

VOLUME 6



SÉRIE BALANÇO HÍDRICO

GUIA PRÁTICO

PARA MÉTODO DIRETO
DE QUANTIFICAÇÃO DE
PERDAS REAIS EM SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO





GUIA PRÁTICO

**PARA MÉTODO DIRETO
DE QUANTIFICAÇÃO DE
PERDAS REAIS EM SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO**

1ª EDIÇÃO - 2015

DIRETOR-PRESIDENTE

Roberto Cavalcanti Tavares

Compesa/PE

DIRETOR VICE-PRESIDENTE

Mounir Chaowiche

Sanepar/PR

DIRETORES VICE-PRESIDENTES REGIONAIS

Danque Esbell da Silva

Caer/RR

Raimundo Nonato Farias Trigo

Agespisa/PI

Carlos Fernandes de Melo Neto

Deso/SE

José Taveira Rocha

Saneago/GO

Denise Cadete

Cesan/ES

Mounir Chaowiche

Sanepar/PR

CONSELHO FISCAL

Maurício Ludovice

Caesb/DF

Luciano Lopes Dias

Cosanpa/PA

Davi de Araújo Telles

Caema/MA

SECRETÁRIO-EXECUTIVO

Ubiratan Pereira

COORDENADOR DAS CÂMARAS TÉCNICAS

Joaquim Souza

ASSESSORA DE COMUNICAÇÃO

Luciana Melo

CÂMARA TÉCNICA DE DESENVOLVIMENTO OPERACIONAL - CDO

Paulo Roberto Cherem de Souza (COPASA) - Coordenador
Nelson Silva Júnior (SABESP) - Secretário
Airton Sampaio Gomes - Consultor da CDO
Isabel Cristina Pereira Alves (DESO) - Estruturação dos Guias

MEMBROS

AGESPISA

Joaquim R. M. F. de Carvalho
Manoel de Castro Dias

CAEMA

Ignácio Á. de Oliveira
Nelson José Bello Cavalcante
José Luiz R. Bastos

CAER

José Cesar
Oriedson M. da Silva

CAERD

América Maria R. de Lima V. F.
Débora Maria C. R. D. M. Reis
Mauro Berberian
Sérgio A. P. Ramos
Sérgio G. da Silva
Vagner M. Zacarini

CAERN

Ana Luiza de Araújo
Eduardo N. Cunha
Josildo L. dos Santos

CAESA

Evandro Luis de Oliveira
Raimundo S. dos Santos

CAESB

Amauri A. Tavares
Diogo Gebrim
Humberto B. Adamatti
Klaus D. Neder
Luiz Carlos H. Itonaga
Manoel E. de Almeida
Marcos P. da Costa Ribeiro
Nilce R. da Silva
Paulo R. V. Caldeira
Stefan I. Mülhofer
Ulisses A. Pereira

CAGECE

Cailiny Cunha
Luiz C. B. Pinto
Giordan R. Lima
Luiz R. C. Benevides
Simone V. de Queiroz

CAGEPA

José M. Victor

CASAL

Jorge B. Torres

CASAN

Andréia May
Heloise C. Schatzmann
Paulo Peressoni
Rodrigo M. Moure
Rodrigo S. Maestri

CEDAE

Gustavo Tannure
Jaime Azulay
Luis E. Freitas de Faria
Luiz C. Drumond

CESAN

Francine A. do Doelinger
Iranete G. Machado
Karla P. Vaccari

COMPESA

Daniel G. Bezerra
Maria L. Martins de Lima
Victor C. de Oliveira Pereira

**COPASA**

Paulo R. Cherem de Souza
Ricardo N. Coelho
Wellington J. Santos

CORSAN

Antônio C. Martins
Antônio C. Accorsi
Eduardo B. Carvalho
Gerson Cavassola
Jeferson Scheibler
Ricardo R. Machado

COSANPA

Ronald K. da Silva
Gilberto da Silva Drago

DEPASA

Alan de O. Ferraz
Dania Coutinho
Rodrigo B. da Fonseca Accioly

DESO

Ana Luiza C. de Almeida
Carlos A. Filho
Carlos F. de Melo Neto
Marcelo L. Monteiro
Max S. Kuhl
Carlos A. S. Pedreira

EMBASA

Alberto de Magalhães F. Neto
Glauco C. de Souza
Rodolfo G. de Aragão

SABESP

Nelson Silva Junior

SANEAGO

Alexandre G. de Souza
Dioremides A. Cristaldo
Mario C. Guerino
Wanir José M. Júnior

SANEATINS

Ana C. Horner Silveira
Débora C. Muniz
Claudio R. Guimarães
Uilma H. C. Aguiar
Vanderlei Ângelo Bravin

SANEPAR

Kazushi Shimizu
Marcelo D. Depexe
Mauro O. de Lara

SANESUL

Marcus Tedesco
Sara de Souza M. Nogueira
Onfore A. de Souza
Karoline Franzini
Antonio Toshime Arashiro
Elthon S. Teixeira

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 7

1. ENTENDENDO PERDAS REAIS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO 10

- 1.1 classificação dos vazamentos 11
- 1.2 quantificando vazamentos inerentes 14
- 1.3 teste de campo para calcular fci 15
- 1.4 princípios básicos de quantificação de vazamentos 15

2. RELAÇÃO ENTRE VAZAMENTO E PRESSÃO 16

- 2.1 obtenção de n1 17
- 2.2 obtendo pressão média do sistema 19

3. MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS 21

- 3.1 outras informações do monitoramento de vazões 23
- 3.2 calculando o fator noite-dia 24
- 3.3 consumo mínimo noturno 26

4. APLICATIVO PARA MODELAGEM DE VAZAMENTOS EM DMC - DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE 27

- 4.1 condições para validação do método 29

5. LEVANTAMENTOS DE CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE 30

- 5.1 procedimento para o teste de pressão zero 32
- 5.2 pesquisa de pressões nas fronteiras do setor 32
- 5.3 step test 33

6. RECOMENDAÇÕES GERAIS 35

REFERÊNCIAS 36



INTRODUÇÃO

Quando se analisam dados do SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (www.snis.gov.br) observa-se grandes desníveis entre as empresas do setor quanto à capacidade de enfrentar o desafio de operar os sistemas de abastecimento de água com elevados níveis de desempenho operacional. Altos níveis de desempenho são demandados pela sociedade, face à crescente escassez de recursos hídricos, notadamente nas regiões metropolitanas, e em face também da agenda ambiental com a qual o Brasil está comprometido junto à comunidade internacional.

Os desníveis atualmente existentes entre as organizações do setor abrem um espaço de oportunidades para ações de ajuda mútua e cooperação, com o objetivo de reduzir estas assimetrias e promover o desenvolvimento sustentável e equilibrado do setor em nosso País. O propósito desta série de publicações, dentre outros, é somar esforços com os diversos níveis governamentais envolvidos no assunto, rumo à melhoria da eficiência do setor de saneamento.

Em nível internacional, grandes avanços e muitas experiências exitosas têm ocorrido no enfrentamento da questão de elevar o nível de desempenho operacional nos sistemas de abastecimento de água. Pode-se citar a atuação vigorosa da *Water Loss Task Force*, da IWA – *International Water Association*, que segue trabalhando sobre o tema desde 1995, tendo já contribuído com grandes avanços, tornando-se a principal referência internacional no assunto, quanto aos desenvolvimentos de metodologias e entendimento apurado das perdas nos sistemas. Pode-se citar como exemplos deste esforço a sistematiza-



Foto: Shutterstock



ção das metodologias existentes, anteriormente dispersas e pouco utilizadas, a melhor compreensão estabelecida sobre a relação entre vazamento e pressão, a modelagem de balanços hídricos, o desenvolvimento de indicadores de perdas mais adequados para análise e comparação dos sistemas, a análise de componentes das perdas, o emprego do conceito de Distrito de Medição e Controle como ferramenta de redução do tempo de conhecimento dos vazamentos entre muitas outras contribuições.

Neste contexto, uma ferramenta de especial importância para ajudar a entender o problema das perdas de água é a técnica chamada “balanço hídrico *top down*”, destinada a permitir a quantificação e a tipificação das perdas reais e aparentes nos sistemas. Esta abordagem é inovadora, pois os sistemas de informação tradicionais, como o SNIS, por exemplo, costumam avaliar os sistemas desde uma perspectiva comercial e financeira e sem separar as perdas reais das perdas aparentes, o que pode levar a estratégias equivocadas de combate às perdas.

Em um momento em que as grandes empresas do setor de saneamento estão implantando sistemas corporativos para a produção de balanços hídricos e o próprio SNIS está sendo repensado para atender às demandas do marco regulatório do saneamento brasileiro, a AESBE preocupada com a questão da uniformização terminológica e de procedimentos para a prática de modelagem de balanços hídricos no âmbito das empresas associadas, iniciou esta discussão, por meio da CDO – Câmara Técnica de Desenvolvimento Operacional, que acabou resultando na publicação desta “Série Balanço Hídrico”. Esta série contará com os seguintes Guias Práticos:

- Determinação do Volume de Entrada nos Sistemas de Abastecimento

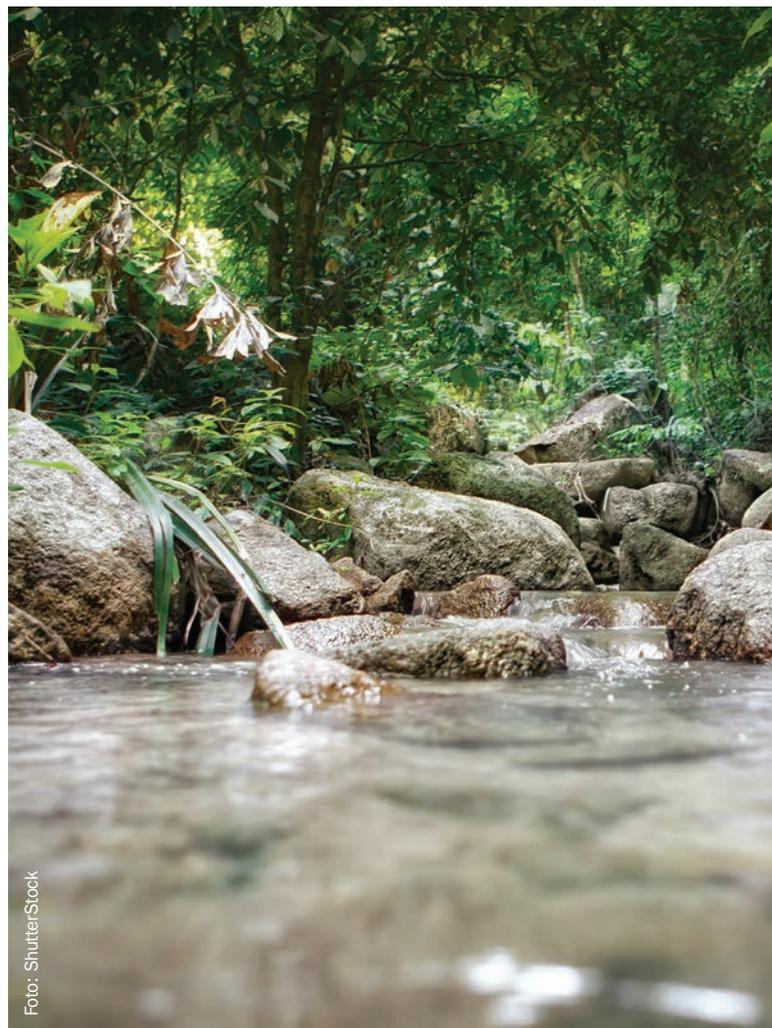


Foto: Shutterstock

- Consumo Autorizado Não Faturado
- Estimativa de Submedição no Parque de Hidrômetros
- Consumo Não Autorizado e Volumes Não Apropriados por Falhas de Cadastro
- Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho Operacional



- Métodos Diretos para Obtenção de Perdas Reais.

A CDO reúne técnicos designados pelas empresas estaduais que possuem vínculo com a questão da gestão de perdas nos sistemas de abastecimento. Por seu regimento interno, à CDO compete elaborar propostas e atender necessidades técnicas da Instituição, em especial:

I – Oferecer subsídios para as manifestações da AESBE a respeito de problemas de ordem técnica relacionadas com a melhoria operacional das empresas membro;

II – Manter e disponibilizar material de referência sobre as atividades da CDO e provimento de conteúdo técnico para o portal da AESBE no que se refere ao seu escopo de atuação.

III – Criar grupos de trabalho para tornar mais ágil e eficiente o desenvolvimento de temas específicos relacionados ao escopo da CDO;

IV – Manter-se atualizada quanto aos desenvolvimentos técnicos e institucionais no âmbito das empresas e do setor, para a melhoria da eficiência na gestão operacional dos sistemas, promovendo a disseminação e intercâmbio de tecnologias e informações bem como a realização de eventos e capacitações;

Para a produção desta série de publicações, grupos de debate sobre o assunto foram montados no âmbito da CDO, de modo que os conteúdos ora publicados, foram fruto de consenso e aprovado pela Câmara Técnica.

Por meio desta série de Guias Técnicos a AESBE passa a recomendar procedimentos de cálculo para as empresas associadas com o objetivo de aprimorar a elaboração do Balanço Hídrico dos seus sistemas de abastecimento e permitir um melhor gerenciamento das perdas de água e do volume de água não faturada. Desse modo, também se busca o alinhamento na elaboração de indicadores que permitam o compartilhamento de experiências entre os operadores e repercuta no desenvolvimento do saneamento básico brasileiro, uma das metas principais da AESBE.





Foto: Shutterstock

1. ENTENDENDO

PERDAS REAIS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Relembrando o conceito: considera-se como perdas reais a água que é perdida no interior do sistema de abastecimento, por meio de vazamentos ou extravasamentos, antes que a água adentre as instalações dos usuários. Deste ponto de vista,

as perdas reais representam ineficiência ou falha da infraestrutura de reservatórios, redes, válvulas, conexões e ramais domiciliares do sistema. Isso faz sentido porque o sistema foi projetado para entregar água aos consumidores sem perdê-la: quan-



do não o faz, viola a sua própria concepção.

O conceito de perdas reais contrasta com o de perdas aparentes. Estas possuem outra natureza. Nas perdas aparentes a infraestrutura do sistema cumpriu a função para a qual foi projetada: entregar água aos consumidores. O que ocorre é que a entidade operadora do sistema, por algum motivo, não conseguiu registrar parte da água entregue, e por isso se diz que esta água foi “aparentemente” perdida: de fato o usuário a consumiu, e o propósito da infraestrutura foi concretizado – a água cumpriu a sua função social, ainda que por meios tortos ou imprevistos. Daí decorre a necessidade imperiosa de quantificar adequadamente ambos os tipos de perdas, já que as medidas de combate ensejam habilidades e aparatos de gestão completamente distintos.

Enquanto que as perdas reais requerem todo o aparato técnico de engenharia de projeto, construção, operação e manutenção de sistemas de abastecimento, as perdas aparentes mobilizam todo o aparato relacionado com a medição de consumos e a gestão comercial preponderantemente.

Talvez como fruto da incompreensão qualitativa e quantitativa da natureza do problema, frequentemente o arsenal de recursos humanos e tecnológicos mobilizados nos programas de combate a perdas reais, especialmente, são subdimensionados e insuficientes em larga medida: estarão sempre faltando um ou outro ou ambos. Possivelmente isto também decorra da incapacidade das entidades gestoras de gerir os seus programas com indicadores apropriados para a tarefa: idealmente devem ser volumétricos e específicos para cada tipo de perda, ao contrário dos indicadores em percentual ou com ambas as perdas agregadas em um único

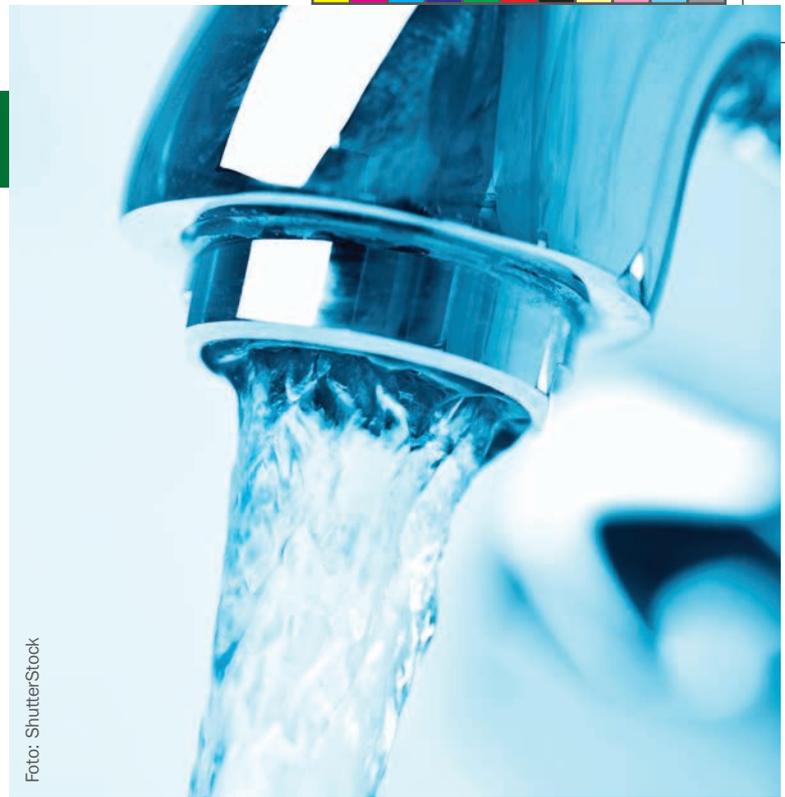


Foto: Shutterstock

número da antiga tradição.

Neste cenário, adquire cada vez mais relevância o conhecimento e a capacidade de quantificar adequadamente as perdas reais – e, uma vez que se obtenha uma das perdas, a outra se revelará por decorrência. As metodologias bottom up, ou de baixo para cima, como se verá neste Guia, encontram-se solidamente estabelecidas e dão base para ferramentas eficazes na quantificação de perdas reais.

1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS VAZAMENTOS

Os vazamentos são classificados em visíveis e não visíveis (Figura 1). Os vazamentos visíveis, por aparecerem, são combatidos, pelo que contam com a ajuda dos usuários, que muitas vezes não toleram observar a água sendo perdida. Quando a companhia só combate os vazamentos visíveis tem-se o chamado “controle passivo” – toda a logística de manutenção hidráulica da companhia



centra-se apenas neste tipo de ocorrência – como se os vazamentos não visíveis não existissem ou fossem desprezíveis.

Combater os vazamentos não visíveis não é tão fácil. Já não é possível contar com a ajuda dos usuários. É necessário ter disponível pessoal em campo com formação suficiente para aceitar que este tipo de ocorrência existe e é sim extremamen-

te relevante. São necessários pessoal e equipamentos especializados para sua detecção, que geralmente utilizam princípios acústicos. Boa parte deste trabalho deve ser noturno.

Quando a companhia está preparada para fazer o combate a vazamentos não visíveis (além dos visíveis, obviamente) tem-se o chamado “controle ativo”.

Figura 1 – Classificação dos vazamentos segundo a IWA



TIPO DE VAZAMENTO	CARACTERÍSTICAS
Inerente	Vazamento não-visível, não detectável, baixas vazões, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

Os vazamentos não visíveis, por sua vez, classificam-se em vazamentos “não detectáveis” (ou inerentes) e “detectáveis”. A identificação da porção de vazamentos inerentes e detectáveis foi objeto de estudo na metodologia chamada BABE (Bursts And Background Estimates) levada a cabo pela Força Tarefa da IWA para perdas de água. No método BABE, o volume anual perdido em vazamentos é obtido pelo método do balanço hídrico e o volume

encontrado é comparado e distribuído entre os diversos componentes das perdas reais quantificando-se as perdas inerentes, a ineficiência do controle ativo e a ineficiência do controle passivo.

Veja-se o esquema conceitual na Figura 2. Não se trata de quantificar as perdas evitadas (possivelmente isto não seja calculável), mas sim a ineficiência do controle e em que tipo de perdas reais.

Figura 2 – Esquema conceitual para obtenção de componentes das perdas reais anuais na metodologia BABE



1.2 QUANTIFICANDO VAZAMENTOS INERENTES

Dos vazamentos não visíveis, qual seria a porção de vazamentos que podemos chamar de “inerentes”? Para responder a esta pergunta, pesquisadores da Força Tarefa da IWA estudaram alguns sistemas no Reino Unido, com boa infraestrutura e excelente gestão de vazamentos, e estabeleceram alguns parâmetros.

Os vazamentos inerentes são parte das chamadas “perdas inevitáveis” que têm ainda componentes associados a perdas por arrebentamentos visíveis e não visíveis (volumes perdidos entre o surgimento do arrebentamento até o efetivo conserto).

Para os objetivos deste Guia, veremos somente a parte inerente das perdas inevitáveis.

Quadro 1 - Parâmetros utilizados no cálculo dos vazamentos inerentes

COMPONENTE DA INFRAESTRUTURA	VOLUME DE VAZAMENTOS NÃO DETECTÁVEIS
Redes	9,6 litros/km rede/dia/mca
Ramais domiciliares (rede até o limite do terreno)	0,60 litros/ramal/dia/mca
Ramais domiciliares (intra terreno do usuário) (condição válida somente para países frios, onde o medidor fica abrigado no porão das casas – média de 15 m por ramal interno)	16 litros/km tubulação interna/dia/mca

Traduzindo-se estes parâmetros em uma fórmula, aplicável às condições brasileiras, tem-se:

$$VI \text{ (litros/dia)} = (9,6 \times ER + 0,60 \times QR) \times PMS$$

Onde,

VI = vazamentos inerentes, em litros/dia

ER = Extensão de Redes, em km

QR = Quantidade de Ramais pressurizados, unidades

PMS = Pressão Média do Sistema, em mca

Para sistemas com pressurização contínua.

Como a condição da infraestrutura também varia de sistema para sistema, define-se o chamado FCI – Fator de Condição da Infraestrutura, da seguinte forma:

$$FCI = VI_{\text{teste}} / VI_{\text{iwa}}$$

Onde,

VI_{teste} = Vazamentos inerentes obtidos em uma área de teste;

VI_{iwa} = Volume de vazamentos obtido pela fórmula da IWA.



1.3 TESTE DE CAMPO PARA CALCULAR FCI

O FCI pode ser calculado para um dado sistema mediante a determinação do volume de perdas inerentes característicos do sistema (V_{teste}), já que V_{liwa} é calculado. O procedimento é:

- a) Seleciona-se um pequeno trecho de rede, com 200 a 1000 ligações, no máximo;
- b) Fecha-se o registro de todas as ligações de modo a garantir de que não haverá consumos;
- c) Realizam-se intensas campanhas de detecção e reparo de vazamentos, de modo a restar somente os vazamentos inerentes;
- d) A vazão que ainda persistir no medidor da entrada corresponde aos vazamentos inerentes.

O FCI é um análogo do IVI – Índice de Vazamento da Infraestrutura, para perdas inerentes.

1.4 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE QUANTIFICAÇÃO DE VAZAMENTOS

O volume perdido em vazamentos é função da vazão média dos vazamentos e do tempo médio em que perduram vazando. Assim

$$\text{Volume Perdido (m}^3\text{)} = Q \times T$$

Onde,

Q = vazão média do vazamento, m^3/h

T = tempo médio de duração do vazamento, em horas.

A metodologia de análise de componentes das perdas reais (BABE components) oferece um método de quantificação de volumes perdidos por esta via, porém não será objeto deste Guia, pela sua complexidade.

As vazões médias para cada tipo de vazamento visível e não visível, em redes, ramais e cavaletes, podem ser medidas e estabelecidos valores médios para



Foto: Shutterstock

cada sub tipo, estudando-se dados de DMC – Distritos de Medição e Controle com perdas já estabilizadas: visível-rede, não visível-rede, visível-ramal, não visível-ramal, visível-cavalete, não visível-válvulas.

É necessário destacar aqui que o tempo é um fator crítico na quantificação dos volumes perdidos. Os estudos apontam que o tempo é fator mais crítico que a vazão dos vazamentos.

A prática com o controle ativo e o uso da metodologia BABE já demonstrou que a maior parte dos volumes perdidos em sistemas com alguma eficiência no controle se dá em pequenos vazamentos, de longa duração, principalmente não visíveis e principalmente em ramais prediais.



2. RELAÇÃO 5 ENTRE VAZAMENTO E PRESSÃO

Perdas reais são dependentes da pressão média, ao contrário dos consumos e das perdas aparentes, que são independentes da pressão em uma larga medida.

Pela hidráulica básica, o escoamento da água sob pressão por um orifício pode ser demonstrado como sendo:

$$Q = V.A = C_d.(2gh)^{0.5}.A$$

Onde,

Q = vazão

C_d = coeficiente de descarga

A = Área do orifício

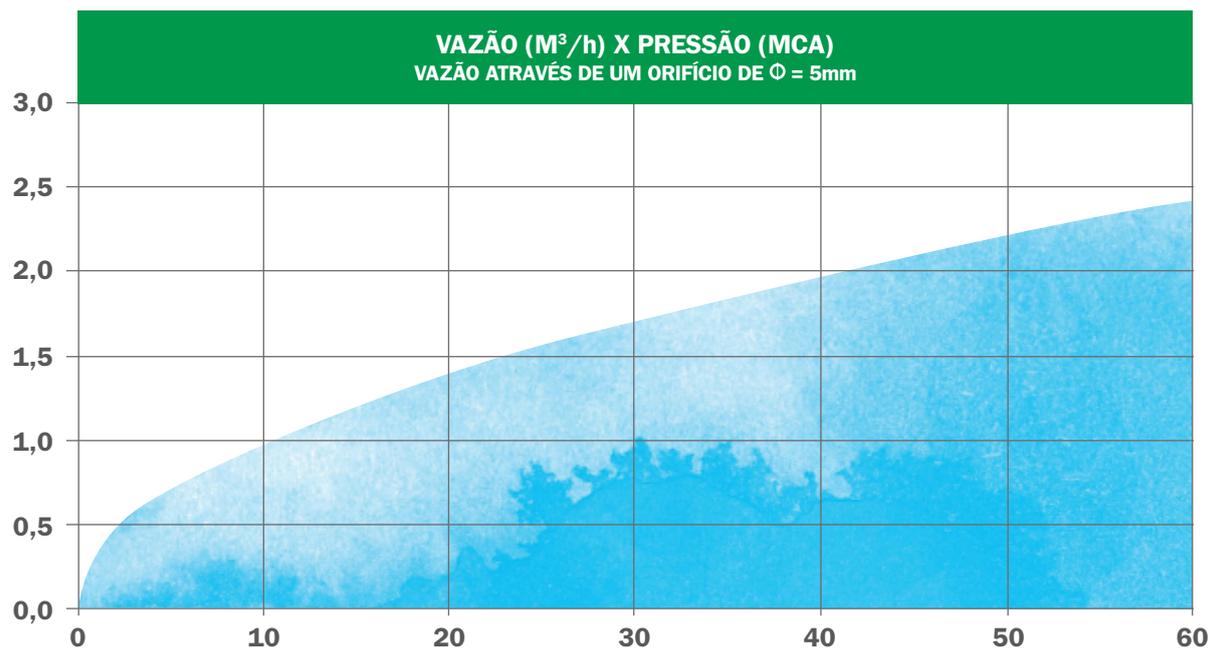
V = velocidade média da água através do orifício

g = 9,81 m/s² (aceleração da gravidade)

h = pressão - mca

Ou seja, a vazão do vazamento varia conforme a pressão segundo uma relação quadrática:

Figura 3 – Variação da vazão com a pressão em um orifício, segundo a hidráulica básica





O que os pesquisadores descobriram é que esta relação teórica só é aplicável em algumas situações.

Ela não funciona para a maioria das redes de distribuição de água, apenas para tubulações metálicas.

Para superar esta dificuldade, John May, em 1994, propôs uma nova maneira de expressar a relação entre pressão e vazamentos nas redes de distribuição, formulando o conceito FAVAD (Fixed And Variable Area Discharge), com a introdução do fator chamado N1. Esta teoria leva em conta que os furos e orifícios por onde ocorrem os vazamentos nas tubulações dos sistemas assumem formatos irregulares e são de vários tipos, inclusive rachaduras longitudinais. O tamanho dos orifícios também varia com a pressão e o tipo de material.

A equação empírica proposta por May foi:

Equação 1 – Relação pressão vazamento no conceito FAVAD

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

Onde,

Q1 = vazão final de vazamentos

Q0 = vazão inicial de vazamentos

P1 = Pressão média da rede final

P0 = Pressão média da rede inicial

N1 = expoente que varia de 0,5 a 1,5, usualmente, podendo chegar a 2,5, eventualmente.

N1 funciona como um fator de escala para toda a rede, que varia conforme a composição dos materiais utilizados na infraestrutura do sistema. Para tubulações metálicas, N1 assume o valor 0,5.

Para pequenos vazamentos em juntas e conexões (os chamados vazamentos inerentes) N1 assume sempre o valor 1,5.

Em casos excepcionais de rupturas longitudinais em tubulações de plástico N1 pode chegar até 2,5.

Grandes sistemas com uma mescla de materiais tendem para N1 entre 1 e 1,15.

A correta simulação da relação entre vazamento e pressão representou um grande passo para o entendimento do fenômeno das perdas reais nos sistemas de abastecimento e deu base para o surgimento de metodologias e ferramentas para o cálculo de volumes perdidos diários, como a que se verá neste Guia Prático.

2.1 OBTENÇÃO DE N1

É relativamente fácil obter o valor de N1 em testes de campo em setores de distribuição. Para começar, é preciso isolar o valor de N1 na fórmula da relação pressão vazamento, identificando as variáveis a medir em campo. Isto pode ser feito aplicando-se logaritmos aos dois termos da equação. Assim:

$$\text{Log} \frac{Q_1}{Q_0} = \text{Log} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} = N1 \times \text{Log} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$$

E finalmente,

$$N1 = \frac{\text{Log} \left(\frac{Q_1}{Q_0} \right)}{\text{Log} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)}$$

Equação 2 – Isolando N1 na fórmula da relação pressão-vazamento

O teste de campo para obtenção de N1 precisa ser feito em um setor de distribuição estanque, com uma única entrada na qual se localiza uma válvula redutora de pressão. O setor deve ser bem pressurizado e não ter intermitência no abastecimento. De preferência o teste deve ser feito durante a madrugada, para não afetar o abastecimento e quando o nível de consumo é mínimo e pode ser conhecido por métodos amostrais.

Devem-se medir as variáveis de cálculo, quais

sejam a vazão na entrada e a pressão no ponto médio do setor. Como variáveis de controle devem-se medir ainda a pressão na entrada e a pressão no ponto crítico. As variáveis de controle servem para evitar que a manipulação da vazão na entrada durante o teste provoque o desabastecimento nas partes altas do setor.

Figura 4 – Exemplo de planilha de cálculo de N1

Obtenção de N1 em setor de abastecimento ou DMC											
Descrição	hora inicial	hora final	Pressão (mca)			Vazão na entrada (m³/h) (A)	Usos noturnos (B)	Volume de perdas reais (A-B)	Estimativa do valor de N1		
			Entrada	Ponto Médio	Ponto Crítico				Inicial	Estágio 1	Estágio 2
Condições iniciais	01:30		60	52,0	31,0	71,0	6,0	65,0			
Estágio 1	02:00	02:30	50	42,6	26,0	60,9	6,0	54,9	0,85		
Estágio 2	03:00	03:30	41	38,0	25,0	57,1	6,0	51,1	0,77	0,63	
Estágio 3	04:00	04:30	36	34,0	22,0	50,8	6,0	44,8	0,88	0,90	1,18
N1 MÉDIO:									0,87		

A planilha da Figura 4 está montada para realizar até 6 determinações de N1. A média das determinações corresponde ao N1 médio do setor. O passo a passo dos procedimentos de campo é detalhado a seguir.

PASSO 1. Medem-se as variáveis de cálculo e de controle, por exemplo, às 01h30min da manhã, para obter as condições iniciais Q0 e P0 (65 m³/h e 52 mca, respectivamente, no caso do exemplo).

PASSO 2. No estágio 1, reduz-se a pressão na entrada manobrando-se a VRP lentamente, de modo a minimizar a possibilidade de provocar golpes de arfete, o que poderia acarretar mais arrentamentos (Digamos de 60 para 50 mca, como no exemplo da Figura 4). Uma vez concluída a ma-

nobra, nos minutos seguintes se terá o registro da pressão média P1 (42,6 mca) e da vazão de vazamentos Q1 (54,9 m³/h). Com as duas variáveis do Passo 1 e as duas variáveis do Passo 2 já se pode obter uma primeira estimativa de N1.

PASSO 3. Passados alguns minutos registrando-se os dados do estágio 1 nos data loggers, no estágio 2, manobra-se novamente a VRP reduzindo-se a pressão na entrada de modo a obter um novo conjunto de dados (P2 e Q2). Estes dados mais os dados do Estágio 1, permite outra obtenção de N1. Substituir os dados do Estágio 1 pelos dados da condições iniciais e se pode obter a terceira determinação de N1.

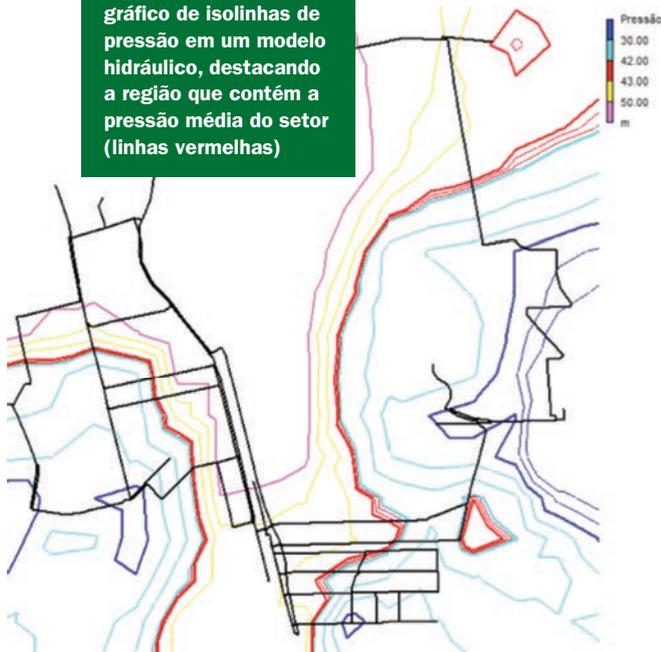
PASSO 3. E assim por diante até o estágio 3.

2.2 OBTENDO PRESSÃO MÉDIA DO SISTEMA

Obter a pressão média do setor ou sistema não é uma tarefa difícil, mas não faz parte da tradição de operação de sistemas no Brasil. Por esta razão, quando se fala em pressão média, muitos técnicos ainda pensam na pressão de entrada do setor ou DMC. É um equívoco grave, pois estes parâmetros possuem comportamentos bem diferentes.

Pode-se definir Pressão Média como aquela que se obtém em um ponto médio da superfície piezométrica do setor. Assim como existem isolinhas de cota topográfica, pode-se imaginar também isolinhas de pressão em um sistema. Em um modelo hidráulico calibrado, as isolinhas de pressão no sistema podem ser mostradas graficamente.

Figura 5 – Exemplo de gráfico de isolinhas de pressão em um modelo hidráulico, destacando a região que contém a pressão média do setor (linhas vermelhas)



Outro método, mais simples, recomendado por Lambert, é o chamado método das cotas médias ponderadas. O procedimento de cálculo tem basicamente três passos:

- Para cada zona ou setor individual, calcula-se a cota média ponderada (veja-se o procedimento para isto logo mais adiante);
- No interior da zona de pressão, identifica-se um ponto conveniente para monitoramento que tenha cota igual à cota média ponderada encontrada no passo anterior. Será o Ponto Médio do Setor.
- Monitora-se a pressão no Ponto Médio e as pressões resultantes serão pressões médias do setor ou zona. A média das pressões de 24 horas será a Pressão Média do Sistema.

Será necessário calcular a cota média ponderada. Um exemplo de como isto pode ser feito está mostrado na Tabela 1, para um setor hipotético.

Tabela 1 – Exemplo de cálculo de cota média ponderada

FAIXAS			Quantidade de ramais (A)	(Cota Média)x(Qtd ramais) (B)
Cota mínima	Cota máxima	Cota média		
112	116	114	115	13.110
116	120	118	230	27.140
120	124	122	480	58.560
124	128	126	270	34.020
128	132	130	310	40.300
132	136	134	545	73.030
			1.950	246.160
Cota Ponderada (B/A):			126,2	m

No exemplo da Tabela, um setor com 1950 ligações, foi dividido por faixas de cotas de 4 m de amplitude, computando-se a quantidade de ramais

em cada faixa e calculando-se a cota média de cada faixa. Finalmente, dividindo-se o número (B) pelo número (A), obteve-se a cota média ponderada pela quantidade de ramais, no caso, 126,2 m.

O passo seguinte será procurar no setor um ponto com cota aproximada de 126 m, que possa ser adotado como Ponto Médio para efeito de monitoramento de pressão média. Note-se que se fosse feita uma média sem ponderação a cota média seria 124 m. No exemplo o fator de ponderação foi a quantidade de ramais, mas poderia ser por exemplo a extensão de redes, caso fosse mais fácil obter este parâmetro.

Este procedimento seria repetido para todos os setores do sistema. Para obter-se a pressão média do sistema como um todo, seria necessária outra ponderação (Tabela 2), análoga à mostrada na Tabela 1:

Tabela 2 – Exemplo de obtenção de pressão média para todo um sistema

PONDERAÇÃO DE PRESSÃO MÉDIA – EXEMPLO			
Setor/ DMC	Nº de ramais pressurizados	P _{média}	PMS _{final}
A	1.950	22,0	25,3
B	2.747	25,0	
C	3.590	28,0	
D	960	20,0	
E	815	29,0	
TOTAL	10.062		

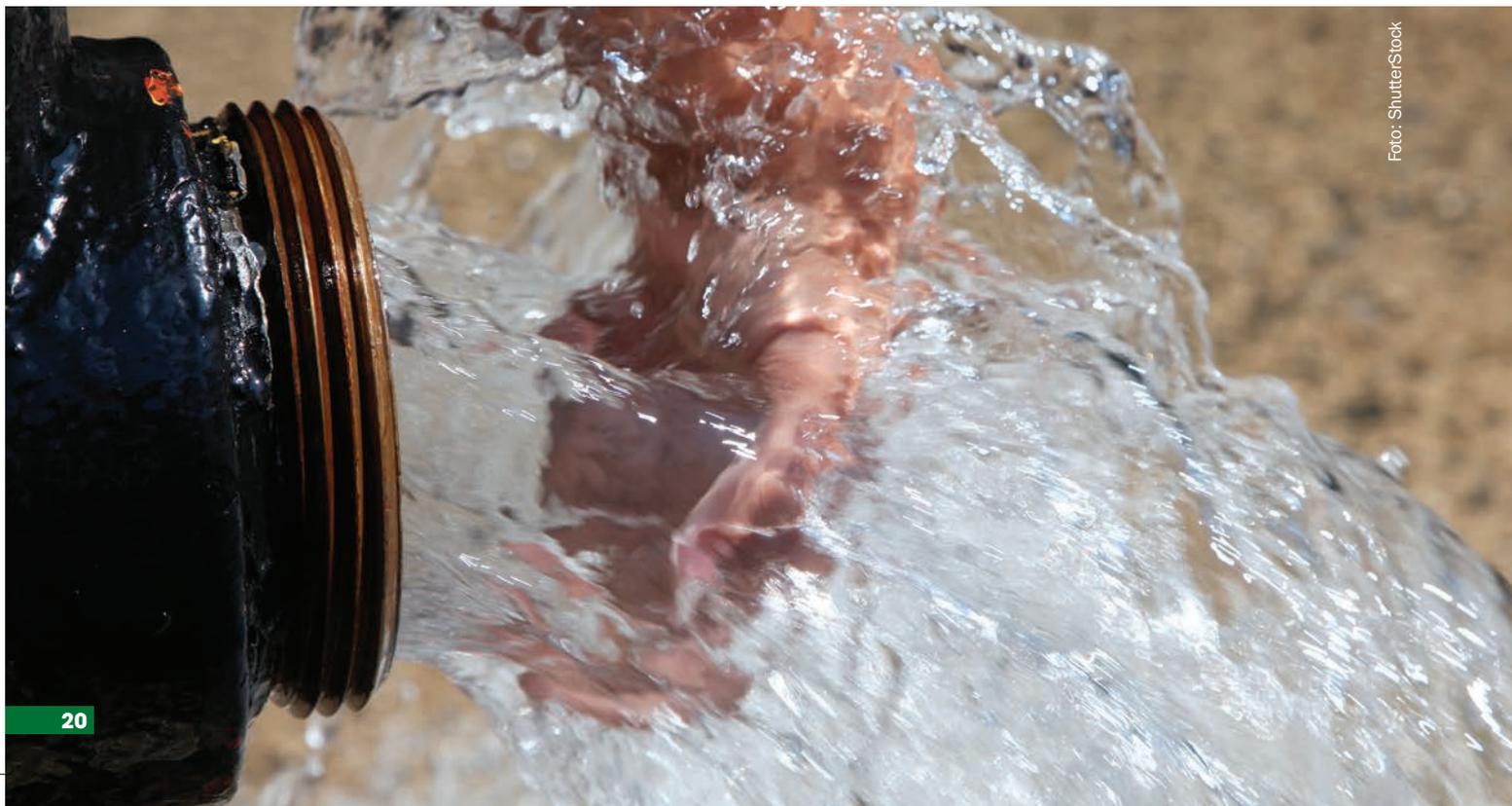


Foto: Shutterstock

3. MÉTODO

DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS

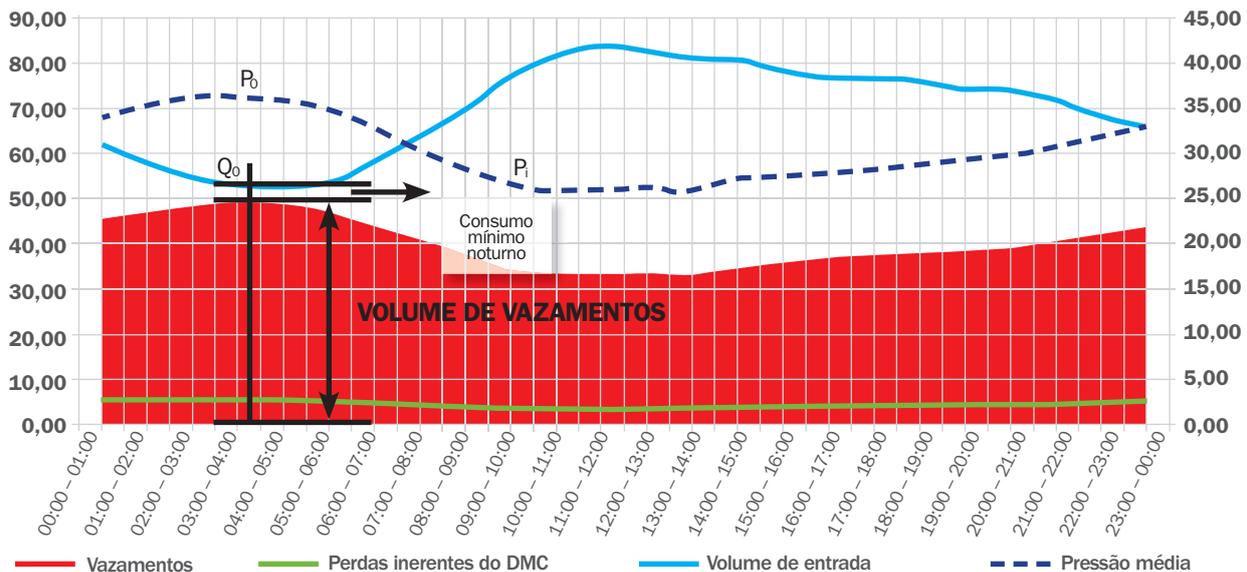
Em sistemas de abastecimento sem intermitências e com pressurização normal os consumos são mínimos entre as 02:00h e as 04:00h da manhã. Devido a este fato, torna-se mais fácil estimá-los com maior segurança – frequentemente correspondem a menos de 10% do volume que ingressa no setor, mesmo em sistemas com bom controle de vazamentos.

Deduzindo-se o consumo mínimo noturno, da va-

zão que ingressa no setor neste horário obtém-se o volume de vazamentos – sejam eles inerentes, visíveis e não visíveis.

Este método é aplicável a DMC – Distritos de Medição e Controle bem monitorados.

Figura 6 – Método das vazões mínimas noturnas



Obtido o volume de vazamentos na hora de vazão mínima noturna e com o monitoramento de pressão média ao longo do dia, será possível utili-

zar a relação pressão / vazamento para calcular os volumes perdidos em cada hora do dia.

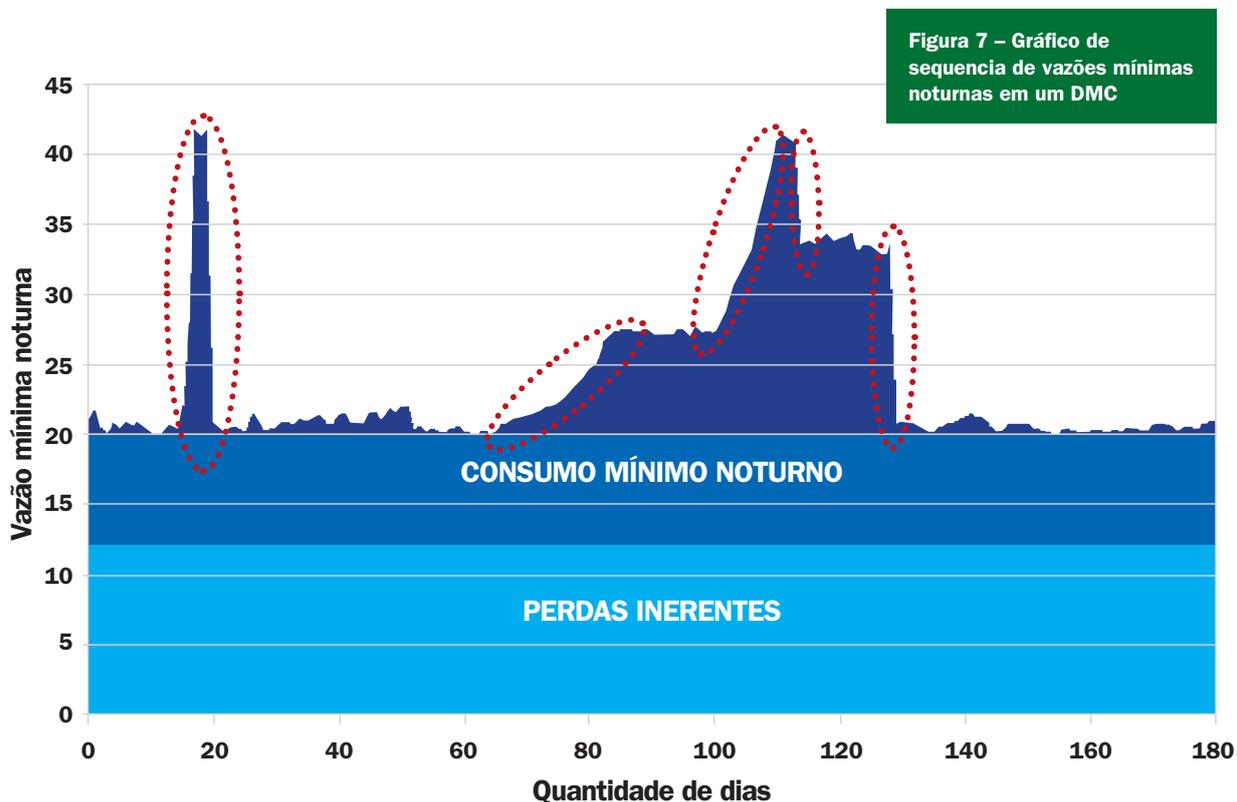
Na Figura 6 é possível observar graficamente o

significado destes cálculos:

- Como P_0 , Q_0 e P_i são variáveis conhecidas (medidas), é possível calcular vazão de vazamentos a cada hora;
- Observa-se na Figura 6 que a curva de volume de entrada no setor tem um comportamento oposto à curva de pressão média; este é um indicativo de que o setor está estanque e o ponto médio foi bem escolhido.
- Observa-se que no horário de maior consumo o volume de vazamentos diminui, juntamente com

a pressão média; nos horários de menor consumo ocorre o oposto.

- Não se pode, portanto, pegar o volume de vazamentos da hora de menor consumo e multiplicar por 24: isto equivaleria a uma sobrestimação do volume diário de vazamentos. O fator que multiplica o volume de vazamentos da hora de menor consumo para achar o volume perdido diário chama-se FND = Fator Noite-Dia. Será um valor menor que 24, a não ser que o setor esteja regulado por VRP.





No próximo item ver-se-á como calcular o Fator Noite – Dia.

3.1 OUTRAS INFORMAÇÕES DO MONITORAMENTO DE VAZÕES

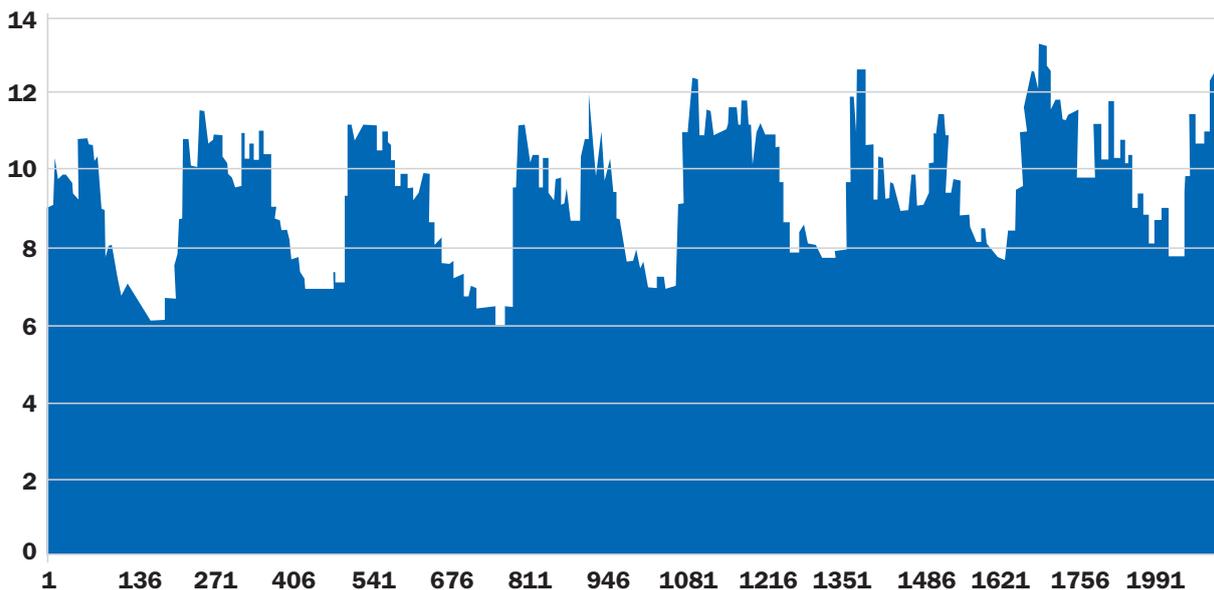
O monitoramento de vazões na entrada dos DMC – Distritos de Medição e Controle produz ainda outras informações importantes. Na Figura 7 mostra-se um gráfico de uma sequência de 180 dias de vazões mínimas noturnas em um DMC, com controle de vazamentos já estabilizado e levado ao limite.

Observa-se no gráfico que as vazões mínimas normais correspondem ao volume de perdas inerentes somada com o consumo mínimo noturno. Os picos que aparecem no gráfico correspondem a vazamentos. O primeiro pico à esquerda corresponde a um vazamento visível, que surgiu e foi conser-

tado em 3 dias. O segundo e o terceiro destaques no gráfico correspondem respectivamente a dois vazamentos não visíveis que surgiram. As equipes de detecção acústica foram acionadas e finalmente os vazamentos foram encontrados e reparados, o que se refletiu na curva de vazões mínimas noturnas (quarto e quinto destaques no gráfico).

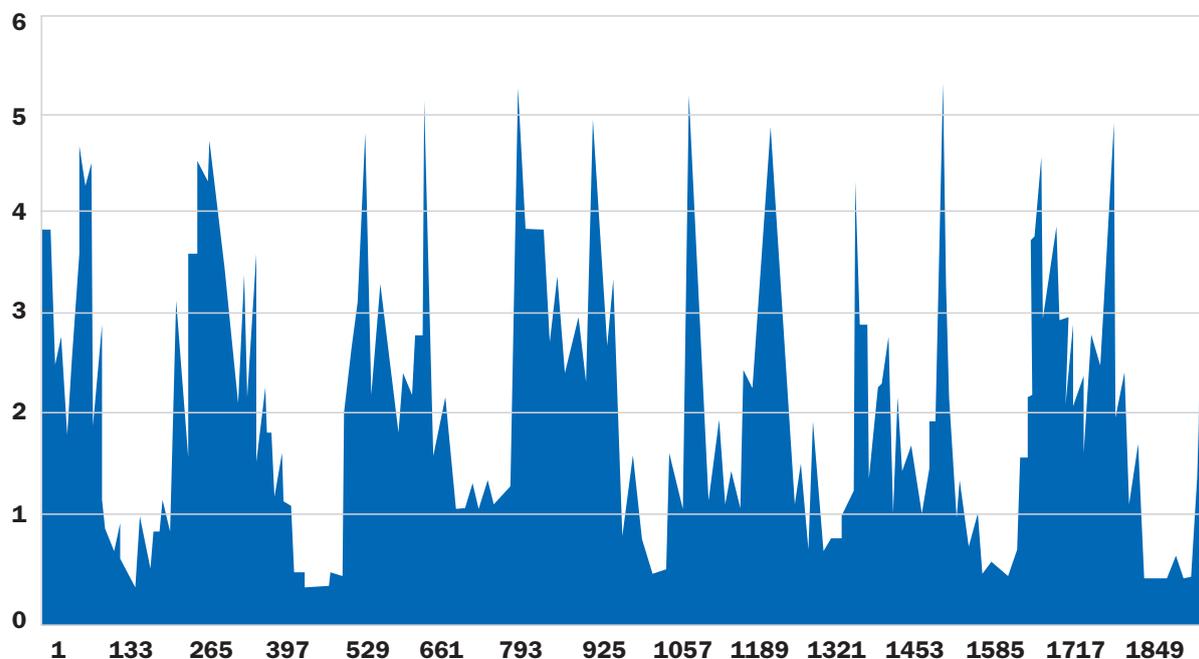
Lambert chama a atenção para o fato de que um simples olhar para a curva de volumes de entrada permite ver se é um DMC com muitos ou poucos vazamentos. Exemplos são mostrados nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Gráfico de 7 dias de vazão em um DMC com muitos vazamentos



O gráfico da Figura 8 apresenta-se com aspecto mais cheio, pois as vazões mínimas estão mais distantes do eixo das abscissas.

Figura 9 – Gráfico de 7 dias de vazão em um DMC com poucos vazamentos



3.2 CALCULANDO O FATOR NOITE-DIA

Na Tabela 2 mostra-se um exemplo de como calcular o Fator Noite – Dia. A fórmula é:

$$FND = \sum (P_i / P_0)^{N1}$$

Onde,

P_i é a pressão média da rede em um horário qualquer do dia;

P₀ é a pressão média na hora em que ocorre a vazão mínima noturna

N1 é o fator de escala na relação pressão-vazamento.



Tabela 3 – Calculando o Fator Noite -Dia

No exemplo mostrado FND = 18,86. Este valor multiplicado pelo volume de vazamentos da hora de vazão mínima noturna resultará no volume perdido diário.

O FND de um setor ou DMC poderá mudar, dependendo das medidas de intervenção na infraestrutura do setor. Por exemplo, o FND mudará drasticamente quando for instalada uma VRP para reduzir pressões. A troca de infraestrutura e o intenso combate a vazamentos também podem aumentar a pressão média do setor, aumentando o FND, a não ser que haja uma VRP na entrada regulando as pressões.

N1 ADOTADO:			1,50
Ordem	Horário	Pressões médias mca	$FND = \sum (P_i/P_{3-4})^{N1}$
1	00:00 - 01:00	22,00	0,88
2	01:00 - 02:00	23,00	0,94
3	02:00 - 03:00	24,00	1,00
4	03:00 - 04:00	24,00	1,00
5	04:00 - 05:00	23,00	0,94
6	05:00 - 06:00	23,00	0,94
7	06:00 - 07:00	22,00	0,88
8	07:00 - 08:00	21,00	0,82
9	08:00 - 09:00	20,00	0,76
10	09:00 - 10:00	19,00	0,70
11	10:00 - 11:00	18,00	0,65
12	11:00 - 12:00	17,00	0,60
13	12:00 - 13:00	16,00	0,54
14	13:00 - 14:00	17,00	0,60
15	14:00 - 15:00	18,00	0,65
16	15:00 - 16:00	18,00	0,65
17	16:00 - 17:00	19,00	0,70
18	17:00 - 18:00	19,00	0,70
19	18:00 - 19:00	20,00	0,76
20	19:00 - 20:00	20,00	0,76
21	20:00 - 21:00	21,00	0,82
22	21:00 - 22:00	21,00	0,82
23	22:00 - 23:00	22,00	0,88
24	23:00 - 00:00	22,00	0,88
PMS - TOTAIS:		20,38	
FND			18,86



3.3 CONSUMO MÍNIMO NOTURNO

O consumo mínimo noturno em um Distrito de Medição e Controle pode ser levantado por meios amostrais da seguinte forma:

- a) Levantar a quantidade de consumidores de todas as categorias, residencial, comercial, industrial e público. Presume-se que os consumidores residenciais comporão mais de 90% do total de clientes, a não ser em áreas de comércio, indústria ou serviços.
- b) No período noturno, entre às 02:00h e 04:00h da manhã ler uma amostra aleatória de pelo menos 30 consumidores residenciais; Fazer a média de consumo entre a primeira e a segunda leitura

para cada elemento da amostra, em m^3/h , ou outra unidade apropriada.

- c) Fazer a média de consumo da amostra e extrapolar para o universo de consumidores residenciais;
- d) Caso haja grandes consumidores na área, de qualquer categoria, ler individualmente os medidores destes consumidores, obtendo também uma média em m^3/h ;
- e) Somar a média obtida para os pequenos medidores com a média obtida para os consumidores de maior porte, em m^3/h , e adotar como sendo o consumo noturno legítimo.

Este procedimento dará uma boa aproximação do consumo mínimo noturno do DMC e dos DMCs de condições similares. Bastará que o procedimento seja refeito apenas eventualmente, para confirmação.

A Sabesp utiliza uma fórmula para estimar o consumo mínimo noturno, na ausência de dados específicos:

PARÂMETRO	VALOR
Consumo legítimo	0,34 L/hora por habitante
Vazamentos internos nas instalações dos usuários pressurizadas diretamente pela rede	0,50 L/hora por ramal pressurizado

Quanto maior for a perda real no DMC menos relevância em termos relativos terá o consumo na vazão mínima noturna. O inverso também é verdadeiro: quanto melhor o controle de vazamentos, menor a perda real e mais relevância terá o consumo na vazão mínima noturna.



Foto: Shutterstock

4. APLICATIVO

PARA MODELAGEM DE VAZAMENTOS EM DMC - DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE

Utilizando a teoria estudada até agora neste Guia é possível construir uma ferramenta para modelagem de perdas reais no DMC (aplicativo em planilha eletrônica), como a que se mostra na Figura 10.

Entrando-se com os dados nos campos em branco, o aplicativo realiza automaticamente todos os cálculos, identificando automaticamente o horário de vazão mínima noturna, que ficará em destaque na coluna “volume de entrada”.

O aplicativo calculará os volumes horários de vazamentos utilizando a relação pressão / vazamento.

A coluna “Consumo Autorizado + Perdas Aparentes” é obtida por diferença entre as colunas “volume de entrada” e “volumes horários de vazamentos”.

As “perdas inerentes IWA” são calculadas em uma coluna. A coluna seguinte “perdas inerentes DMC” é obtida pela multiplicação do FCI por “perdas inerentes IWA”.

O consumo mínimo noturno é calculado segundo a fórmula praticada por algumas unidades da Sabesp. Porém, o usuário é livre para adotar outro critério e alimentar manualmente o valor na planilha.

Somando-se as perdas inerentes do DMC com o consumo mínimo noturno obtêm-se o menor valor alcançável de perdas reais no DMC, a menos que se altere a pressão média.

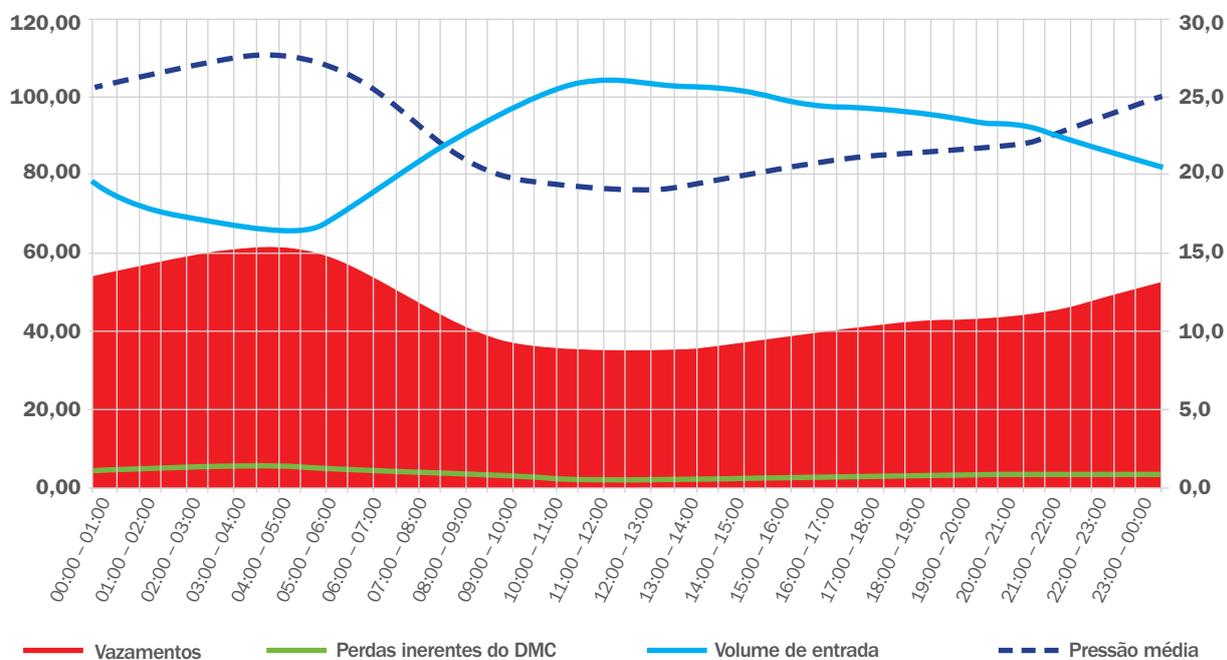
MODELAGEM DE VAZAMENTOS EM DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE (DMC)							
DMC: EXEMPLO							
Entrar com valores somente nos campos em branco (apagar os dados de exemplo sem apagar a formatação)							
		Habitantes:	7.850	hab			
		Ext rede:	29,3	km			
		Qtd Ramais:	2.915	pressurizados			
		FCI:	3	adimensional			
		NI ADOPTADO:	1,5		PARÂMETROS CALCULADOS		
ORDEM	HORÁRIO	Pressões médias	Volume de entrada	Volumes horários de vazamentos	Consumo Autorizado + Perdas Aparentes	Perdas Inerentes IWA	Perdas Inerentes do DMC
		mca	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h
1	00:00 - 01:00	25,63	78,15	54,77	23,37	1,55	4,66
2	01:00 - 02:00	26,33	72,19	57,03	15,16	1,62	4,85
3	02:00 - 03:00	27,00	68,80	59,22	9,57	1,68	5,04
4	03:00 - 04:00	27,50	66,87	60,87	6,00	1,73	5,18
5	04:00 - 05:00	27,80	66,00	61,87	4,13	1,75	5,26
6	05:00 - 06:00	27,00	67,94	59,22	8,72	1,68	5,04
7	06:00 - 07:00	25,60	75,29	54,68	21,11	1,55	4,65
8	07:00 - 08:00	23,60	82,48	48,40	34,08	1,37	4,11
9	08:00 - 09:00	21,00	90,22	40,62	49,59	1,15	3,45
10	09:00 - 10:00	20,00	96,98	37,76	59,22	1,07	3,21
11	10:00 - 11:00	19,50	102,12	36,35	65,77	1,03	3,09
12	11:00 - 12:00	19,00	104,81	34,96	69,85	0,99	2,97
13	12:00 - 13:00	19,10	103,90	35,24	68,66	1,00	3,00
14	13:00 - 14:00	19,30	102,83	35,79	67,03	1,01	3,04
15	14:00 - 15:00	19,90	101,43	37,47	63,96	1,06	3,19
16	15:00 - 16:00	20,40	99,00	38,89	60,11	1,10	3,31
17	16:00 - 17:00	20,80	98,10	40,04	58,06	1,13	3,40
18	17:00 - 18:00	21,20	97,20	41,20	56,00	1,17	3,50
19	18:00 - 19:00	21,60	96,30	42,38	53,92	1,20	3,60
20	19:00 - 20:00	21,80	93,84	42,97	50,88	1,22	3,65
21	20:00 - 21:00	22,00	92,85	43,56	49,29	1,23	3,70
22	21:00 - 22:00	23,00	89,77	46,56	43,20	1,32	3,96
23	22:00 - 23:00	24,00	85,87	49,63	36,24	1,41	4,22
24	23:00 - 00:00	25,00	82,39	52,77	29,62	1,50	4,49
TOTALS:		22,8	2.116	1.112	1.004	32	95
Valor médio das perdas inevitáveis (PI) em m³/h:				2,72	PMS (mca): 22,8		
Vazão mínima noturna - m³/h:				66,00			
Consumo mínimo noturno - % de Q min:				6,25%			
Consumo mínimo noturno - critério SABESP m³/h:				4,13			
Vazão de vazamentos na hora de mínima noturna - m³/h:				61,87			
INDICADORES DO DMC							
PERDAS REAIS ANUAIS CORRENTES:			1.112	m³/dia			
PERDAS REAIS ANUAIS INEVITÁVEIS:			65	m³/dia			
IWA:			17	adimensional			
PERDAS REAIS EM L / ramal / dia:			382	L/ramal/dia			
PERDAS REAIS EM m³/h - km rede:			1,58	(m³/h)/km rede			
Menor Perda Real Alcançável no DMC:			8,07	m³/hora			
PR % DO VE:			52,57%	%			
Dens ligações:			99,49	lig/km rede			

Figura 10 – Interface do aplicativo para modelagem de vazamentos em DMC

O IVI obtido em um DMC com medições de apenas 24 horas deve ser visto com restrições. O indicador foi concebido para ser calculado com volumes anuais, condições nas quais se pode obter uma média mais confiável. O cálculo apresentado na planilha é apenas uma referência teórica e não deve ser utilizada como cálculo final de IVI do DMC.

O aplicativo também irá montar um gráfico como o do exemplo (Figura 11).

Figura 11 – Gráfico do comportamento das vazões, pressões médias e perdas reais em DMC.



Na planilha eletrônica, pode ser necessário o ajuste manual da escala de pressões médias, dependendo da amplitude dos valores de pressão que ocorrerem no DMC. O ajuste manual da escala pode fazer com que a curva de pressão média seja vista com uma simetria quase perfeita com a cur-

va dos volumes de entrada. Esta simetria indica o comportamento esperado das duas variáveis.

Observa-se também que a curva de volume de vazamentos segue o mesmo padrão da curva de pressão média, dado pela programação da planilha.

Esta planilha pode ser programada nos supervi-



sórios das centrais de telemetria dos sistemas de abastecimento, de modo a se obter os gráficos automaticamente. Será, no entanto necessário aplicar filtros para eliminar valores espúrios ou períodos em que as condições de validação do método não ocorreram.

4.1 CONDIÇÕES PARA VALIDAÇÃO DO MÉTODO

O método de modelagem de vazamentos em DMC a partir de vazões mínimas noturnas requer um conjunto de circunstâncias que devem estar atendidas, para que os resultados sejam considerados válidos.

- a)** O(s) DMC estudado(s) deverá(ão) estar estanque(s) e não sujeito(s) a intermitências no abastecimento de modo a que no final do período noturno não esteja mais ocorrendo reposição nos tanques domiciliares da água consumida durante o dia (ou seja, é admissível apenas a reposição do consumo momentâneo ou noturno);
- b)** No caso de sistemas com intermitência, deverá ser assegurado o abastecimento contínuo ao DMC a ser testado, de modo a assegurar as condições citadas;
- c)** O setor deve ser monitorado por no mínimo 24 horas nas variáveis horárias: vazão de entrada (m^3/h) e pressão média (mca). Todavia, idealmente este monitoramento deve ser contínuo, durante todo o ano. Assim será possível calibrar o balanço hídrico top down do DMC.
- d)** Os dados de vazão horária e pressão média horária devem ser médias de, no mínimo, 4 leituras por hora. No período de mínima noturna é desejável que os equipamentos tenham leituras registradas a cada minuto;

e) Deve ocorrer a determinação correta das pressões médias no ponto de PMS, para que se possa aplicar criteriosamente a relação entre pressão média e vazamento, o que começa pela escolha adequada do ponto de pressão a monitorar no sistema para representar a PMS. A verificação do comportamento de oposição entre os gráficos de pressão média e vazão de entrada (volume disponibilizado) indica que o ponto escolhido para o monitoramento da pressão média foi adequado.

f) Nos casos de sistemas não setorizados, com múltiplas entradas, a PMS pode ser determinada de acordo com o método das cotas médias ponderadas, mostrado neste Guia.

g) A determinação do expoente N1 a ser utilizado na relação pressão-vazamento, poderá ser levantado em campo de forma específica para os sistemas estudados ou, alternativamente, poderão ser utilizados valores de literatura, coerentes com as características dos sistemas;

h) A determinação de consumos mínimos noturnos aceitáveis no horário de vazão mínima noturna pode ser feita amostralmente, pela leitura de micromedidores, conforme o método ensinado neste Guia ou com base em fórmulas empíricas adequadamente determinadas;

i) O comportamento dos gráficos da vazão de entrada no sistema e o da pressão média do sistema deve apresentar a coerência esperada para a interdependência existente entre estas duas variáveis.

j) Os equipamentos de medição, as condições de instalação dos equipamentos e as condições de contorno dos testes deverão ser documentados, de modo a que se possa avaliar, ainda que estimativamente, as incertezas associadas aos processos de medição.





5. LEVANTAMENTOS

DE CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE

Nos sistemas de abastecimento de água sempre existem vários motivos para realizar testes de estanqueidade, como por exemplo:

- Recebimento de obras ou serviços de setorização permanente do abastecimento;
- Levantamento de fronteiras de setores de abastecimento, para atualização cadastral;
- Estabelecimento de áreas de controle de pressão por VRP;
- Estabelecimento de distritos de medição e con-





trole (DMC), permanentes ou temporários, para monitoramento de vazões e pressões, com fins de redução do tempo de conhecimento dos vazamentos e controle refinado de pressões;

- Delimitação de áreas restritas para pesquisa de vazamentos;
- Verificação de violações em áreas já setorizadas;
- Outras.

A implantação de DMC em um sistema de abas-

tecimento intensifica a demanda por esse tipo de teste e os problemas frequentes com que se de-frota são:

- Interligação de setores pela rede secundária de pequeno diâmetro;
- Falta de manutenção dos registros de divisa de setores, que, com o tempo, podem perder a capacidade de isolar as áreas, provocando perda de estanqueidade;
- Usuários na fronteira entre os setores abastecendo-se com água do setor adjacente ao invés de pela rede própria do setor;
- Não execução de capeamento na rede ou instalação de registros (interligações indevidas);
- Não execução de interligações necessárias;
- Interligação com rede que deveria estar desativada;

A má fiscalização em obras de setorização e/ou sua contratação equivocada é sempre um grande problema. Frequentemente não se conta com a participação de pessoal local na fiscalização e o cadastro no qual a empreiteira se baseia não está atualizado.

Todos estes problemas irão aparecer quando se for implantar os DMC para valer. Será então necessário treinar pessoal para realizar os testes adequados, pois nem sempre há pessoal disponível suficiente para realizar este tipo de tarefa.

Existem basicamente três tipos de testes que podem ser feitos: pressão zero, pressões nas fronteiras do setor, step test ou o uso associado destas técnicas.

Além destes testes, medições de vazão na(s) entrada(s) conhecida(s) podem dar indicações de que existem interligações indevidas associadas com medições de pressão média.



5.1 PROCEDIMENTO PARA O TESTE DE PRESSÃO ZERO

Para realizar este teste fecha-se a(s) entrada(s) do setor pesquisado, e observa-se o comportamento da pressão nos pontos monitorados: deve cair a zero ou próximo de zero depois de alguns minutos nos pontos de cota mais alta. Nos pontos de cota mais baixa, pode demorar mais, dependendo do tamanho e da topografia do setor. Pode-se ainda acelerar o processo abrindo um registro de descarga ou hidrante. Se a pressão não cair a zero nas proximidades dos pontos suspeitos há uma possível interligação.

É preferível realizar à noite este teste, para não incomodar os usuários e quando o consumo é baixo; podem-se fazer as tomadas de pressão em cavaletes ou hidrantes. Para este teste são necessários pelo menos o mapeamento topográfico e o cadastro das redes ativas e inativas, além dos sensores de pressão que serão utilizados.

Convém levantar previamente os locais suspeitos, sujeitos a estarem interligados com os setores adjacentes.

É necessário conhecer o grau de acessibilidade às redes e ramais (existência ou não de pavimento, tipo de material, profundidade das redes e ramais, etc.). É preciso também verificar a estanqueidade dos registros de isolamento, se houverem, e providenciar previamente acessibilidade a estes registros.

É útil conhecer as condições do abastecimento nos setores adjacentes.

5.2 PESQUISA DE PRESSÕES NAS FRONTEIRAS DO SETOR

Este teste é uma técnica alternativa ao teste de



pressão zero, pois não prejudica o abastecimento.

O seu princípio de funcionamento é simples: as pressões em dois pontos adjacentes, um em cada lado da fronteira de um setor de abastecimento devem ser diferentes – geralmente.

Caso as pressões nos dois lados da fronteira sejam iguais, pode haver uma interligação;

Pode-se colocar dois medidores eletrônicos de



Foto: Shutterstock

pressão com data logger e comparar as pressões noturnas (das 02:00 às 04:00 da manhã, por exemplo) nas adjacências dos pontos suspeitos de interligação.

Caso haja escassez de equipamento, podem-se monitorar dois pontos por dia, ao longo de uma semana, por exemplo. Analisando-se os dados ao final de uma semana é possível se ter uma ideia da

situação. Com este método, apenas um técnico é suficiente e trabalhando durante o dia.

Se o ponto monitorado for um ramal de uma residência ou comércio, o consumo do usuário durante o dia afetará as pressões registradas. Por essa razão devem-se considerar como válidos somente os dados de consumo noturno (madrugada), quando se presume que todas as caixas d'água já estarão cheias. Mesmo não existindo reservatórios domiciliares os consumos na madrugada são baixos e não afetarão significativamente as medições.

É preciso ter cuidado com situações de abastecimento intermitente – o sistema pode estar se restabelecendo e os dados podem estar falseados, mesmo à noite.

5.3 STEP TEST

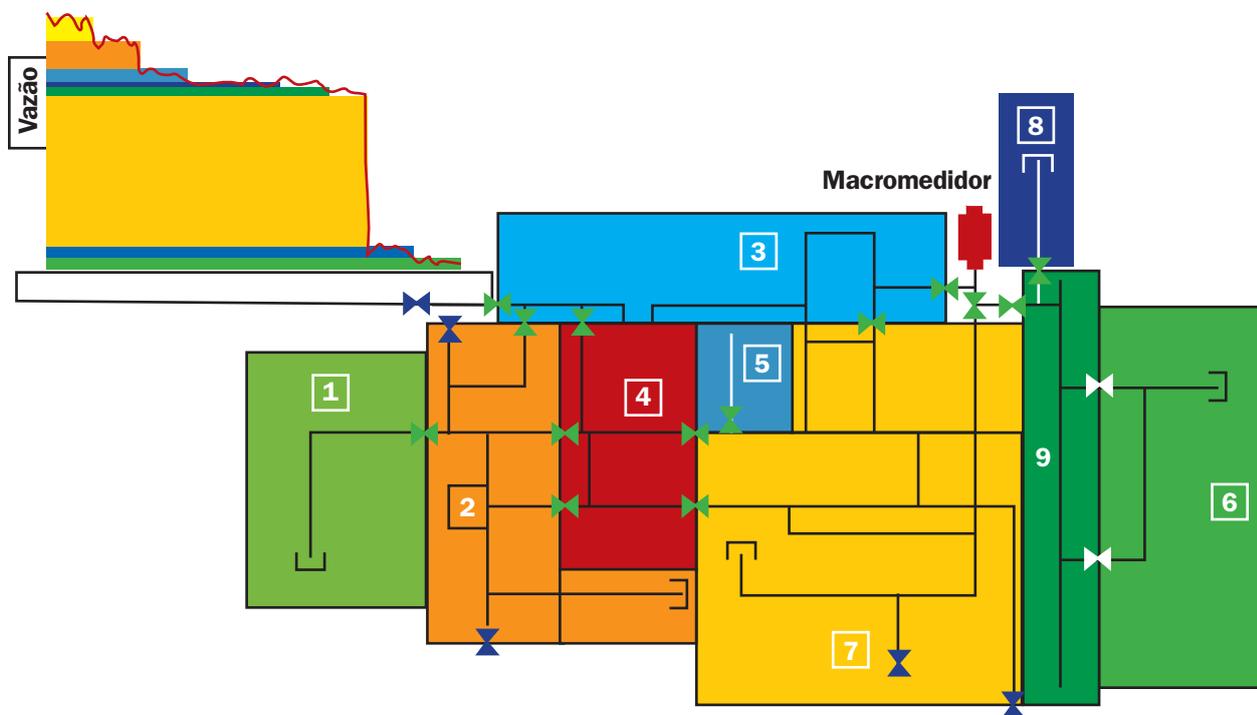
O “step test” é realizado quando se deseja delimitar uma área menor de um setor de abastecimento onde esteja ocorrendo um grande vazamento ou uma exportação involuntária de água por meio de uma interligação não conhecida. Também deve ser feito de madrugada, pois interfere com o abastecimento e, por sua natureza, deve ser feito em horário de consumo mínimo.

Neste método é necessário um bom planejamento prévio para garantir que os registros existam e estejam manobráveis, além de um bom cadastro. Será necessário um macromedidor na entrada do setor, logando os dados para um registrador em intervalos curtos (30 segundos, ou 1 minuto, por exemplo).

Estudando-se o cadastro e com verificações em campo da funcionalidade de registros, divide-se o setor em diversas subáreas passíveis de isolamento com a manobra destes registros. A Figura 12 ilustra um exemplo desta situação.



Figura 12 – Ilustração do procedimento para um “step test”



Usando o exemplo da Figura 12, fecha-se a área 1. Anota-se o horário do fechamento e o número do subsetor isolado. O medidor da entrada estará registrando os dados, que poderão ser verificados posteriormente. Segue-se fechando as áreas seguintes, com o mesmo procedimento, até que não reste mais nenhuma área por isolar. Depois disso é só consultar o registro das vazões de entrada,

fazendo-se um gráfico e identificando o resultado do fechamento de cada área na vazão de entrada.

Naquele subsetor em que observar uma grande queda na vazão de entrada localiza-se o vazamento ou exportação involuntária de água. As buscas poderão se concentrar aí. No exemplo da Figura 12, isto ocorreu com o subsetor 7.



6. RECOMENDAÇÕES GERAIS

O método bottom up quando bem aplicado resulta em boa confiabilidade no volume de perdas reais. As perdas reais obtidas por este método podem servir para calibrar a estimativa de perdas aparentes no método do balanço hídrico, o que é recomendável que seja feito.

É preciso investir em capacitação de pessoal local da operação e manutenção de sistemas para que se tornem capazes de utilizar as ferramentas de análise de perdas, especialmente o método bottom up de determinação de perdas reais.

A operação e manutenção de sistemas em regime de eficiência é uma tarefa complexa que exige pessoal altamente qualificado e comprometido, especialmente no nível local, onde se opera o sistema

efetivamente, requisitos raramente atendidos nos sistemas de abastecimento de água do Brasil.

No Brasil ainda persiste a cultura de só se manter pessoal qualificado no nível sede da empresa ou autarquia, como se a operação e manutenção fosse tarefa para pessoas de baixa qualificação e formação. É preciso mudar esta situação.

Mesmo quando há pessoal capaz no nível local frequentemente o arranjo de gestão não permite que este pessoal exerça efetivamente os seus conhecimentos ou tome as decisões e sejam responsabilizados, ou ainda faltam recursos de apoio e orçamento para a realização das atividades. É necessário criar arranjos de gestão que permitam a evolução da gestão operacional dos sistemas de abastecimento.

Foto: Shutterstock





Foto: Shutterstock

REFERÊNCIAS

- FARLEY, M. e outros. **The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses**. Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development (USAID). 2008.
- GOMES A. S. e outros. **Guias Práticos da Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE)**. Brasília, 2014. Disponível em: www.aesbe.org.br.
- INMETRO. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia (VIM)**. 2008.
- ISO. **GUM 2008 – Guia para Expressão da Incerteza de Medição**. Inmetro. 1. ed. brasileira. Rio de Janeiro, 2012.
- KINGDOM, B., LIEMBERGER, R.; MARIN, P. The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW). **Developing Countries**. World Bank, Washington, Estados Unidos, 2006.
- LAMBERT, A. O. Assessing Non-Revenue Water and its Components - a practical approach. **Water 2. Magazine of the International Water Association**, v. Agosto 2003, pp. 50-51.
- LAMBERT, A. O. E MCKENZIE, R. D. Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index, In: WA SPECIALISED CONFERENCE, **Proceedings, Leakage Management, A Practical Approach**, pp 1- 16, Lemesos, Chipre. 2002.
- LAMBERT, A.; Taylor, R., **Water Loss Guidelines**. Water New Zealand. 2010.
- LIEMBERGER, R. **WB Easy Calc**. Disponível em: www.liemberger.cc, 2012.
- MACKENZIE, R. **Aqualite Water Balance Software –User Guide**. Water Research Commission (WRC) TT 315/07. África do Sul, 2007.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Brasília, 2014. Disponível em: www.snis.gov.br.





 *esbe*
Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento

