

# Perdas de Água

## Tecnologias de Controle



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**Reitora**

MARGARETH DE FÁTIMA FORMIGA MELO DINIZ

**Vice-Reitor**

EDUARDO RAMALHO RABENHORST



**EDITORA DA UFPB**

**Diretora**

IZABEL FRANÇA DE LIMA

**Vice-Diretor**

JOSÉ LUIZ DA SILVA

**Supervisão de Editoração**

ALMIR CORREIA DE VASCONCELLOS JÚNIOR

**Supervisão de Produção**

JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS FILHO

Saulo de Tarso Marques Bezerra  
Peter Batista Cheung

# Perdas de Água

## Tecnologias de Controle

Editora da UFPB  
João Pessoa, 2013

1ª Edição: 2013 Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba

Revisão textual: Eduardo Ramos Duarte, Simone Ribeiro Matos, Eudes de Oliveira Bomfim e Sanmara Marques Bezerra

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Esta publicação foi viabilizada com recursos das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - Eletrobras, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL.

B574p Bezerra, Saulo de Tarso Marques.

Perdas de água: tecnologias de controle / Saulo de Tarso Marques  
Bezerra, Peter Batista Cheung – João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.  
220p.

ISBN: 978-85-237-0701-9

1. Recursos hídricos. 2. Água - abastecimento. 3. Eficiência hidráulica  
4. Água - controle - perdas. I. Cheung, Peter Batista.

UFPB/BC

CDU: 556.18

Reservados todos os direitos. É proibida a duplicação ou reprodução desta publicação, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou meios (eletrônico, fotocópia, distribuição na Web etc.), sem a citação dos autores.

# Prefácio

As exigências do crescimento sustentável apresentam às empresas do setor de saneamento o desafio da gestão eficiente da produção de água, por meio da introdução de novas soluções e estratégias na operação dos seus sistemas de distribuição de água.

A questão das perdas de água nos sistemas urbanos de abastecimento tem sido um problema que vem afetando as empresas do setor de saneamento em todo o mundo há décadas. Apesar dos avanços tecnológicos alcançados, muitos problemas continuam existindo na grande maioria dos países. Dados do Banco Mundial atestam que mais de 32 bilhões de metros cúbicos de água tratada são perdidos todos os anos por causa de vazamentos nos sistemas urbanos de abastecimento de água, enquanto 16 bilhões de metros cúbicos são entregues aos clientes gratuitamente. No Brasil, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o valor médio das perdas na distribuição de água nos sistemas urbanos, no ano de 2011, foi de 38,8%.

A presente publicação objetiva apresentar as principais técnicas e metodologias atuais para o controle de perdas em sistemas urbanos de abastecimento de água. O leitor tem acesso, de forma clara e concisa, às diversas fases para o desenvolvimento de um programa de combate a perdas de água, com vistas nas melhores práticas preconizadas pela *International Water Association* e pela *American Water Works Association*. Técnicos e gestores podem aproveitar este livro para aprimorar a sua visão sobre uma área estratégica que resultará em ganhos econômicos, ambientais e sociais. No decorrer do texto, os autores procuraram empregar uma nomenclatura adequada para os termos técnicos, preferencialmente, em português. Algumas traduções do texto são apresentadas entre parênteses para facilitar ao leitor futuras pesquisas em publicações internacionais.

O livro foi organizado em nove capítulos, de forma que os objetivos da publicação sejam alcançados mais facilmente. Inicialmente, há uma breve introdução (capítulo 1), seguida pelo segundo capítulo, que descreve, brevemente, as unidades componentes de um típico sistema urbano de abastecimento de água, de forma a contextualizar o leitor em relação aos locais de ocorrência das perdas.

A partir do terceiro capítulo, o texto trata especificamente sobre o tema principal do livro: o controle de perdas de água. Este capítulo aborda os conceitos básicos envolvidos no referido tema, apresentando o arcabouço teórico sobre o balanço hídrico da *International Water Association* e seus componentes. Ademais, os principais fatores e definições relacionados com as perdas reais e aparentes são discutidos plenamente neste capítulo. O capítulo 4 apresenta uma discussão sobre os principais indicadores de desempenho empregados. A implantação de um sistema de indicadores possibilita a definição e implementação de medidas de melhoria e se apresenta como a melhor alternativa para o acompanhamento dos serviços prestados. Possui aplicações diretas para os gestores, as agências reguladoras, os investidores, os usuários, a sociedade e os próprios prestadores de serviços, permitindo a identificação dos sistemas mais ineficientes, das principais áreas que devem ser avaliadas e das medidas prioritárias que devem ser adotadas.

O quinto capítulo aborda as principais técnicas e métodos adotados nos sistemas mais eficientes do mundo. Uma análise prática da aplicabilidade das metodologias e tecnologias reforça o conhecimento do leitor, que, apesar de essencial para os técnicos e gestores, não é, frequentemente, priorizada na formação básica dos profissionais do setor. O texto também focaliza, em sua estruturação, as técnicas de macromedição.

O sexto e sétimo capítulos apresentam dois tópicos essenciais nos programas de redução de perdas de água, o primeiro – Controle de Pressão – foi contemplado com um capítulo porque se apresenta como uma das ações mais eficazes para a diminuição do volume de água perdido em vazamentos nos sistemas (perdas reais); o segundo tópico – Sistemas de Gerenciamento de Dados – aborda, de forma resumida, os sistemas SCADAS e SIGs, que oferecem para os técnicos a oportunidade de fácil coleta, armazenamento e atualizações de informações em tempo real, contribuindo para um controle preciso dos dados relacionados com as perdas aparentes.

Ressalte-se que para combater, sistematicamente, as perdas reais e aparentes é necessário desenvolver e implantar um programa e/ou planejamento estratégico. O oitavo capítulo versa sobre os caminhos e as etapas para a elaboração e implementação de planos, procurando apresentar a perspectiva da sua organização e de seus componentes. O texto também apresenta um resumo do Planejamento Estratégico 2012-2015 e do Programa de Redução de Perdas da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA), de modo que o leitor possa se aproximar de uma aplicação real.

Finalizando a publicação, os autores inserem, em parceria com o professor Dr. Heber Pimentel Gomes, o capítulo Análise de Viabilidade Econômica de Projetos (capítulo 9), que apresenta tópicos para tornar o processo de análise econômica mais acessível ao leitor. Diversos exemplos práticos e de fácil compreensão, baseados em casos reais, são apresentados e analisados.

Saulo de Tarso Marques Bezerra  
[s.bezerra@yahoo.com.br](mailto:s.bezerra@yahoo.com.br)

# Sumário

1.	Introdução .....	11
2.	Concepção de Sistemas de Abastecimento de Água .....	15
2.1	Componentes de Sistemas de Abastecimento de Água .....	15
2.1.1	Manancial e Captação.....	16
2.1.2	Estação Elevatória.....	17
2.1.3	Estação de Tratamento de Água .....	18
2.1.4	Adução .....	19
2.1.5	Reservação.....	23
2.1.6	Rede de Distribuição .....	23
2.2	Projeto de Sistemas de Distribuição de Água .....	26
3.	Conceitos Fundamentais sobre Perdas de Água .....	29
3.1	Balanço Hídrico (Abordagem <i>Top-Down</i> ) .....	30
3.2	Tecnologias para Estimativa dos Componentes do Balanço Hídrico.....	33
3.3	Perdas Reais.....	40
3.3.1	Vazão Mínima Noturna .....	43
3.3.2	Modelagem Hidráulica.....	48
3.3.3	<i>Background and Bursts Estimates</i> - BABE .....	53
3.4	Perdas Aparentes.....	54
3.5	Nível Econômico de Perdas.....	61
4.	Indicadores de Desempenho .....	63
4.1	Sistemas de Indicadores de Desempenho.....	65
4.2	Indicadores de Perdas de Água.....	69
4.2.1	Indicador Geral de Perdas na Distribuição.....	72
4.2.2	Índice Bruto de Perdas Lineares .....	74
4.2.3	Índice de Perdas por Ligação.....	75
4.2.4	Perda Real Inevitável .....	76
4.2.5	Índice de Vazamentos na Infraestrutura .....	77
4.2.6	Indicadores Complementares .....	79

<b>5. Tecnologias de Controle de Perdas Reais e Aparentes .....</b>	<b>81</b>
5.1 Controle de Perdas Reais de Água .....	81
5.1.1 Controle de Pressão .....	83
5.1.2 Velocidade e Qualidade de Reparos.....	84
5.1.3 Controle Ativo de Vazamentos .....	84
5.1.4 Gestão da Infraestrutura .....	89
5.2 Controle de Perdas Aparentes .....	95
5.2.1 Redução dos Erros de Medição .....	97
5.2.2 Controle de Integridade de Dados e da Contabilização dos Consumos .....	102
5.2.3 Combate a Fraudes e Uso Não Autorizado.....	106
5.3 Macromedição .....	109
5.3.1 Tubo Pitot Tipo Cole .....	109
5.3.2 Medidores Eletromagnéticos.....	110
5.3.3 Medidores Ultrassônicos .....	112
5.3.4 Medidores Tipo Turbina de Inserção.....	114
5.3.5 Instalação de Medidores de Vazão .....	116
5.3.6 Calibração de Medidores Portáteis .....	118
5.3.7 Aferição em Campo de Medidores.....	119
<b>6. Controle de Pressão .....</b>	<b>121</b>
6.1 Setorização do Sistema de Distribuição de Água .....	123
6.2 Válvulas Redutoras de Pressão .....	127
6.3 Otimização Operacional dos Sistemas de Bombeamento.....	131
6.4 Medidores de Pressão .....	138
<b>7. Sistemas de Gerenciamento de Dados .....</b>	<b>141</b>
7.1 Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados – SCADA .....	141
7.1.1 Instrumentação para Medição e Controle.....	143
7.1.2 Estações Remotas .....	145
7.1.3 Rede de Comunicação .....	146
7.1.4 Sistemas de Supervisão e Controle .....	147
7.1.5 Controlador Lógico Programável.....	150
7.1.6 Aplicações de Automação em Sistemas de Bombeamento .....	151
7.2 Sistemas de Informação Geográfica – SIG .....	153

<b>8. Planejamento Estratégico.....</b>	<b>161</b>
8.1 Programas de Redução de Perdas de Água.....	174
8.1.1 Envolvimento dos Recursos Humanos .....	180
8.2 Programa de Redução de Perdas da EMBASA.....	181
<b>9. Análise de Viabilidade Econômica de Projetos .....</b>	<b>189</b>
9.1 Juros, Valor Futuro e Valor Presente .....	189
9.2 Custos e Receitas Periódicas, Fluxo de Caixa.....	190
9.2.1 Série Uniforme de Parcelas.....	191
9.2.2 Série Crescente de Parcelas.....	196
9.2.3 Inflação nas Séries de Parcelas.....	199
9.3 Identificação dos Custos e Benefícios dos Projetos.....	200
9.3.1 Alcance do Projeto .....	201
9.3.2 Identificação dos Custos.....	201
9.3.3 Identificação dos Benefícios.....	203
9.4 Métodos de Avaliação Econômica de Projetos .....	205
9.4.1 Valor Presente Líquido .....	205
9.4.2 Valor Uniforme Líquido.....	206
9.4.3 Relação Benefício/Custo.....	207
9.4.4 Taxa Interna de Retorno.....	207
9.4.5 Tempo de Retorno do Capital.....	207
9.4.6 Considerações sobre os Métodos de Avaliação Econômica.....	208
<b>Referências .....</b>	<b>217</b>