

DTA D2

Macromedição

Revisão e Ampliação

Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento

Universidade Federal da Paraíba - LENHS UFPB, Brasil

Versão original - 1ª Edição

Prof. Dr. Wolney Castilho Alves - coordenador
Eng. Dr. Alberto Jose Moitta Pinto da Costa
Eng. Jorge Gómez Sanchez
Eng. Osvaldo Ioshio Niida

1ª revisão (2004) - 2ª Edição

Prof. Dr. Wolney Castilho Alves (coordenador)
Eng. Elton Gonçalves
Eng. Jorge Gómez Sanchez
Eng. Osvaldo Ioshio Niida

Revisão e ampliação (2009) - 3ª Edição

Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento
Universidade Federal da Paraíba - LENHS UFPB
Prof. Dr. Heber Pimentel Gomes - coordenador do LENHS UFPB
Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra - autor e coordenador da 3ª edição

Nota

A versão original do DTA D2 - Macromedição foi financiada pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA do Ministério das Cidades. A presente edição (revisada e ampliada) foi elaborada com o apoio da ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A), no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o Setor Saneamento (PROCEL SANEAR - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental).

As citações de marcas ou produtos comerciais não se constituem em reconhecimento ou recomendação ao seu uso.

Prefácio

As ações não estruturantes que fomentam medidas voltadas à diminuição do consumo de energia e água em sistemas públicos de abastecimento de água no Brasil são, de modo geral, programas institucionais dirigidos ao setor de saneamento conduzidos por diversos ministérios. Dentre estes programas destacam-se o PNCDA da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), do Ministério das Cidades, e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) das Centrais Elétricas Brasileiras S.A (ELETROBRÁS). Estes objetivam o uso racional da água e energia nos sistemas de abastecimento público das cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas de produção de água e energia.

Profícua tem se mostrado a parceria entre a SNSA e o PROCEL, que trabalham de modo integrado em novas iniciativas para o melhor uso de água e energia no país. A revisão e ampliação deste DTA é fruto desta parceria, a SNSA foi responsável pela elaboração da versão original, enquanto a ELETROBRÁS, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o Setor Saneamento (PROCEL SANEAR - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental), apoiou esta versão revisada e ampliada.

O presente DTA aborda um tema imprescindível para o levantamento das variáveis que compõem o balanço hídrico dos sistemas de distribuição de água: a Macromedição. A exposição dos assuntos segue uma sequência lógica, iniciando com os objetivos da macromedição e como alcançá-los, passando pelos diversos tipos de equipamentos e tecnologias disponíveis, terminando no levantamento de conceitos voltados para análises metrológicas. O texto apresenta informações relevantes sobre macromedidores, tais como critérios de seleção, princípios de medição, projetos e instalação dos medidores etc.

O principal objetivo deste documento é fornecer os conhecimentos básicos necessários para o acompanhamento e controle dos sistemas de distribuição de água através da macromedição, proporcionando condições para o desenvolvimento de alternativas voltadas para o aumento ou manutenção da eficiência energética destes.

Saulo de Tarso Marques Bezerra

Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da UFPB

Sumário

1. Introdução	13
1.1 Estrutura	15
2. Diretrizes para a Medição nos Sistemas de Abastecimento	17
2.1 Campos de aplicação	17
2.1.1 Controle da operação dos sistemas de abastecimento de água	17
2.1.2 Controle das perdas de água	18
2.1.3 Subsídio à comercialização e ao direito ao uso da água	19
2.1.4 Subsídio à conservação de energia	20
2.1.5 Subsídio à avaliação geral do sistema e ao planejamento	20
2.2 Subsistemas de medição	21
2.2.1 Captação	23
2.2.2 Adução de água bruta	24
2.2.3 Unidades de tratamento	25
2.2.4 Adução e reservação de água tratada	28
2.2.5 Distribuição	31
2.3 Compatibilização e integração de áreas do prestador	33
2.4 Zonas de medição e controle	34
2.5 Bibliografia	39
3. Técnicas e Procedimentos de Medição	41
3.1 Conceituação	41
3.2 Instalação e funcionamento dos medidores	43
3.2.1 Seleção dos pontos de medição	43
3.2.2 Projeto de instalação dos medidores	44
3.2.3 Requisitos de instalação de medidores	45
3.3 Localização e cadastro dos medidores	53
3.3.1 Identificação dos medidores, equipamentos e peças associadas	54
3.3.2 Dados cadastrais dos medidores	55

3.4	Parâmetros a serem medidos	57
3.4.1	Vazão	57
3.4.2	Volume	59
3.4.3	Tempo	60
3.4.4	Pressão	61
3.4.5	Cota da lâmina livre em reservatórios	64
3.5	Recursos humanos	64
3.5.1	Leituras em sistemas convencionais	65
3.5.2	Medição em sistemas automatizados	66
3.5.3	Instrumentação	66
3.5.4	Controle de perdas	67
3.5.5	Pitometria	69
3.5.6	Oficina de pitometria ou laboratório de macromedição	71
3.6	Instrumentação	71
3.7	Simbologia	74
3.8	Bibliografia	75

4. Medidores de Vazão em Escoamentos sob Pressão **77**

4.1	Tubo de Pitot	78
4.1.1	Estações Pitométricas	82
4.2	Medidores tipo turbina	83
4.2.1	Medidor turbina de inserção	84
4.2.2	Monojato ou multijato	86
4.2.3	Medidores tipo Woltmann	87
4.2.4	Medidores tipo composto	89
4.2.5	Medidores proporcionais	90
4.3	Medidores eletrônicos	93
4.3.1	Medidores eletromagnéticos	94
4.3.2	Medidores ultrassônicos	106
4.4	Medidores deprimogêneos	113
4.5	Outros medidores e técnicas de medição	118
4.6	Seleção de medidores de vazão	119

4.7	Manutenção e calibração	120
4.7.1	Manutenção preventiva	121
4.7.2	Manutenção preditiva	121
4.7.3	Manutenção corretiva	122
4.7.4	Calibração	123
4.7.5	Pitometria e calibrações sistêmicas	127
4.8	Aquisição e tratamento dos dados	128
4.8.1	Registro histórico - banco de dados	128
4.8.2	Sistema informatizado	129
4.8.3	Alimentação dos dados de vazão	129
4.8.4	Centro de controle operacional	130
4.8.5	Transmissão de dados	130
4.9	Simbologia	133
4.10	Bibliografia	134

5. Medidores de Vazão para Escoamento Livre 139

5.1	Vertedouros e calhas	139
5.2	Medidores para condutos fechados	147
5.3	Molinetes	150
5.4	Calibração e manutenção	151
5.5	Simbologia	152
5.6	Bibliografia	152

6. Medidores de Pressão e de Nível 155

6.1	Medidores de pressão	155
6.1.1	Manômetros de coluna líquida	157
6.1.2	Manômetros mecânicos	158
6.1.3	Transdutores de pressão (medidores de pressão eletrônicos)	159
6.2	Medidores de nível	163
6.2.1	Visor de nível	164
6.2.2	Medição de nível por bóias ou flutuadores	164

6.2.3 Medidor ultrassônico por tempo de trânsito	165
6.2.4 Medição de nível por pressão hidrostática	167
6.3 Calibração e manutenção	168
6.4 Simbologia	169
6.5 Bibliografia	169
7. Processamento dos Dados de Medição	171
7.1 Controle do sistema de abastecimento	171
7.1.1 Captação e adução de água bruta	171
7.1.2 Sistemas de produção simples ou unitários	172
7.1.3 Sistemas de produção convencionais	174
7.1.4 Sistema de adução de água tratada e reservação	177
7.1.5 Sistema de distribuição	178
7.2 Controle de perdas	178
7.2.1 Índice de perdas	183
7.2.2 Balanço anual	184
7.2.3 Vazão noturna	185
7.2.4 Determinação da pressão	187
7.3 Processos usuais, discontinuidades e correções	188
7.3.1 Dados de Leitura	188
7.3.2 Impedimentos	188
7.4 Simbologia	189
7.5 Bibliografia	189
Apêndice A - Confiabilidade e Incertezas em Macromedição	191
Anexo A - Certificado de Calibração	199