à perda de carga, verificou-se experimentalmente que o eliminador de ar e a válvula ventosa provocam perda de carga reduzida, não havendo influência expressiva no escoamento.

Em caso de abastecimento contínuo a quantidade de ar na rede é muito pequena, não proporcionando o acionamento do dispositivo de purga. A válvula ventosa funciona de forma semelhante ao eliminador de ar.

Os ensaios mostram que o eliminador de ar atende ao quesito de retirar o ar da tubulação. Entretanto, a eficácia do eliminador de ar pode ser prejudicada em caso de elevadas pressões a montante do dispositivo. Para altas pressões de ar, o mecanismo permanece bloqueado pela esfera existente dentro do dispositivo e a purga de ar não ocorre.

6.1.2 Bloqueadores de ar

Conforme já mencionado, a eficácia dos bloqueadores deve ser medida pela pressão de abertura do bloqueador.

A partir dos testes experimentais para a obtenção das pressões de abertura, onde mediu-se o limiar de obstrução dos dispositivos, foram obtidos os valores da pressão, em metros de coluna d'água (mca), descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Pressão de abertura dos equipamentos bloqueadores de ar.

Equipamentos	Pressão de abertura (mca)
Aquamax (mola rígida)	0,14
Aquamax (mola fraca)	0,11
HG (PVC)	0,07
HG (latão)	1,50
Air Bloch	4,18
ARBLOQ	3,00

É possível observar, analisando-se os dados da Tabela 3, que os valores variaram significativamente entre os bloqueadores. Pode-se assim inferir alguns aspectos operacionais relativos a cada peça em termos de sua capacidade de barramento da entrada do ar na rede de jusante.

Quanto maior o valor apresentado para a pressão de abertura, maior será também sua capacidade de barramento. O bloqueador de ar que teve maior eficácia nesse aspecto foi o Air Bloch com 4,18 mca, indicando que em situações de restabelecimento de água, onde o ar que esteja na rede passará a ser pressurizado gradativamente, esse equipamento irá bloquear a entrada de ar até que ele atinja a pressão de 4,18 mca.

Em seguida tem-se o ARBLOQ apresentando 3,00 mca de pressão de abertura, logo depois o bloqueador HG (latão) com o valor da pressão de 1,50 mca. Os bloqueadores Aquamax (mola

rígida), Aquamax (mola fraca) e HG (PVC) apresentaram valores muito baixos de pressão de abertura em relação aos outros já citados, sendo respectivamente de 0,14 mca, 0,11 mca e 0,07 mca.

Possivelmente esses valores apresentaram-se mais baixos não pelo aspecto de rigidez de suas molas, mas por uma questão de deficiência na estanqueidade da peça, pois foi possível perceber que até mesmo para a pressão quase insignificante, de 0,07 mca, um dos equipamentos permitiu a passagem do ar para a tubulação de jusante.

Durante os testes em bancada, foi possível observar que, em situações de despressurização da rede de distribuição, o bloqueador de ar, caso apresente boas condições de isolamento, irá operar também como uma válvula de retenção, fazendo com que a água que retornaria da tubulação da rede doméstica provoque uma elevação da pressão de abertura dos equipamentos proporcionalmente à coluna de água que ficará na tubulação. Isso ocorre devido à pressão que essa coluna de água irá exercer sobre os bloqueadores, acrescentando-se assim mais uma resistência a ser superada para que os equipamentos percam sua condição de estanqueidade.

Esse é um aspecto operacional muito importante, porém variável de acordo com a concepção da rede de jusante ao equipamento, sendo específico para cada caso em situações reais. A pressão de abertura efetiva em circunstâncias reais, para peças com boa estanqueidade, é obtido pela equação:

$$P_{Aefetiva} = P_{Apeça} + P_{H2O}$$

Sendo que:

$P_{Aefetiva}$ = Pressão de abertura efetiva;

$P_{Apeça}$ = Pressão de abertura da peça;

P_{H2O} = Pressão exercida pela água da tubulação à jusante sobre a peça.

Vale ressaltar que a pressão de abertura dos equipamentos pode também dificultar a entrada da água no ramal predial pois as peças de mola mais forte provocam perda de carga significativa. Portanto, quanto maior a pressão de abertura dos equipamentos, maior deverá ser também a pressão da água na rede de distribuição para que o abastecimento de água na rede doméstica seja restabelecido.

Nos testes realizados na bancada foi possível observar que os bloqueadores de ar funcionam como obturadores de fluxo até a pressão de ajuste, quando se abrem e a partir de então deixam passar o fluxo provocando uma perda de carga localizada e, portanto, apresentam resistência à passagem do fluido na tubulação. Até a abertura do obturador, não faz muita diferença se o fluido é água ou ar. No entanto, após essa abertura, em função da perda de carga introduzida pelo dispositivo, o ar, após

passar pelo primeiro hidrômetro e pelo dispositivo, se expande pois a pressão diminui. Com isso, a leitura do hidrômetro após o dispositivo tende a ser maior que a leitura do hidrômetro a montante do dispositivo. No teste realizado somente com ar, como o ar após o dispositivo foi liberado diretamente para a atmosfera sem contrapressão (situação que simula a existência de uma torneira aberta logo após o cavalete) o efeito da compressibilidade do ar foi mais sentido na medição dos hidrômetros. Nas condições normais de operação, em que a torneira (se existente) estaria fechada e a tubulação da instalação predial parcialmente cheia de água, esse efeito certamente seria minimizado e as leituras dos hidrômetros seriam próximas.

Pode-se concluir que o fluxo de ar pelo sistema apresenta velocidades maiores a montante do bloqueador pelo efeito da perda de carga introduzida pelo bloqueador. Quanto maior a perda de carga introduzida pelo bloqueador (ou qualquer dispositivo a jusante do hidrômetro), menor será o volume do ar que passará pelo hidrômetro pelo efeito da compressibilidade do ar. Os bloqueadores com mola mais rígida (maior pressão de abertura) levam a fluxo mais comprimidos. Tal fato justifica o fato de se ter obtido nos testes um volume a jusante nos hidrômetros dos bloqueadores maiores que os volumes medidos no hidrômetro a montante. Essa observação indica que a instalação de bloqueador após o hidrômetro faz com que o hidrômetro registre um volume menor que o volume medido sem bloqueador. Tal fato ocorreu em todos os bloqueadores ensaiados, exceto no bloqueador de ar HG em PVC que não apresentou diferença nas leituras. No entanto, apesar de ser uma indicação favorável à instalação de bloqueadores, esse fato provavelmente só será relevante se o usuário deixar passagem livre para o ar logo após o cavalete. É importante ressaltar que todas as empresas de saneamento recomendam que, em caso de racionamento de água, a válvula de passagem no cavalete seja mantida fechada durante todo o período de racionamento, só sendo aberta após o reestabelecimento do abastecimento.

É fundamental ressaltar que os hidrômetros não são projetados para a medição de ar, portanto, os dados obtidos mostram apenas que o ar das tubulações pode movimentar as turbinas do tipo de hidrômetro testado por efeito da velocidade de fluxo, sem, no entanto haver qualquer correlação entre os valores registrados e a economia que pode ser gerada com a instalação de bloqueador.

A Tabela 4 apresenta os resultados da diferença de leitura dos hidrômetros instalados antes e depois dos bloqueadores de ar em laboratório. Os resultados são apresentados para cada equipamento conforme o tipo de fluxo inserido – apenas ar, apenas água, água e ar inserido através de pedra porosa e água e ar inserido através de ranhuras, medido através do volume do hidrômetro. Foi utilizado um tubo cego, ou seja, sem conexões ou dispositivos, como referência para o ensaio.

Tabela 4 - Eficiência dos bloqueadores de ar avaliados em laboratório.

Dispositivo	Tipo de fluxo	Hidrômetro		Eficiência
		Montante Volume (m ³)	Jusante Volume (m ³)	
REFERENCIAL				
Tubo cego (ref.)	Água	0,0494	0,0484	2%
Tubo cego (ref.)	Água + ar (pedra porosa)	0,0474	0,0478	-1%
Tubo cego (ref.)	Água + ar (ranhuras)	0,0497	0,0482	3%
BLOQUEADOR DE AR – MOLA FRACA				
HG (PVC)	Ar	0,0510	0,0512	0%
HG (PVC)	Água	0,0494	0,0491	1%
HG (PVC)	Água + ar (pedra porosa)	0,0499	0,0513	-3%
HG (PVC)	Água + ar (ranhuras)	0,0505	0,0600	-19%
Air Bloch	Ar	0,0653	0,0738	-13%
Air Bloch	Água	0,0511	0,0505	1%
Air Bloch	Água + ar (pedra porosa)	0,0495	0,0504	-2%
Air Bloch	Água + ar (ranhuras)	0,0508	0,0568	-12%
HG (latão)	Ar	0,0397	0,0530	-34%
HG (latão)	Água	0,0496	0,0494	0%
HG (latão)	Água + ar (pedra porosa)	0,0502	0,054	-8%
HG (latão)	Água + ar (ranhuras)	0,0500	0,0537	-7%
Aquamax (mola fraca)	Ar	0,0446	0,0614	-38%
Aquamax (mola fraca)	Água	0,0474	0,0471	1%
Aquamax (mola fraca)	Água + ar (pedra porosa)	0,0492	0,0513	-4%
Aquamax (mola fraca)	Água + ar (ranhuras)	0,0508	0,0552	-9%
BLOQUEADOR DE AR – MOLA FORTE				
Aquamax (mola forte)	Ar	0,0833	0,1573	-89%
Aquamax (mola forte)	Água	0,0497	0,0491	1%
Aquamax (mola forte)	Água + ar (pedra porosa)	0,0501	0,0534	-7%
Aquamax (mola forte)	Água + ar (ranhuras)	0,0497	0,0538	-8%
ARBLOQ	Ar	0,0498	0,1558	-213%
ARBLOQ	Água	0,0502	0,0495	1%
ARBLOQ	Água + ar (pedra porosa)	0,0501	0,0544	-9%
ARBLOQ	Água + ar (ranhuras)	0,0503	0,0616	-22%

A diferença percentual mostrada na Tabela 4 não pode ser considerada como “eficiência” dos bloqueadores, uma vez que ela mostra diferentes aspectos quando se trata de fluxo de água e fluxo de ar. Quando há ocorrência de ar na rede de distribuição, normalmente após período de interrupção de fornecimento, no momento em que o fornecimento é reestabelecido o ar aprisionado na rede será direcionado para os pontos altos da rede, entre os quais as ligações prediais. Conforme descrito anteriormente, a quantidade de ar na rede depende de vários fatores. Assim, a pressão do ar e sua

velocidade na entrada das instalações prediais é completamente variável de ponto a ponto e depende ainda do número de ligações prediais no trecho e da existência ou não de dispositivos de eliminação e bloqueio nas instalações.

A eficiência do bloqueador de ar embora tenha sido avaliada, não tem relação direta com a economia que poderia representar o equipamento, pois isso depende muito mais da quantidade de ar aprisionada na rede.

No teste os dispositivos também foram avaliados com a passagem apenas de água na rede. Apesar da diferença de pressão existente antes e depois dos bloqueadores, os volumes medidos pelos hidrômetros foram essencialmente iguais, quando se operou apenas com água, com diferenças máximas abaixo de 3% (Figura 27). Isso se deve ao fato de que para os valores de pressão do experimento a água pode ser considerada incompressível.

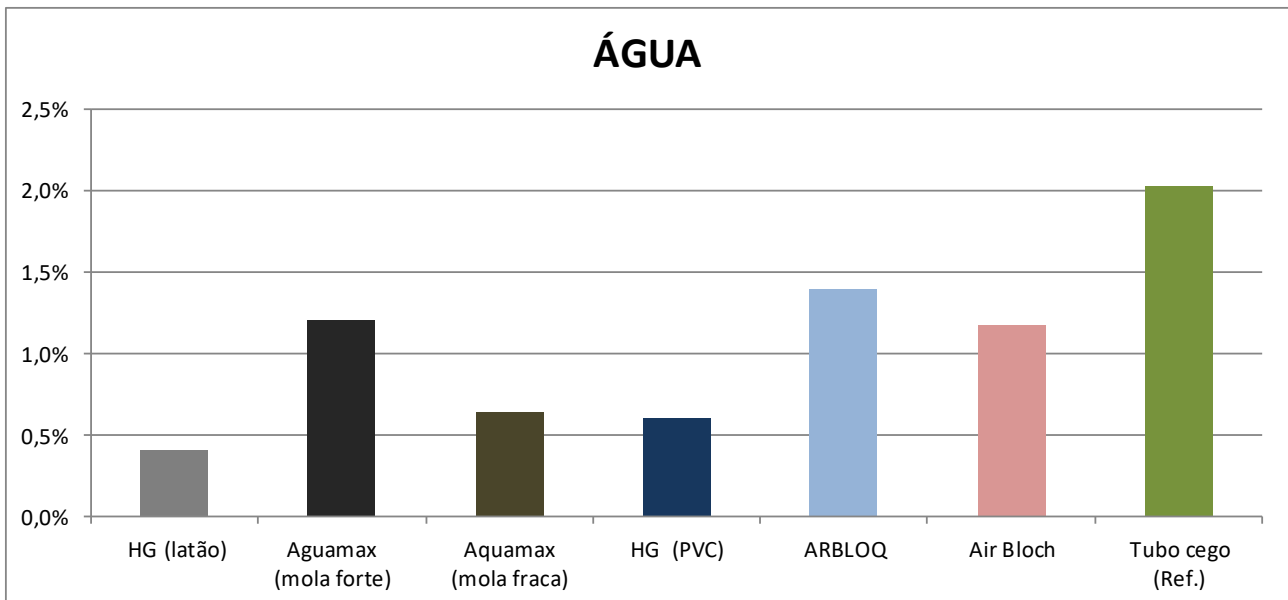


Figura 27 – Eficiência, em percentual, dos bloqueadores de ar com a passagem apenas de água na tubulação.

Os resultados obtidos para os bloqueadores de ar com fluxo de mistura de ar com água são apresentados a seguir. Os volumes foram maiores a jusante do que a montante, devido às diferentes pressões, porém em menor escala, devido a menor quantidade de ar injetado. Essa diferença pode ser observada também nos diferentes tipos de injeção de ar.

Na análise dos bloqueadores de ar, no primeiro caso, onde houve a injeção através da pedra porosa que insere ar em pequenas bolhas, registrou-se uma menor diferença entre os volumes de montante e jusante (Figura 28). No segundo caso, a injeção de ar por ranhuras inseriu bolhas de ar maiores e com menor resistência, dando assim um peso maior ao ar nos dados obtidos, de modo que a

diferença entre os valores de montante e jusante se mostraram maiores que no caso com pequenas bolhas de ar (Figura 29).

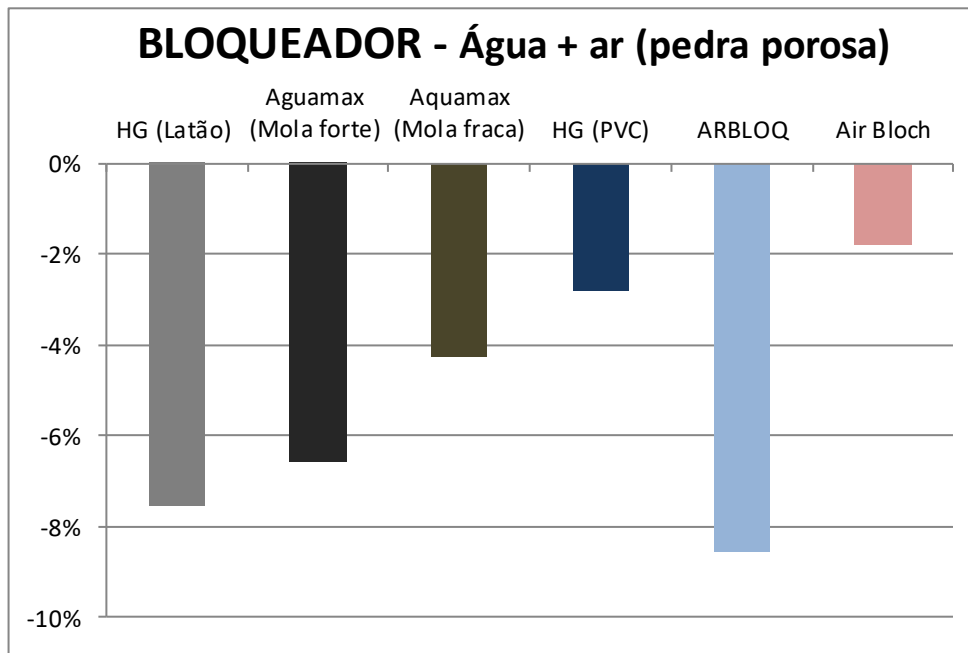


Figura 28 – Eficiência em percentual dos bloqueadores de ar com a passagem de água e ar através da pedra porosa.

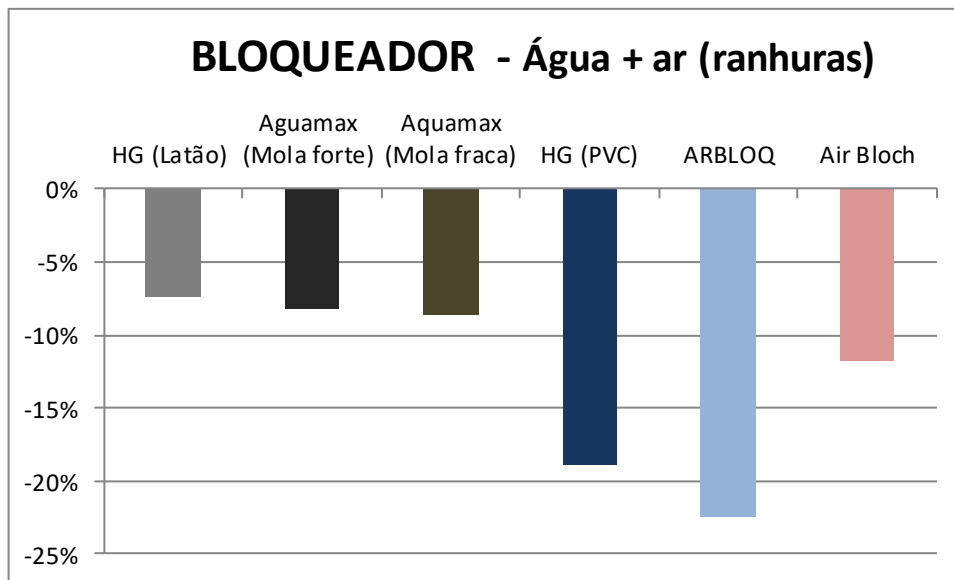


Figura 29 – Eficiência em percentual dos bloqueadores de ar com a passagem de água e ar através de ranhuras.

Com relação à perda de carga, verificou-se experimentalmente que os bloqueadores de ar mais eficientes em termos de bloqueio podem provocar perda de carga elevada. No entanto, há uma

grande variação entre os equipamentos. Cabe ressaltar que os mais efetivos no bloqueio têm como característica inerente oferecer mais resistência ao fluxo seja de ar ou de água.

O fato dos bloqueadores de ar possuírem uma mola para atuar sobre o obturador leva a que os valores do coeficiente de perda de carga (K) seja variável até a que a pressão atinja um valor tal que o obturador esteja completamente aberto. Portanto o valor de K é função da rigidez da mola.

A Tabela 5 apresenta o valor do coeficiente K obtido através da linearização da equação da perda de carga localizada.

Tabela 5 – Coeficiente k obtido para os bloqueadores de ar.

Equipamento	K
HG (latão)	15,5
Aquamax (mola forte)	35,2
Aquamax (mola fraca)	6,05
HG (PVC)	44,9
ARBLOQ	11,5
Air Bloch	6,50

Nos ensaios verificou-se que o uso do bloqueador de ar causa elevada perda de carga ao sistema, comprometendo as condições de abastecimento e precisão na medição do hidrômetro. Observou-se que houve estrangulamento ou obstrução na tubulação devido à redução na vazão.

Os bloqueadores de ar HG (PVC), HG (latão), Aquamax, Air bloc e Arbloc causam elevada perda de carga ao sistema o que pode prejudicar o abastecimento de água.

6.2 Ensaio de Contaminação

Conforme explicado na metodologia, avaliou-se a possibilidade de entrada de contaminação através do eliminador de ar e da ventosa, pois ambos possuem aberturas ou orifícios para o ambiente externo. Simulou-se o pior cenário possível, que seria uma eventual submersão externa do cavalete com água contaminada (por exemplo, por águas pluviais) e, simultaneamente, à ocorrência de subpressão na rede devido à interrupção do fornecimento de água.

A solução em que o dispositivo foi submerso serviu com referência de contaminação, fazendo-se que o seu valor de concentração correspondesse a uma contaminação de 100%. A Figura 30 mostra os equipamentos em teste.



Figura 30 – Ensaio de contaminação do eliminador Dolphin e da válvula ventosa Tigre, respectivamente.

O valor de absorvância da amostra de referência foi obtido pela análise da água com o traçador, colocado no reservatório dentro do qual o dispositivo (eliminador ou ventosa) foi mergulhado. Foram coletadas amostras da água succionada através do dispositivo com três vazões diferentes, conforme descrito na metodologia do ensaio.

O orifício da ventosa é completamente exposto, o que permitiu a entrada livre da água “contaminada”, observado em cada amostra coletada.

A partir dos dados de absorvância obtidos para o eliminador de ar foi possível observar que também houve um elevado índice de passagem de água com a presença do azul de metileno pelo orifício ou abertura existente.

Os resultados do teste de contaminação dos dois dispositivos ensaiados, o eliminador de ar e a válvula ventosa, indicaram um alto nível de contaminação se submetidos a afogamentos e com pressões negativas na rede.

Nesse contexto, as aberturas existentes no corpo desses aparelhos (eliminador de ar e válvula ventosa) podem contaminar a água da rede com líquidos externos, tais como água de lavagem de pisos, urina e fezes de animais, bem como pela movimentação de insetos na sua superfície, pois esses elementos podem ser carreados para o interior da tubulação.

6.3 Ensaio em Campo

Os testes de campo foram inicialmente planejados para serem realizados em condições normais de operação da rede. Dessa forma, não havia razões para maior aprofundamento na questão de se contabilizar o real superfaturamento provocado pela expulsão de ar das redes, uma vez que, em condições normais de operação de redes, sem interrupções frequentes de abastecimento, é sabido e inúmeras vezes comprovado nas pesquisas já realizadas, que o superfaturamento é desprezível. No entanto, no decorrer desta pesquisa, no momento em que o trabalho de campo entrou em fase de execução, foi determinada pela ADASA a realização do racionamento com rodízio a cada 6 dias. Dessa maneira, houve a oportunidade de verificar em campo o funcionamento dos dispositivos. No entanto, não estava incluído no escopo do trabalho uma avaliação mais profunda do real valor de superfaturamento provocado pela expulsão do ar pela rede

Os testes em campo foram realizados durante o período em que houve intermitência no abastecimento devido ao racionamento imposto em função da crise hídrica no Distrito Federal.

Os resultados obtidos com o uso do dispositivo bloqueador de ar Aquamax mostrou uma pequena variação nas leituras dos hidrômetros, que pode ser considerada insignificante. Com o uso do Aquamax, observou-se uma variação de -1,55 a 1,98% na leitura dos hidrômetros a jusante e a montante do dispositivo ao longo de duas semanas, inclusive após intermitência de água. Considerando que o rodízio é realizado semanalmente, o teste cobriu 2 ciclos do racionamento.

Com relação às leituras dos hidrômetros, os resultados mostraram-se coerentes com o que foi discutido na análise dos resultados dos testes em bancada, pois, em condições reais de instalações prediais usualmente o ar não é liberado e, portanto, o ar que passa pelo bloqueador continua sob pressão e assim não ocorre o efeito de descompressão observado na bancada.

A Figura 31 apresenta a válvula ventosa instalada para avaliação do funcionamento *in loco*. A válvula ventosa é um dispositivo que se destina a desviar o fluxo de ar total ou parcialmente para a atmosfera, dependendo da vazão. Em visita ao local, aguardando o retorno da água após interrupção no fornecimento de água, constatou-se que o flutuador travou várias vezes devido à alta pressão na rede, provocando grande vazamento de água pelo orifício de saída de ar. As leituras dos hidrômetros e dos manômetros mostraram grandes variações de um equipamento para o outro devido a esse fato. Isso também comprometeu a leitura da pressão de abertura, tendo em vista que ocorreu travamento da boia interna de acionamento da ventosa.



Figura 31 – Montagem do cavalete em campo com a válvula ventosa.

O eliminador de ar Dolphin foi instalado durante o período de um mês para observar quatro ciclos completos de interrupção no fornecimento de água. O cavalete com o dispositivo *in loco* é apresentado na Figura 32. O aparato experimental apresentou uma variação média de 1% nas leituras dos hidrômetros de montante e jusante ao eliminador de ar, evidenciando que, no local de teste, a quantidade de ar existente na rede após o racionamento e expelida através do cavalete monitorado não provocou alteração significativa das leituras acumuladas no mês.



Figura 32 – Cavalete com a instalação do eliminador de ar (Dolphin) em campo.

É importante observar que, diferentemente do bloqueador de ar, o eliminador evita que o ar passe pelo segundo hidrômetro e, portanto, a diferença lida nos hidrômetros indica se ocorreu superfaturamento provocado pela passagem de ar, o que de fato, não foi observado no experimento.

Nos dias após racionamento, durante o retorno do abastecimento, similarmente ao observado na bancada de laboratório, o eliminador Dolphin provocou grandes vazamentos de água pelos orifícios de eliminação de ar, comprovando que o projeto ou o acabamento do dispositivo não é adequado ou compatível com os preços do equipamento. Durante o retorno da água foram registradas variações de até 13% nas leituras dos hidrômetros, em parte devido ao ar e em parte devido aos vazamentos de água. Mesmo com esses valores pontuais, no cômputo geral do mês, essas diferenças tiveram pouco significado.

O bloqueador HG (PVC) não suportou a pressão e estourou em um dos locais em teste. A Figura 33 mostra o cavalete com o dispositivo instalado recuperado para evitar vazamento após o rompimento, aguardando a equipe técnica para retirada e manuseio da rede de abastecimento. Os dispositivos foram instalados no cavalete de entrada predial de abastecimento de água, seguindo todas as normas da companhia concessionária do serviço no Distrito Federal.



Figura 33 – Cavalete com a instalação do eliminador de ar HG (em PVC).

Conforme previsto, os bloqueadores impediram a passagem do ar até a pressão atingir o valor correspondente à abertura do obturador. Após a abertura, a vazão pelo ramal era inferior ao normal devido à perda de carga induzida.

A Figura 34 mostra o bloqueador Aquamax instalado no cavalete adaptado para teste em Vicente Pires e a Figura 35 o bloqueador HG (latão) instalado em Samambaia.



Figura 34 – Cavalete com a instalação do bloqueador de ar Aquamax em campo.



Figura 35 – Cavalete com a instalação do bloqueador de ar HG (em latão) em campo.

No caso da residência em Vicente Pires, onde o eliminador de ar Dolphin foi instalado por 4 semanas, também não ocorreu diferenças de leitura significativas entre os hidrômetros a montante e jusante do dispositivo.

7. CONCLUSÕES GERAIS

O presente trabalho apresenta os resultados da análise do estudo realizado para teste da eficácia dos dispositivos eliminadores de ar, válvula ventosa e bloqueadores de ar disponíveis no mercado nacional.

O **bloqueador de ar** deve ser instalado após o medidor e atua impedindo a passagem de ar em baixa pressão por meio de um obturador de fluxo atuado por uma mola. O bloqueador de ar, por ser instalado após o medidor, encontra-se dentro das instalações prediais do consumidor e pode impedir a passagem de ar pelo hidrômetro desde que esse ar não esteja submetido a pressões significativas.

Não há motivos para óbices à instalação desse tipo de equipamento apesar de que sua real eficácia é duvidosa. A instalação desse tipo de dispositivo, para que seja eficaz, é importante que a pressão de abertura do obturador seja elevada. Em contrapartida, a perda de carga será elevada e, portanto, o fluxo de água pelo cavalete será menor. Se o domicílio for dotado de reservatório inferior a maior perda de carga pode não acarretar problemas de abastecimento. No entanto, se a alimentação for direta em reservatório superior, essa perda de carga pode levar a desabastecimento do domicílio. Como o dispositivo aumenta a perda de carga, provavelmente levará a uma pequena redução no consumo de água devido a instalações ligadas diretamente ao ramal de alimentação do prédio e também à redução de eventuais vazamentos que possam estar ocorrendo nesse ramal.

À medida que um número maior de consumidores passe a instalar esse tipo de equipamento, no retorno do abastecimento, após interrupção no fornecimento, o ar existente na rede encontrará cada vez mais dificuldade de sair da rede, podendo levar a uma elevação da pressão e, portanto, à abertura dos obturadores propiciando assim a passagem do ar, apesar da presença de bloqueadores.

Nos testes realizados em laboratório observou-se que os hidrômetros não são acionados por fluxos de ar de baixa intensidade. Assim, provavelmente o ar ao ser expulso por um grande número de ramais prediais, provavelmente não provocam registros significativos nos hidrômetros.

No sentido de proporcionar uma eliminação do ar das redes, sugere-se que as empresas responsáveis pelo abastecimento de água estudem a possibilidade de instalar, nos pontos altos das redes, aparatos dotados de ventosas sob condições controladas, que permitam a purga do ar diretamente da rede. Esse serviço é pouco usual e demanda estudos aprofundados, pois, da mesma forma que os eliminadores de ar domésticos, podem representar pontos de contaminação da água.

O **eliminador de ar** deve ser instalado antes do hidrômetro e, portanto, na parte do ramal sob responsabilidade da empresa responsável pelo abastecimento. O dispositivo possui um mecanismo que purga o ar total ou parcialmente para a atmosfera. O fluxo de ar na rede de distribuição de água está relacionado principalmente com a intermitência do abastecimento. No caso de intermitência no abastecimento, no retorno do abastecimento o ar na tubulação é direcionado para os ramais de ligação predial e pode acionar os hidrômetros no caso de grandes fluxos de ar. Nesses casos, esses dispositivos podem ser efetivos na eliminação do ar. No entanto, neste estudo e em trabalhos anteriores, observou-se que esse acionamento dos hidrômetros pelo ar implica um acréscimo pouco significativo no volume total registrado.

Os dispositivos testados podem acarretar problemas nos padrões de potabilidade da água pois estes podem ser contaminados pelo meio externo devido a entrada de impurezas por meio de aberturas existentes no corpo do aparelho. O equipamento pode se constituir em ponto aberto na rede e, como tal, possível foco de contaminação, seja em locais propícios a enchentes ou alagamentos ou ainda por insetos e animais tendo em vista que os mesmos não apresentam estanqueidade permanente.

Considerando os problemas apresentados pelos equipamentos de eliminação de ar e pela pouca significância dos valores acrescidos nas leituras dos hidrômetros pelo ar expulso das redes, conforme observado neste estudo e em outras pesquisas realizadas, não se justifica a utilização desse tipo de dispositivo.

Nenhum dos dispositivos estudados possui qualquer tipo de certificação ou de normatização do INMETRO, para utilização em condições de campo, que é o órgão que tem por finalidade garantir a qualidade técnica e operacional de tudo o que é vendido ao consumidor, como determina a Lei. Segundo a legislação, a Portaria 246 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, em “condições de utilização”, “qualquer dispositivo adicional, projetado para ser instalado junto ao hidrômetro, deverá ser aprovado pelo INMETRO, com vistas a verificação de interferência no funcionamento do medidor”.

Os resultados aqui apresentados são válidos para os dispositivos estudados, nas condições de teste descritas. Foram realizados com dispositivos adquiridos no comércio nacional. O projeto executivo da bancada de teste proposta se mostrou suficiente para o estudo. O presente estudo foi realizado no período de um ano, contudo a fase de ensaio foi bastante comprometida pelo pouco tempo disponível. A demora na liberação de recursos para compra dos equipamentos necessários para os testes permitiu que fossem realizados apenas testes em duas residências em campo.

Não foi possível realizar coleta de dados de campo que permitisse uma análise estatística que conduzisse a uma avaliação da redução do consumo registrado efetivamente provocado pelos dispositivos estudados. Essa avaliação demandaria uma pesquisa de cunho mais amplo, com uma equipe maior e com equipamentos também, proporcionalmente, mais numerosos. Apesar da oportunidade que o rodízio de racionamento proporciona a esse tipo de estudo, há que se avaliar se há interesse na realização de trabalho de tal porte, considerando que a presente pesquisa e as anteriormente realizadas têm indicado que o efeito do registro da passagem do ar pelos hidrômetros tem efeito pouco significativo no volume total registrado, mesmo em locais em que está ocorrendo intermitência regular no abastecimento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalação Predial de Água Fria – NBR 5626. 41p. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público - NBR 12218. Rio de Janeiro, 1994.

CAESB - Companhia de saneamento ambiental do Distrito Federal. Resultados dos testes com válvulas eliminadoras de ar. *www.caesb.df.gov.br*, 2005.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais: Tudo o que você precisa saber sobre eliminadores de ar. *www.copasa.com.br*, 2006.

CORCOS, G. Air in water pipes, Agua Para La Vida, 2nd Edition. *www.aplv.com*, 2003.

DEWHIRST, R.A., Optimising the use of air valves in piped water systems, Master of Engineering Thesis, Department of Civil Engineering, University of Auckland, Auckland, New Zeland, 1991.

FALVEY, H.T. Air-water flow in hydraulic systems, United States Bureau of Reclamation, Engineering monograph N° 41, 1980.

KALINSKE, A.A., and BLISS, P.H., Removal of air from pipelines by flowing water, ASCE, Vol. 13, N° 10, pp 480-482, 1943.

KALINSKE, A.A.; ROBERTSON, J.M. Closed conduit flow, ASCE Vol. 108, pp 1453-1516, 1943.

LEAL, F.C.T, TEIXEIRA, J.C. O ar nas contas de água. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 6, No 3, p 96-97, 2001.

LEAL, F.C.T.; TEIXEIRA, J.C. Avaliação da eficácia e da possibilidade de contaminação da água em eliminadores de ar fabricados em polipropileno quando instalados em cavaletes de água potável- Estudo de caso: Juiz de Fora-MG. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 9, p 187-192, 2004.

LITTLE, M.J. Air Transport in Water and Effluent Pipelines, 2nd Internacional Conference on Marine Waste Discharges, Istambul, pp 16-20, 2002.

MELLO, E.J.; FARIAS, R.L. O ar e sua influência na medição do consumo de água. In: Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001.

PROCÓPIO, N. L. Verificação e quantificação em escala de bancada de testes do volume de ar medido em ligações prediais. Programa de Pós-Graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, Dissertação de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte, 2007.

PROCÓPIO, N. L.; LARA, M.; LIBÂNIO, M. Quantificação em escala de bancada do volume de ar em ligações prediais de água. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 16, 2011.

RECH, A.L. Água: Micro medição e Perdas. São Paulo: Editora Scortecci, 2a Edição, ISBN 85-7372-231-2 1999. 189p, 1999.

SALIH, M.A. Entrained air in linearly accelerating water flow, ASCE, Journal of Hydraulics Division, Vol. 106, HY 10, pp 1595-1605, 1980.

SILVA, N.R. 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, 2008.

SOUZA, R. S.; POLIZER, M.; RONDON, M. A. C.; VAL, L. A. A.; SANTOS FILHO, J. S.; MARTINS, F. G. Avaliação da influência de um equipamento eliminador de ar na medição de consumo de água numa rede de distribuição. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2a Edição, São Paulo, 2005.

WISNER, P.E.; MOSHEN, F.N.; KOUWEN, N. Removal air from water lines by hydraulic means, ASCE, Journal of Hydraulics Division, Vol 101, HY2, pp 243-257, 1975.