

**Gerenciamento de Perdas de
Água e Energia Elétrica em
Sistemas de Abastecimento**

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

Abastecimento de água

Promoção Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Regional Nordeste – NURENE

Instituições integrantes do NURENE Universidade Federal da Bahia (líder) | Universidade Federal do Ceará | Universidade Federal da Paraíba | Universidade Federal de Pernambuco

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS

Comitê gestor da ReCESA

- Ministério das Cidades;
- Ministério da Ciência e Tecnologia;
- Ministério do Meio Ambiente;
- Ministério da Educação;
- Ministério da Integração Nacional;
- Ministério da Saúde;
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES);
- Caixa Econômica Federal (CAIXA).

Comitê consultivo da ReCESA

- Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH
- Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP
- Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE
- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE
- Conselho de Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica – CONCEFET
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA
- Federação de Órgão para a Assistência Social e Educacional – FASE
- Federação Nacional dos Urbanitários – FNU
- Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – FNCBHS
- Fórum Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras – FORPROEX
- Fórum Nacional Lixo e Cidadania – L&P
- Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental – FNSA
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM
- Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS
- Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL
- Rede Brasileira de Capacitação em Recursos Hídricos – Cap-Net Brasil

Parceiros do NURENE

- ARCE – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará
- Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará
- Cagepa – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
- CEFET Cariri – Centro Federal de Educação Tecnológica do Cariri/CE
- CENTEC Cariri – Faculdade de Tecnologia CENTEC do Cariri/CE
- Cerb – Companhia de Engenharia Rural da Bahia
- Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento
- Conder – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
- EMASA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Itabuna/BA
- Embasa – Empresa Baiana de Águas e Saneamento
- Emlur – Empresa Municipal de Limpeza Urbana de João Pessoa
- Emlurb / Fortaleza – Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização de Fortaleza
- Emlurb / Recife – Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife
- Limpurb – Empresa de Limpeza Urbana de Salvador
- SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Município de Alagoinhas/BA
- SANEAR – Autarquia de Saneamento do Recife
- SECTMA – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco
- SEDUR – Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Bahia
- SEINF – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infra-Estrutura de Fortaleza
- SEMAM / Fortaleza – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano
- SEMAM / João Pessoa – Secretaria Executiva de Meio Ambiente
- SENAC / PE – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial de Pernambuco
- SENAI / CE – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Ceará
- SENAI / PE – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Pernambuco
- SEPLAN – Secretaria de Planejamento de João Pessoa
- SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba
- UECE – Universidade Estadual do Ceará
- UFMA – Universidade Federal do Maranhão
- UNICAP – Universidade Católica de Pernambuco
- UPE – Universidade de Pernambuco

**Gerenciamento de Perdas de
Água e Energia Elétrica em
Sistemas de Abastecimento**

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

Abastecimento de água

EXX Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). - Salvador: ReCESA, 2008. 139p.

Nota: Realização do NURENE - Núcleo Regional Nordeste; coordenação de Viviana Maria Zanta, José Fernando Thomé Jucá, Heber Pimentel Gomes e Marco Aurélio Holanda de Castro.

1. Eficiência hidráulica e energética no saneamento.
2. Consumo e demanda de água e energia. 3. Perdas de água e energia. 4. Combate às perdas de água - procedimentos técnicos. 5. Redução de custos de energia elétrica - ações administrativas e operacionais. 6. Economia de água e energia - educação. 7. Combate às perdas de água e energia - programa e planos de ação. I. Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Regional Nordeste.

CDD - XXX.X

Catálogo da Fonte:

Coordenação Geral do NURENE

Prof^a. Dr^a. Viviana Maria Zanta

Profissionais que participaram da elaboração deste guia

Professor Milton Tomoyuki Tsutiya

Créditos

José Antônio França Marques
José Reynolds Cardoso de Melo

Central de Produção de Material Didático

Patrícia Campos Borja | Alessandra Gomes Lopes Sampaio Silva

Projeto Gráfico

Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi

Impressão

Fast Design

É permitida a reprodução total ou parcial desta publicação, desde que citada a fonte.

Apresentação da ReCESA

A criação do **Ministério das Cidades** no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental** (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e redução das desigualdades sociais. Uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007–2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações de capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA** constitui importante iniciativa nessa direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas e serviços de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados Núcleos Regionais e um Comitê Gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que este projeto tem sido bastante desafiador para todos nós: um grupo predominantemente formado por profissionais da área de engenharia que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário "contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal".

Comitê Gestor da ReCESA

NURENE

O Núcleo Regional Nordeste (NURENE) tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, em quatro estados da região Nordeste do Brasil: Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco.

O NURENE é coordenado pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), tendo como instituições co-executoras a Universidade Federal do Ceará (UFC), a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

O NURENE espera que suas atividades possam contribuir para a alteração do quadro sanitário do Nordeste e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida da população dessa região marcada pela desigualdade social.

Coordenadores Institucionais do NURENE

Os Guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo NURENE é composta de 19 guias que serão utilizados nas Oficinas de Capacitação para profissionais que atuam na área de saneamento. Quatro guias tratam de temas transversais, quatro abordam o manejo das águas pluviais, três estão relacionados aos sistemas de abastecimento de água, três são sobre esgotamento sanitário e cinco versam sobre o manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública.

O público alvo do NURENE envolve profissionais que atuam na área dos serviços de saneamento e que possuem um grau de escolaridade que varia do semi-alfabetizado ao terceiro grau.

Os guias representam um esforço do NURENE no sentido de abordar as temáticas de saneamento segundo uma proposta pedagógica pautada no reconhecimento das práticas atuais e em uma reflexão crítica sobre essas ações para a produção de uma nova prática capaz de contribuir para a promoção de um saneamento de qualidade para todos.

Equipe da Central de Produção de Material Didático - CPMD

Apresentação da área temática

Abastecimento de água

Um dos desafios que se apresenta hoje para o saneamento é a adoção de tecnologias e práticas para o uso racional dos recursos hídricos e controle de perdas em sistemas de abastecimento. Em termos qualitativos, exige-se a preservação dos mananciais e o controle da qualidade da água para consumo humano. O atendimento a esses requisitos proporcionará uma maior eficiência e eficácia dos sistemas de abastecimento de água, garantindo, conseqüentemente, o direito social à água.

SUMÁRIO

PANORAMA E DESAFIOS DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA E ENERGÉTICA PARA O SANEAMENTO		
AMBIENTAL	10	
A Água no Planeta.....	11	
Energia Elétrica	16	
Níveis de Atendimento de Água e Esgoto no Brasil	17	
A Problemática das Perdas de Água e Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água	18	
Perdas de água.....	18	
Perdas de energia elétrica	19	
CONSUMO E DEMANDA DE ÁGUA E ENERGIA NO BRASIL E OS PRINCÍPIOS DA CONSERVAÇÃO... 21		
Disponibilidade Hídrica no Brasil	21	
Demanda de Água	22	
Consumo de Água em Sistemas de Abastecimento.....	23	
Produção e Consumo de Energia Elétrica no Brasil.....	27	
Conservação de Água.....	29	
Conservação de Energia	30	
CONCEITO, IMPORTÂNCIA E ORIGEM DAS PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA..... 32		
Sistema de Abastecimento de Água	32	
Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento	33	
Consumo não-medido faturado (estimados)	34	
Perda de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento	42	
PROCEDIMENTOS TÉCNICOS PARA O COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA		45
Combate às Perdas de Água	45	
Macromedição	56	
Micromedição	62	
AÇÕES ADMINISTRATIVAS PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA..... 67		
Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água quanto aos Custos de Energia Elétrica ..	67	
Alternativas para a Redução do Custo de Energia Elétrica	68	
Ações Administrativas	69	
Contrato de Fornecimento de Energia Elétrica	70	
Tarifas de Energia Elétrica	72	
Gerenciamento de Contas de Energia Elétrica.....	74	
AÇÕES OPERACIONAIS PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA		76
Ajuste de Equipamentos.....	76	
Diminuição da Potência dos Equipamentos	77	
Redução das perdas de carga pela eliminação de ar em tubulações	81	
Outros aspectos hidráulicos relacionados com as perdas de carga.....	83	

Redução do Custo pela Alteração do Sistema Operacional	86
Redução do Custo pela Automação de Sistemas de Abastecimento de Água.....	89
Redução do Custo pela Geração de Energia Elétrica.....	90
Utilização de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento para a Diminuição do Consumo de Energia Elétrica	92
EDUCAÇÃO PARA ECONOMIA DE ÁGUA E ENERGIA	102
Educação Pública	102
Educação para Técnicos	104
PROGRAMA DE COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA.....	106
Programa de Combate às Perdas de Água	106
Programa de Redução de Custos e Combate às Perdas de Energia	114
PLANOS DE AÇÃO DE COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA	118
Elaboração de Planos de Ação para o Combate às Perdas de Água e Energia	118
Gerenciamento de Projetos.....	130
Processo estratégico	131
REFERÊNCIAS	135

PANORAMA E DESAFIOS DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA E ENERGÉTICA PARA O SANEAMENTO AMBIENTAL

A água, essencial ao surgimento e à manutenção da vida em nosso planeta, é indispensável para o desenvolvimento das diversas atividades criadas pelo ser humano, e apresenta, por essa razão, valores econômicos, sociais e culturais. Além de dar suporte à vida, a água pode ser utilizada para o transporte de pessoas e mercadorias, geração de energia elétrica, produção e processamento de alimentos, processos industriais diversos, recreação e paisagismo, além de assimilação de poluentes – sendo essa, talvez, uma das aplicações menos nobres deste recurso tão essencial (MIERZAWA e HESPANHOL, 2005).

Com o aumento da população e o incremento industrial, a água passou a ser cada vez mais utilizada, como se fosse um recurso abundante e infinito. O conceito de abundância de água ainda é muito forte, principalmente no Brasil, um dos países que mais dispõem desse recurso, pois cerca de 13% de toda a água doce do planeta encontra-se em território brasileiro. O problema com a água no Brasil diz respeito à sua distribuição. A escassez de água atinge áreas de climatologia desfavorável e regiões altamente urbanizadas, como é o caso das principais áreas metropolitanas.

As perdas de água totais em sistemas de abastecimento de água no Brasil têm uma média de 40,5%, valor considerado muito elevado, necessitando, portanto, urgentemente uma redução de pelo menos 30% a curto prazo e de 50% a médio prazo.

Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil são consumidos pelos prestadores de serviços de saneamento, sendo que 90% dessa energia são consumidas pelos conjuntos motobomba. Estima-se que esse consumo pode ser reduzido em pelo menos 25% na maioria dos sistemas de água.

As perdas de água têm relação direta com o consumo de energia, pois é necessário cerca de 0,6kWh para produzir 1m³ de água potável. Isso mostra que eficiência hidráulica e a eficiência energética são fundamentais para o bom gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água.

O sucesso de qualquer programa de redução de perdas de água e energia depende de um sistema de gestão permanente e eficaz que compreenda ações de base operacional, institucional, educacional e legal. Essas ações, além de promover a redução de perdas de água e do consumo de energia elétrica, devem visar também os seguintes objetivos:

- incremento de receitas;
- redução dos custos de produção;
- redução das despesas de energia elétrica;
- postergação dos investimentos;
- satisfação dos clientes.

A Água no Planeta

A água encontra-se disponível sob várias formas na natureza cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. A Tabela 1 apresenta áreas e volumes totais e relativos dos principais reservatórios de água na Terra e a Figura 1 mostra a distribuição das águas e a porcentagem de água salgada e doce.

Tabela 1. Principais reservatórios de água na Terra.

Reservatório	Área (10 ³ km ²)	Volume (10 ³ km ³)	% do volume total	
			Total de água	Água doce
Oceanos	361.300	1.338.000	96,5	-
Água Subterrânea	134.800	23.400	1,7	-
Água doce		10.530	0,76	30,1
Umidade do solo		16,5	0,001	0,05
Geleira e calotas polares	16.227	24.064	1,74	68,7
Antártica	13.980	21.600	1,56	61,7
Groelândia	1.802	2.340	0,17	6,68
Ártico	226	83,5	0,006	0,24
Regiões montanhosas	224	40,6	0,003	0,12
Solos gelados	21.000	300	0,022	0,86
Lagos	2.058,7	176,4	0,013	-
Água doce	1.236,4	91	0,007	0,26
Água salgada	822,3	85,4	0,006	-
Pântanos	2.682,6	11,47	0,0008	0,03
Calha dos rios	148.800	2,12	0,0002	0,006
Água na biomassa		1,12	0,0001	0,003
Água na atmosfera		12,9	0,001	0,04
Total de reserva de água		1.385.984	100	-
Total de reserva de água doce		35.029	2,53	100

Fonte: SHIKLOMANOV (1993).

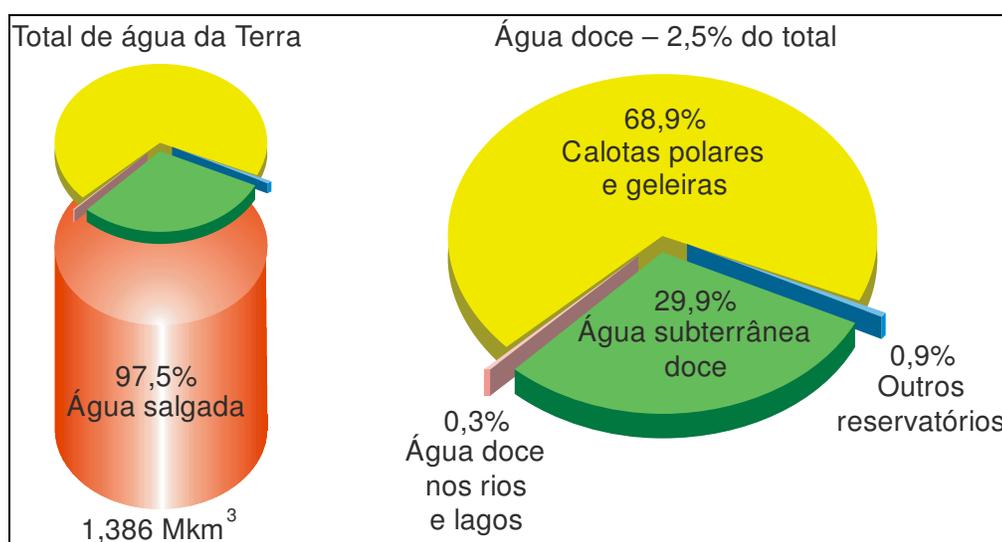


Figura 1. Distribuição das águas na Terra em um dado instante.

Verifica-se, por meio da Figura 1, que 97,5% do volume total de água do planeta formam os oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce, e desse percentual, 68,9% estão localizados em calotas polares e geleiras, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% em outros reservatórios e apenas 0,3% em rios e lagos.

Considera-se, atualmente, que a quantidade total de água na Terra, de 1.386 milhões de km^3 , ($1 \text{ km}^3 = 1 \text{ bilhão m}^3$) tenha permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. Essas águas circulam no planeta através do ciclo hidrológico (Figura 2).

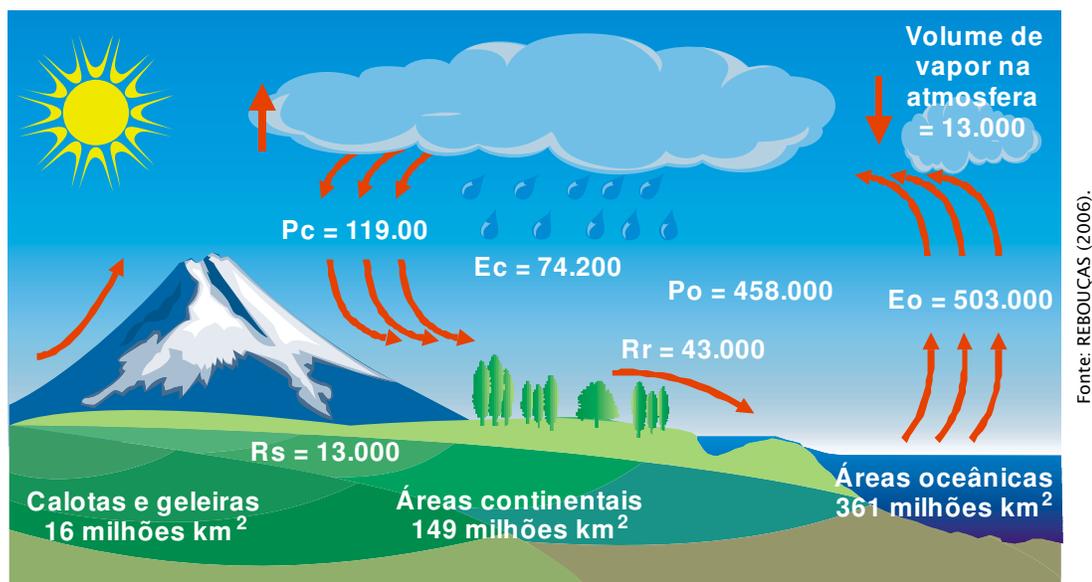


Figura 2. Volume de água em circulação na Terra - km^3/ano . P_o = precipitação nos oceanos, E_o = evaporação dos oceanos, P_c = precipitação nos continentes, E_c = evaporação dos continentes, R_r = descarga total dos rios, R_s = contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas dos rios.

Conforme mostra a Figura 2, um volume da ordem de 577.200 km^3/ano é transformado em vapor de água, o qual sobe à atmosfera, sendo 503.000 km^3/ano evaporados dos oceanos e 74.200 km^3/ano das terras emersas. A quantidade de água meteórica que cai, na forma de chuva, neve e neblina, principalmente, é de 458.000 km^3/ano nos oceanos e 119.000 km^3/ano nos continentes. A diferença entre a quantidade de água que evaporam e caem nos domínios oceânicos (45.000 km^3/ano) representa a umidade que é transferida destes aos oceanos. Por sua vez, a diferença entre o volume precipitado nas terras emersas e dele evaporado (44.800 km^3/ano) representa o excedente hídrico que se transforma em fluxo de rios, alimentando a umidade do solo e os aquíferos subterrâneos. A contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas totais dos rios (43.000 km^3/ano) é da ordem de 13.000 km^3/ano , enquanto os fluxos subterrâneos que deságuam diretamente nos oceanos são da ordem de 2.100 km^3/ano (REBOUÇAS, 2006).

Distribuição mundial de água

As águas doces não estão distribuídas igualmente no planeta, devido as peculiaridades climáticas causadas pelas diferenças de latitudes e altitudes e impactos de intervenções humanas, tais como: construção de reservatórios, uso excessivo de águas subterrâneas e importação de água e transposição de água entre bacias hidrográficas. Para Tundisi (2003), em alguns casos, as atividades humanas podem alterar a vazão natural das águas em mais de 70%.

A Tabela 2 apresenta a relação entre a disponibilidade de água nos continentes e sua população. Observa-se que a relação água/população é pior na Europa e na Ásia e melhor na Austrália, Oceania e América do Sul.

Tabela 2. Disponibilidade de água nos continentes e sua população.

Continentes	Disponibilidade de água (%)	População (%)
África	11	13
América do Norte e Central	15	8
América do Sul	26	6
Ásia	35	60
Austrália e Oceania	5	1
Europa	8	12

Fonte: UNESCO (2004).

A Tabela 3 apresenta países com maior disponibilidade de água e países com menor. A Unesco (2003) considera um país com escassez de água quando se dispõe de menos de 1.000m³ por habitante por ano.

Tabela 3. Países com maior e menor disponibilidade de água.

Países com mais água (m³/habitante)	
1º. Guiana Francesa	812.121
2º. Islândia	609.319
3º. Suriname	292.566
4º. Congo	275.679
25º. Brasil	48.314
Países com menos água (m³/habitante)	
Kuwait	10
Faixa de Gaza (Território Palestino)	52
Emirados Árabes Unidos	58
Ilhas Bahamas	66

Fonte: UNESCO (2003).

Os mananciais mais acessíveis para o desenvolvimento das atividades humanas são os rios e lagos de água doce. A Tabela 4 apresenta os volumes de água doce dos rios em cada um dos continentes. Nessa tabela, observa-se que a América do Sul é o continente com maior volume

de água doce dos rios, pois conta com o rio Amazonas, o maior rio do mundo, com descarga média de 212.000 m³/s.

Tabela 4. Volume de água doce dos rios nos continentes.

Continente	Volume de água doce dos rios (km ³)
Europa	76
Ásia	533
África	184
América do Norte	236
América do Sul	916
Oceania	24

Fonte: COSTA (2007).

A análise efetuada por Cecílio e Reis (2006), com base em dados publicados pela *World Resources Institute*, mostra que o ciclo das águas proporciona descargas de água doce nos rios do mundo da ordem de 41.000 km³/ano, enquanto as demandas estimadas no ano 2000 atingiram, aproximadamente, 11% desses potenciais. Portanto, não existe escassez de água em nível global, pois cada habitante da Terra, no ano 2000, teve disponível entre 6.000 a 7.000 m³/ano, ou seja, 6 a 7 vezes a quantidade mínima de 1.000 m³/hab/ano, estimada como razoável pelas Nações Unidas. O problema com a água não diz respeito à sua quantidade, mas sim à distribuição, e também, a poluição hídrica que está inutilizando as águas dos rios e lagos para o consumo humano.

Usos da água

Na atualidade pode-se identificar os seguintes usos para a água: consumo humano, uso industrial, irrigação, geração de energia, transporte, aqüicultura, preservação da fauna e da flora, paisagismo e assimilação e transporte de efluentes. De acordo com cada tipo de uso, a água deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que garantam a segurança dos usuários, a qualidade do produto final e a integridade dos componentes com os quais entrará em contato. Muitas vezes, ela é utilizada simultaneamente para atender às necessidades de duas ou mais categorias mencionadas. O chamado uso múltiplo da água pode gerar conflitos entre diversos segmentos da sociedade (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

A Tabela 5 apresenta os principais usos da água nos diversos continentes. Verifica-se que o consumo de água pelas atividades humanas varia de modo significativo entre as diversas regiões. Para a Oceania, o maior consumo relaciona-se ao abastecimento doméstico; para a Europa, o consumo industrial; e para as demais regiões, o maior consumo deve-se à irrigação de culturas agrícolas.

Tabela 5. Usos múltiplos da água por continente em 1995.

Continentes	Uso de água pelos diferentes setores					
	Irrigação		Indústria		Doméstico	
	(km ³ /ano)	(%)	(km ³ /ano)	(%)	(km ³ /ano)	(%)
África	127,7	88,0	7,3	5,0	10,2	7,0
América do Norte e Central	248,1	46,1	235,5	43,7	54,8	10,2
América do Sul	62,7	59,0	24,4	23,0	19,1	18,0
Ásia	1.388,8	85,0	147,0	9,0	98,0	6,0
Europa	191,1	31,0	270,4	55,0	63,7	14,0
Austrália – Oceania	5,7	34,1	0,3	1,8	10,7	64,1
Total	2.024,1	68,3	684,9	23,1	256,5	8,6

Fonte: RAVEN *et al.* (1998).

Para o Brasil, a Figura 3 apresenta a distribuição do consumo de água por atividade. Observe-se que a maior demanda de água é para agricultura, seguida pelo abastecimento humano e consumo industrial.

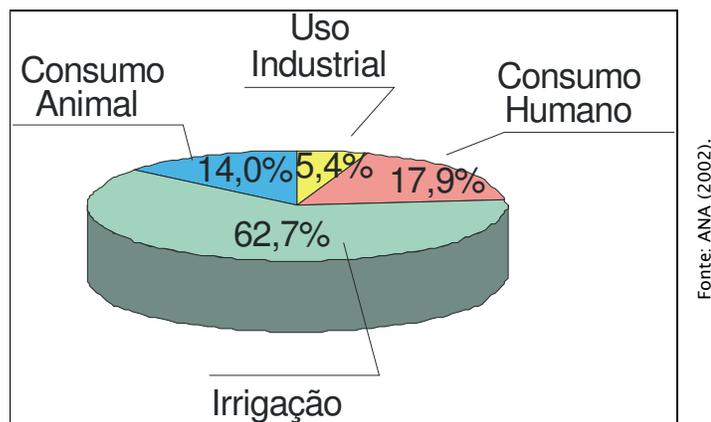
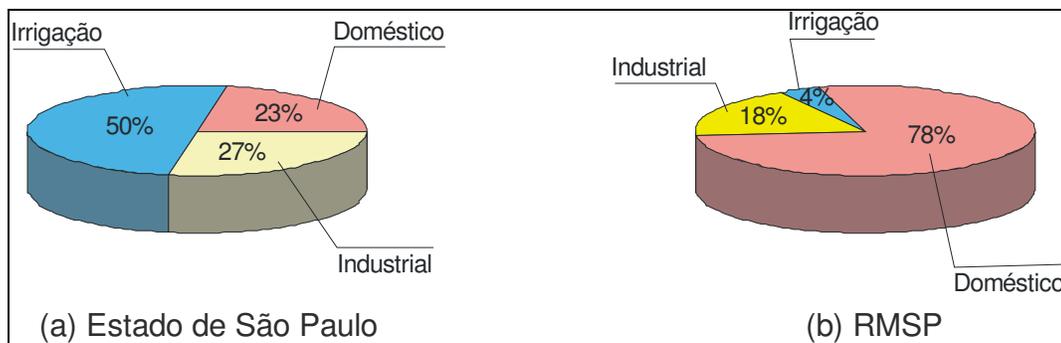


Figura 3. Distribuição do consumo de água por atividade no Brasil.

Mierzwa e Hespanhol (2005) mostram que, de modo similar ao que ocorre com a disponibilidade hídrica, a demanda de água por atividade também varia com a região, conforme ilustra a Figura 4, referentes à demanda de água no Estado de São Paulo e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Os dados apresentados nas figuras, mostram com clareza que a demanda de água é influenciada pelo desenvolvimento de cada região. É importante observar que cada atividade gera efluentes líquidos que atingem os corpos d'água direta ou indiretamente, podendo comprometer sua qualidade e, assim, restringir seu uso como fonte de abastecimento humano.



Fonte: MIERZWA e HESPANHOL (2005).

Figura 4. Distribuição do consumo de água, por atividade, no Estado de São Paulo e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A crise da água

A crise da água atingiu muitas regiões do planeta, e atualmente, um terço da população mundial habita áreas com estresse de água, de modo que, 1,3 bilhões de pessoas não tem acesso à água potável e 2 bilhões não tem acesso ao saneamento adequado. Estima-se que em 2025, dois terços da população humana estará vivendo em áreas com pouca água, afetando o crescimento e a economia local e regional.

As principais causas para a crise da água são:

- crescimento da população e rápida urbanização;
- diversificação dos usos múltiplos;
- contaminação de águas subterrâneas;
- degradação do solo, aumentando a erosão e a sedimentação de rios, lagos e represas;
- uso ineficiente em irrigação de culturas agrícolas, observando-se que, cerca de 70% das águas doces são utilizadas para irrigação;
- desperdício e perdas de água em sistemas de abastecimento;
- aumento da poluição e da contaminação das águas. Atualmente, estima-se que 120 mil km³ de água estão contaminados, e para 2050, espera-se uma contaminação de 180 mil km³ caso persista a poluição.

Um dos agravantes da deterioração dos recursos hídricos é a repercussão na saúde humana e no aumento de mortalidade infantil e internações hospitalares. A falta de acesso à água de boa qualidade e ao saneamento resulta em centenas de milhões de casos de doenças relacionadas com a água e mais de 5 milhões de mortes a cada ano. Estima-se que entre 10.000 e 20.000 crianças morrem todo dia vítimas de enfermidades relacionadas com a água.

Energia Elétrica

A energia é o grande motor do sistema Terra. Os seres humanos aprenderam ao longo dos séculos a utilizar diversas formas de energia que são encontradas na Terra, sendo este um fator de extrema importância no desenvolvimento da civilização. Os recursos energéticos utilizados,

atualmente, pelas nações industrializadas são os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), hidreletricidade, energia nuclear e outras formas de energia menos difundida, como: geotérmica, solar, eólica, proveniente da biomassa, de marés e, mais recentemente de ondas (TEIXEIRA *et al.*, 2000).

Produção de energia elétrica

A produção de energia elétrica no Brasil é dependente, em grande parte, dos recursos hídricos, sendo responsável por 10% da produção hidroelétrica mundial. O Brasil utiliza, atualmente, cerca de 35% de seu potencial hidroelétrico. No Sudeste a capacidade de produção de hidreletricidade está praticamente esgotada (TUNDISI, 2003).

A Tabela 6 mostra a disponibilidade em potência no Brasil, em dezembro de 2000. Nota-se que cerca de 80% de energia elétrica é gerada através de hidroelétricas, 13% através de usinas térmicas e o restante de 7% através usinas nucleares, pequenas centrais hidroelétricas e importações.

Tabela 6. Disponibilidade de energia elétrica no Brasil.

Tipo	Potência instalada (MW)	Participação (%)
Pequenas centrais hidroelétricas	1.485	2,02
Usinas hidroelétricas	59.165	80,57
Usinas térmicas	9.664	13,16
Usinas nucleares	1.966	2,68
Importações	1.150	1,57
Total	73.430	100

Fonte: TUNDISI (2003).

Níveis de Atendimento de Água e Esgoto no Brasil

A Tabela 7 apresenta os índices de atendimento com serviços de água e de esgotos, segundo as regiões do país, em 2005.

Tabela 7. Índices de atendimento urbano com água e esgotos pelos prestadores de serviços, segundo a região geográfica.

Região	Índice de atendimento urbano (%)		
	Água (%)	Coleta de esgotos (%)	Tratamento dos esgotos gerados (%)
Norte	68,5	6,7	10,0
Nordeste	98,6	26,7	36,1
Sudeste	96,8	69,4	32,6
Sul	100,0	33,7	25,3
Centro-Oeste	100,0	45,4	39,7
Brasil	96,3	47,9	31,7

Fonte: SNIS (2005).

Segundo dados do SNIS (2005), os índices de atendimento de água na área urbana apresentam um ótimo desempenho, com exceção da região Norte. Diferentemente, em termos de esgotamento sanitário, o atendimento em coleta de esgotos apresenta um índice médio nacional ainda precário, igual a 47,9%. Em relação ao tratamento dos esgotos, os resultados são ainda mais incipientes, com um índice médio nacional de tratamento de esgotos de apenas 31,7%.

Segundo estudos realizados no Ministério das Cidades, visando a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, no prazo de 20 anos, são necessários investimentos estimados em R\$ 178 bilhões. Isto significa o investimento de 0,45% do PIB ao ano, para atender toda a população que hoje não tem acesso aos serviços e absorver o crescimento vegetativo da população nesse período.

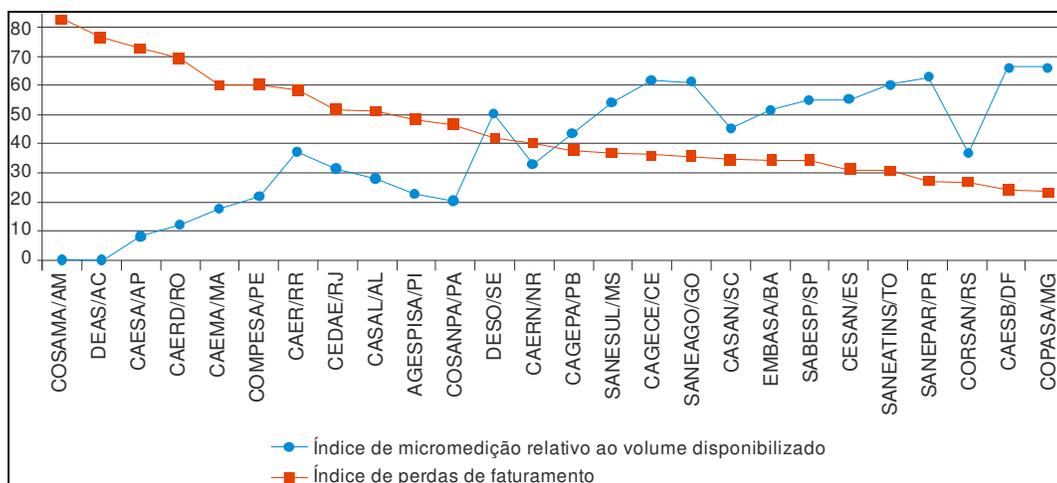
A Problemática das Perdas de Água e Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água

Perdas de água

As elevadas perdas de água tornaram-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento de água brasileiro. Contribuem para tal situação, dentre outros motivos, a baixa capacidade institucional e de gestão dos sistemas; a pouca disponibilidade de recursos para investimentos, sobretudo em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas; a cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional; e as decisões pragmáticas de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia (MIRANDA, 2006).

Para o SNIS (2005), o Brasil perde 44,81% da água distribuída em relação à água captada. Essa quantidade de água seria suficiente para abastecer, simultaneamente, países como a França, a Suíça, a Bélgica e o norte da Itália. As elevadas perdas de água têm relação direta com o desperdício de energia elétrica, pois, normalmente, é necessário cerca de 0,6kWh para produzir 1m³ de água potável.

A Figura 5 apresenta os índices de perdas de faturamento dos prestadores de serviços de saneamento. Essa figura mostra que esse índice tem variado regionalmente, entre 34% (região centro-oeste) e 57,6% (região norte), com média de 40,5% para o país.



Fonte: Adaptado do SMS (2005).

Figura 5. Índice de micromedição e perdas de faturamento dos prestadores de serviços de saneamento.

Combater e controlar a perda é uma questão fundamental, em cenários em que há, por exemplo: escassez de água e conflitos pelo seu uso; elevados volumes de água não faturadas, comprometendo a saúde financeira do operador; um ambiente de regulação, em que os indicadores que retratam as perdas de água estão entre os mais valorizados para a avaliação de desempenho. O gerenciamento das perdas exige, o seu conhecimento pleno. Identificar e quantificar as perdas constitui-se em ferramenta essencial e indispensável para a implementação de ações de combate (MIRANDA, 2006).

Perdas de energia elétrica

Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil, o equivalente a 8,3 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadores de serviços de saneamento em todo o país. Este consumo engloba os diversos usos nos processos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com destaque para os conjuntos motobomba, que são normalmente responsáveis por 90% do consumo nessas instalações. As despesas totais dos prestadores de serviços de saneamento com energia elétrica chegam a R\$ 1,5 bilhão por ano, variando entre 6,5% a 23,8% das despesas totais, com média de 12,2% para os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário de companhias estaduais de saneamento (ELETROBRÁS/PROCEL, 2005).

Embora não existam dados consolidados sobre quanto da energia consumida é desperdiçada, estima-se que a despesa anual dos prestadores de serviços de saneamento, somente pela ineficiência energética é de R\$ 375 milhões. Despesa esta que, pela ausência de marco regulatório para o setor, é freqüentemente repassada para a sociedade via tarifa. A sociedade, por sua vez, está no limite de seu orçamento, o que tem contribuído para aumentar a inadimplência, que por sua vez acarreta menor faturamento, impactando negativamente os investimentos dos prestadores de serviços de saneamento. O ciclo vicioso se completa pela obsolescência dos equipamentos decorrentes da falta de investimentos (ELETROBRÁS/PROCEL, 2005).

QUESTÕES

1. Mostre a relação que existe entre as perdas de água e o consumo de energia.
2. Como obter sucesso nos programas de redução de perdas de água e energia?
3. As águas doces não estão distribuídas igualmente no planeta. Que fatores determinam essas diferenças?
4. Pode-se afirmar que existe escassez de água em nível global?
5. Qual o maior problema enfrentado pela população mundial, com relação à água?
6. Quais as principais causas para a crise da água?
7. Que conseqüências pode-se observar através dessa crise?
8. Que recursos energéticos estão sendo utilizados, atualmente, pelas nações industrializadas?
9. Relate sobre a problemática das perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

CONSUMO E DEMANDA DE ÁGUA E ENERGIA NO BRASIL E OS PRINCÍPIOS DA CONSERVAÇÃO

Disponibilidade Hídrica no Brasil

O Brasil tem uma área de 8.547.403,5 km² e uma população de 180 milhões de habitantes. Mais de 90% do território brasileiro recebem chuvas entre 1.000 e mais de 3.000 mm/ano. Apenas nos 400.000 km² do contexto semi-árido do Nordeste, as chuvas são mais escassas, entre 400 a 800 mm/ano.

A quantidade de água que escoia pelos rios do Brasil representa uma oferta da ordem de 33.841m³/ano.hab., e além disso, têm-se as águas subterrâneas, cujo volume estocado até a profundidade de 1.000m é estimado em 112.000km³. O valor médio das recargas das águas subterrâneas no Brasil é estimado em 3.144km³/ano. A extração de apenas 25% dessa taxa média de recarga já representaria uma oferta de água doce à população brasileira da ordem de 4.000m³/ano por habitante (REBOUÇAS, 2006). Portanto, o Brasil é um país privilegiado em termos de recursos hídricos, entretanto, a distribuição dessa água não é uniforme, resultando em abundância de água em algumas regiões e escassez em outras.

A Tabela 8 apresenta os dados da ANA (2002), onde se verifica que a disponibilidade hídrica no país é de, aproximadamente, 5.759,5km³/ano, sendo que a disponibilidade média por habitante é de 32.305m³/ano. Esse valor é muito elevado e não retrata a gravidade de algumas regiões, pois 81,2% da população do Brasil vivem em áreas urbanas, sendo que 40% dessa população estão concentradas em 22 regiões metropolitanas. As regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre têm problemas relacionados com a escassez de água.

Tabela 8. Disponibilidade hídrica no Brasil.

Estado	População (hab)	Disponibilidade específica (m ³ /ano.hab)
Acre	557.882	289.976,99
Amapá	477.032	338.785,25
Amazonas	2.817.252	506.921,47
Pará	6.195.965	203.776,96
Rondônia	1.380.952	182.401,59
Roraima	324.397	733.085,76
Tocantins	1.157.690	109.903,67
Região Norte	12.911.170	285.591,97
Alagoas	2.827.856	1.349,96
Bahia	13.085.769	5.933,55
Ceará	7.431.597	2.667,94
Maranhão	5.657.552	12.362,35

Paraíba	3.444.794	2.216,60
Pernambuco	7.929.154	1.712,77
Piauí	2.843.428	10.764,47
Rio Grande do Norte	2.777.509	2.571,67
Sergipe	1.784.829	1.677,09
Região Nordeste	47.782.488	4.880,26
Espírito Santo	3.097.498	8.016,34
Minas Gerais	17.905.134	9.172,50
Rio de Janeiro	14.392.106	1.772,27
São Paulo	37.035.456	2.906,11
Região Sudeste	72.430.194	4.448,44
Paraná	9.564.643	8.946,51
Rio Grande do Sul	10.187.842	19.426,78
Santa Catarina	5.357.864	14.737,50
Região Sul	25.110.349	14.434,23
Distrito Federal	2.051.146	1.013,29
Goiás	5.004.197	29.764,69
Mato Grosso	2.505.245	370.338,08
Mato Grosso do Sul	2.078.070	43.694,73
Região Centro-Oeste	11.638.658	100.493,73
BRASIL	169.872.859	33.994,73

Fonte: ANA (2002), IBGE (2000 e 2004) *apud* MIERZWA e HESPANHOL (2005).

Na Tabela 8, verifica-se a grande variação na disponibilidade hídrica das principais regiões brasileiras, e constata-se a influência das condições climáticas e da intensidade de ocupação do solo em cada local. No caso específico do estado de São Paulo, a disponibilidade hídrica é de 2.339,6m³/ano.hab.; entretanto, na RMSP, onde vivem 20 milhões de habitantes, essa disponibilidade é de somente 179,3m³/ano.hab. (ano 2010), ou seja, 13 vezes menor que a média do Estado (MIERZWA e HESPANHOL, 2005). É importante lembrar que a quantidade de água existente em uma região é constante, mas não a população, que normalmente tem crescido. Outro agravante para essa condição é a poluição e a contaminação das águas, que também tem aumentado ao longo dos anos.

Demanda de Água

A água pode ser utilizada para várias atividades humanas, e de acordo com cada tipo de uso, a água deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que garantam a segurança dos usuários. Muitas vezes a água pode ter vários usos, e nesses casos, podem gerar conflitos entre diversos segmentos da sociedade. Os principais usos da água são:

- consumo humano;
- uso industrial;
- irrigação;
- geração de energia;
- transporte;

- aqüicultura;
- preservação da fauna e da flora;
- paisagismo;
- assimilação e transporte de efluentes.

A água para consumo humano deve ser priorizada, pois a água é essencial em todas as atividades metabólicas do ser humano, no preparo de alimentos, na higiene pessoal e na limpeza de roupas e utensílios domésticos, por exemplo. Em média, cada indivíduo necessita 2,5 litros de água por dia para satisfazer as suas necessidades vitais (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

A Tabela 9 apresenta os dados relativos ao consumo de água por região hidrográfica do Brasil e para o estado de São Paulo. Suas características devem estar dentro de padrões de potabilidade que estão definidas na portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

Tabela 9. Demanda de água para consumo humano por região hidrográfica do Brasil e no Estado de São Paulo.

Região Hidrográfica	Demanda (L/hab.dia)
Amazonas	102,65
Tocantins	133,13
Parnaíba	216,80
São Francisco	170,83
Paraguai	187,92
Paraná	166,23
Uruguai	180,50
Costeira do Norte	581,17
Costeira do Nordeste Ocidental	176,03
Costeira do Nordeste Oriental	202,04
Costeira do Sudeste	345,92
Costeira do Sul	133,08
Média do Estado de São Paulo	284,22
Região Metropolitana de São Paulo	321,06
Média do Brasil	195,63

Fonte: ANA (2002), IBGE (2000 E 2004) *apud* MIERZWA e HESPANHOL (2005).

Consumo de Água em Sistemas de Abastecimento

Para o planejamento e gerenciamento de sistemas de abastecimento de água, a previsão do consumo de água é um dos fatores de fundamental importância. A operação dos sistemas e as suas ampliações e/ou melhorias estão diretamente associadas à demanda de água.

Classificação de consumidores de água

Os consumidores de água são classificados em quatro categorias de consumo pelas prestadoras de serviços de saneamento:

- doméstico;
- comercial;
- industrial;
- público.

A divisão dos consumidores baseia-se no fato de que essas categorias são claramente identificáveis, e também devido à necessidade de estabelecimento de políticas tarifárias e de cobranças diferenciadas. A categoria de economias residenciais (uso doméstico) é a mais homogênea, apresentando uma variabilidade de consumo relativamente pequena, quando comparada à variabilidade das outras. As categorias comercial e industrial são mais heterogêneas.

A Figura 6 apresenta a distribuição percentual do número de ligações de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) por categoria de consumo.

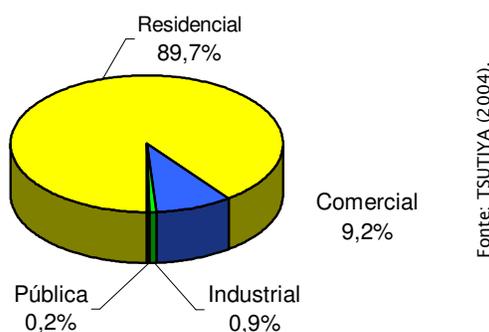


Figura 6. Ligações de água na RMSP por categorias de consumo.

Água para uso doméstico

A água para uso doméstico corresponde a sua utilização residencial, tanto na área interna como na área externa da habitação. Na área interna, a água pode ser utilizada para bebida, higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupa, lavagem de utensílios domésticos e limpeza em geral. Para área externa, utiliza-se a água para rega de jardins, limpeza de piso e fachadas, piscinas, lavagem de veículos etc. Para a área interna, o consumo mínimo varia de 50 a 90 litros de água por habitante por dia (YASSUDA e NOGAMI, 1976).

O consumo de água em uma habitação depende de um grande número de fatores, que podem ser agrupados em seis classes: características físicas, renda familiar, características da habitação, características do abastecimento de água, forma de gerenciamento do sistema de abastecimento e características culturais da comunidade. Dentre as variáveis que afetam a demanda doméstica de água, uma das mais importantes é o preço, pois é uma das poucas sob

total controle dos responsáveis pelo sistema de abastecimento. Geralmente, elevações no preço da água acarretam diminuição no consumo, até um limite correspondente ao essencial, reduções no preço causam aumento no consumo.

Água para uso comercial

Várias são as atividades comerciais que utilizam a água, de modo que, nessa categoria ocorrem desde pequenos até grandes consumidores como: bares, padarias, restaurantes, lanchonetes, hospitais, hotéis, postos de gasolina, lava-rápidos, clubes, prédios comerciais, *shoppings centers*, entre outros. Portanto, os consumos de água em atividades comerciais são variáveis e depende de estudo caso a caso.

Água para uso industrial

O uso da água em uma instalação industrial pode ser classificado em cinco categorias: uso humano, uso doméstico, água incorporada ao produto, água utilizada no processo de produção e água perdida ou para usos não rotineiros. De modo semelhante ao uso comercial, o consumo de água para uso industrial deve ser estabelecido caso a caso.

Água para uso público

Inclui nesta classificação a parcela de água utilizada na irrigação de parques e jardins, lavagem de ruas e passeios, edifícios e sanitários de uso público, fontes ornamentais, piscinas públicas, chafarizes e torneiras públicas, combate a incêndio etc. De modo geral, os consumos públicos são de difícil mensuração e dependem, também, de caso a caso.

Valores do consumo de água

A Tabela 10 apresenta o consumo *per capita* de água no Brasil, e em outros países.

Tabela 10. Consumo *per capita* de água no Brasil e em outros países.

País/Estado/Cidade	Ano	Consumo de água (L/hab.dia)
Brasil (média)	1989	151,0
	1994	235,4
Brasília	1989	211,0
São Paulo	1988	237,0
Santa Catarina	1990	143,0
Minas Gerais	1990	154,0
Chile		
Santiago	1994	204,0

Colômbia		
Bogotá	1992	167,0
Costa Rica	1991	208,0
Canadá (média)	1984	431,0
Estados Unidos (média)	1984	666,0

Fonte: MACÊDO (2004).

Para os sistemas de abastecimento de água operados pela Sabesp, no estado de São Paulo, é apresentado na Tabela 11 o consumo micromedido *per capita* de água e o consumo micromedido por economia na RMSP. Na Tabela 12, podem ser observados o consumo médio efetivo *per capita* de água e os consumos por economia e por ligação, nos municípios do interior do estado de São Paulo.

Tabela 11. Consumo médio efetivo *per capita* de água na RMSP (2002).

Unidade de Negócio	Consumo micromedido	
	<i>Per capita</i> (L/hab.dia)	Por economia (L/economia.dia)
MC	246	563
MN	145	483
MS	130	430
ML	144	460
MO	273	487
Vice-Presidência Metropolitana	221	510

Fonte: ROCHA FILHO (2002).

Tabela 12. Consumo médio efetivo *per capita* de água em municípios do interior do estado de São Paulo (2001).

Unidade de Negócio	Número de Municípios	Consumo micromedido		
		<i>Per capita</i> (L/hab.dia)	Por economia (L/economia.dia)	Por ligação (L/ligação.dia)
IA	53	140,2	410,3	421,1
IB	62	173,2	504,7	520,4
IG	29	157,0	459,7	491,0
IM	47	149,0	446,0	466,0
IT	83	162,8	446,8	464,1
IV	24	158,0	496,4	550,9
Vice-Presidência do Interior	298	156,3	463,7	489,8

Fonte: TSUTIYA (2004).

Produção e Consumo de Energia Elétrica no Brasil

Matriz energética e produção de energia elétrica no Brasil

A matriz energética brasileira, em 2005, foi de $218,6 \times 10^6$ toneladas equivalentes de petróleo, sendo 47,7% provenientes de fontes renováveis (hidroeletricidade e biomassa). A energia proveniente da biomassa consistiu de lenha (13,1%), cana-de-açúcar (13,9%) e outras biomassas (2,7%). A Tabela 13 apresenta as fontes de energia em porcentagem da matriz energética brasileira, em 2005.

Tabela 13. Matriz energética brasileira (2005).

Fonte	Porcentagem (%)
Petróleo e derivados	38,4
Biomassa	29,7
Hidroeletricidade	15,0
Gás natural	9,3
Carvão mineral	6,4
Urânio	1,2

Fonte: RONDEAU (2006a).

A produção de energia elétrica no Brasil, no ano 2005, foi de 441,6TWh (inclui a importação de Itaipu), sendo que dessa energia produzida, 89,3% foram provenientes de fontes renováveis. A Tabela 14 apresenta as fontes de produção de energia elétrica em porcentagem, em 2005.

Tabela 14. Produção de energia elétrica no Brasil (2005).

Fonte	Porcentagem (%)
Hidráulica	85,4
Gás natural	4,1
Biomassa	3,9
Petróleo e derivados	2,8
Nuclear	2,2
Carvão	1,6

Fonte: RONDEAU (2006b).

O Brasil ocupa, atualmente, o décimo lugar em geração de energia elétrica no mundo, e as características das principais fontes para a geração de energia elétrica são apresentadas na Quadro 1.

Quadro 1. Principais características das fontes de geração de energia elétrica no Brasil.

Fonte	Características
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> - Vantagem competitiva do país - Recurso renovável - Potencial de energia elétrica de 260 GW (28% aproveitado)
Biomassa	<ul style="list-style-type: none"> - Potencial expressivo para geração de energia elétrica (bioeletricidade) - Recurso renovável - Potencial de oferta superior a 500 MW/ano
Carvão mineral	<ul style="list-style-type: none"> - Importantes reservas de carvão mineral - 32 bilhões de toneladas (90% no Rio Grande do Sul) - Potencial de 20.000 MW durante 100 anos (considerando utilizar 50% para geração de energia elétrica)
Nuclear	<ul style="list-style-type: none"> - 6ª maior reserva de urânio do planeta - 32 bilhões de toneladas (equivalente a 1,2 bilhões de tep) - Alto potencial na geração de energia elétrica
Gás	<ul style="list-style-type: none"> - Reservas de 306 bilhões de m³ (equivalente a 0,3 bilhão de tep) - Produção de 48 milhões de m³/dia (2005) - 50% do mercado de gás natural são atendidos com produção nacional (2005)

* tep – tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: RONDEAU (2006b).

Consumo de Energia Elétrica no Brasil

Em 2004, o consumo de energia elétrica no Brasil foi de 359 TWh (bilhões de kWh), sendo que o setor de saneamento consumiu 8,25 bilhões de kWh, correspondendo a 2,3% do consumo do país. A estrutura de consumo de energia elétrica no Brasil é apresentada na Tabela 15.

Tabela 15. Estrutura de consumo de energia elétrica no Brasil, em 2004.

Consumo de energia	Atividades
Industrial (43%)	<ul style="list-style-type: none"> - Força motriz – 51% - Saneamento – 5,3% - Aquecimento – 18% - Processos eletroquímicos – 16,7% - Refrigeração – 7% - Iluminação – 2%
Residencial (25%)	<ul style="list-style-type: none"> - Aquecimento de água – 26% - Refrigeração – 32% - Iluminação – 24% - Outros – 18%
Comercial e outros (32%)	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminação – 44% - Condicionamento do ambiente – 20% - Refrigeração – 18% - Outros – 18%

Fonte: MARQUES (2005).

O consumo *per capita* de energia elétrica no Brasil, em 2003, foi de 1.671kWh, valor relativamente baixo, demonstrando que nossa qualidade de vida está muito aquém do razoável se comparado com a média mundial de 2.200 kWh/ano por habitante. A Tabela 16 apresenta o consumo anual de energia elétrica no Brasil e em outros países, em 2003.

Tabela 16. Consumo anual de energia elétrica no Brasil e em outros países, em 2003.

País	Consumo (kWh/ano.hab)	País	Consumo (kWh/ano.hab)
Noruega	25.000	Portugal	3.600
Canadá	18.000	Venezuela	2.800
Suécia	16.000	Uruguai	2.400
Estados Unidos	12.500	Chile	2.400
Austrália	9.500	Argentina	2.100
Suíça	8.000	Brasil	1.671
Bélgica	7.300	México	1.665
Japão	7.000	Costa Rica	1.554
França	6.600	Colômbia	800
Alemanha	6.000	Peru	700
Rússia	4.800	Equador	650
Espanha	4.300	Paraguai	600
África do Sul	4.200	Média Mundial	2.200

Fonte: MARQUES (2005).

Para Marques (2005), o desperdício de energia elétrica no Brasil, em 2003, foi da ordem de 35 bilhões de kWh (12% do consumo do Brasil), com custo de, aproximadamente, R\$ 5,6 bilhões.

Conservação de Água

A conservação de água pode ser definida como as práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do uso da água. Também, pode ser definida como qualquer ação que:

- reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- reduz o consumo de água;
- reduz o desperdício de água;
- reduz as perdas de água;
- aumenta a eficiência e o reúso da água;
- evita a poluição da água.

Conservar água significa atuar de maneira sistêmica na demanda e na oferta de água. Ampliar a eficiência do uso da água representa, de forma direta, aumento da disponibilidade para os demais usuários, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, bem como

atendendo ao crescimento populacional, à implantação de novas indústrias e à preservação e conservação dos recursos naturais.

Um programa de conservação de água é composto por um conjunto de ações e para a sua viabilidade é fundamental a participação da alta direção, a qual deverá estar comprometida com o programa, direcionando e apoiando a implementação das ações necessárias e o seu sucesso depende de (FIESP/CIESP, 2006):

- estabelecimento de metas e prioridades;
- escolha de um gestor ou gestores da água, os quais devem, permanentemente, ser capacitados e atualizados para operarem e difundirem o programa;
- alocação planejada dos investimentos iniciais com expectativa de redução à medida que as economias geradas vão se concretizando, gerando os recursos necessários para novos investimentos;
- apoio da alta gerência executiva durante a elaboração dos planos de gestão do uso da água;
- otimização do uso da água, garantindo um melhor desempenho das atividades consumidoras envolvidas;
- pesquisa, desenvolvimento e inovação nos processos ou em outras atividades com adequação dos níveis de qualidade exigíveis e busca da redução de custos;
- desenvolvimento e implantação de um sistema de gestão que deverá garantir a manutenção de bons índices de consumo e processos ao longo do tempo, contribuindo para a redução e manutenção dos custos ao longo da vida útil;
- multiplicação do programa para todos os usuários do sistema;
- divulgação dos resultados obtidos de forma a incentivar e engajar ainda mais os usuários envolvidos.

A manutenção dos resultados obtidos com o programa de conservação depende de um sistema de gestão permanente e eficaz que compreenda ações de base operacional, institucional, educacional e legal. O sistema de gestão atua principalmente sobre duas áreas:

- *Técnica*: engloba as ações de avaliação, medições, aplicações de tecnologias e procedimentos para o uso da água.
- *Humana*: envolve comportamento e expectativas sobre o uso da água e procedimentos para realização de atividades consumidoras.

Essas áreas necessitam de atualização constante para que seja possível mensurar os progressos obtidos e o cumprimento de metas, bem como o planejamento das ações futuras dentro de um plano de melhoria contínua.

Conservação de Energia

A conservação de energia é um conceito abrangente que engloba todas as ações que são desenvolvidas para reduzir o consumo de energia. Mesmo o racionamento de energia ou outra modalidade qualquer que afete a qualidade de vida, conserva a energia. Entretanto, a parte

conceitual da conservação de energia, de interesse para o curso, refere-se àquela que não cause prejuízo à qualidade de vida. Para essa condição, Marques (2005), define a conservação de energia como um conceito sócio-econômico que traduz a necessidade de se retirar do planejamento da expansão do sistema elétrico, a componente referente ao desperdício, permitindo a redução dos investimentos no setor elétrico, sem comprometer o fornecimento de energia e a qualidade devida.

Para conservar a energia elétrica há dois caminhos (MARQUES, 2005):

- *Vertente humana:* o cidadão recebe informações compatíveis, que o auxiliam a se inserir no contexto da nova situação, induzindo-o à mudança de hábitos, atitudes e futura mudança de comportamento.
- *Vertente tecnológica:* através de treinamento específico, o técnico é inserido nas questões da eficiência energética, entrosando-se com novas tecnologias, tanto de equipamentos como de processos, reduzindo significativamente o consumo de energia de uma instalação, sem comprometer o produto final.

QUESTÕES

1. Comente acerca da disponibilidade hídrica no Brasil.
2. Escreva sobre a importância do conhecimento da demanda para o gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água.
3. Como as prestadoras de serviços de saneamento dividem seus consumidores? Qual a finalidade dessa classificação?
4. Como se apresenta a matriz energética brasileira?
5. Disserte sobre a produção da energia elétrica no Brasil, suas fontes e características.
6. Mostre seu entendimento sobre a conservação da água e da energia.

CONCEITO, IMPORTÂNCIA E ORIGEM DAS PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA

Sistema de Abastecimento de Água

A concepção dos sistemas de abastecimento de água é variável, em função do porte da cidade, topografia, sua posição em relação aos mananciais etc. De um modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água são constituídos das seguintes partes:

- manancial;
- captação;
- estação elevatória;
- adutora;
- estação de tratamento de água;
- reservatório;
- rede de distribuição.

As Figuras 7 e 8 apresentam concepções de sistemas de abastecimento de água. Observa-se nessas figuras que, há necessidade da utilização de estações elevatórias para que a água bruta do manancial seja tratada e, posteriormente, distribuída à população. De um modo geral, para a produção de 1m³ de água potável é necessário cerca de 0,6kWh (TSUTIYA, 2001). Também, pode-se observar nessas figuras que aumentando as perdas de água aumenta-se o consumo de energia elétrica, ou seja, há uma relação direta entre as perdas e o consumo de energia.

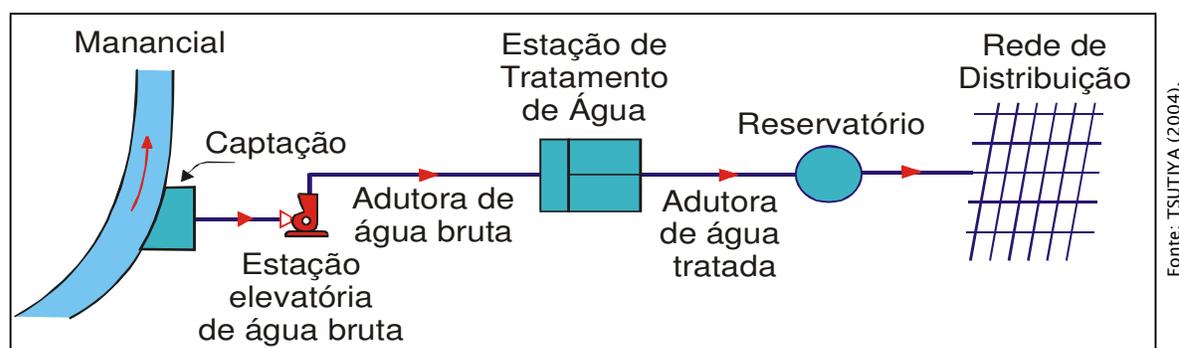
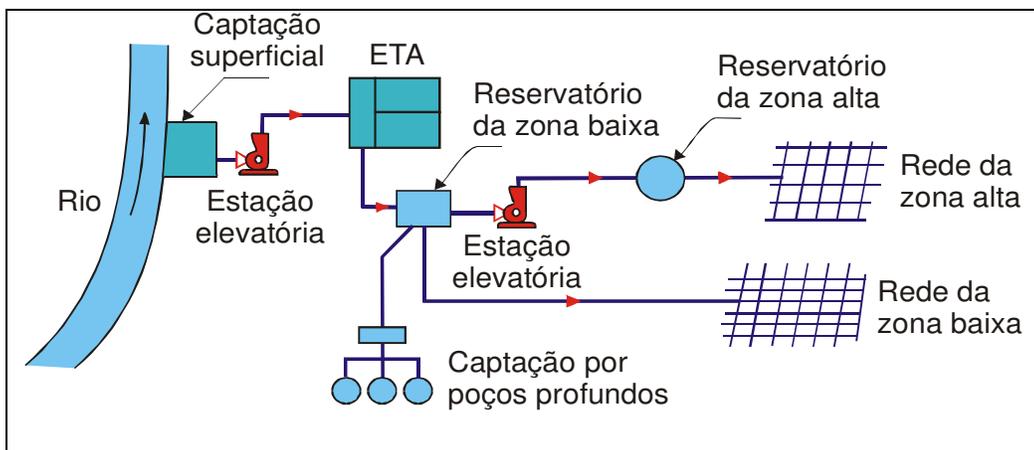


Figura 7. Sistema simples de abastecimento de água.



Fonte: ORSINI (1996).

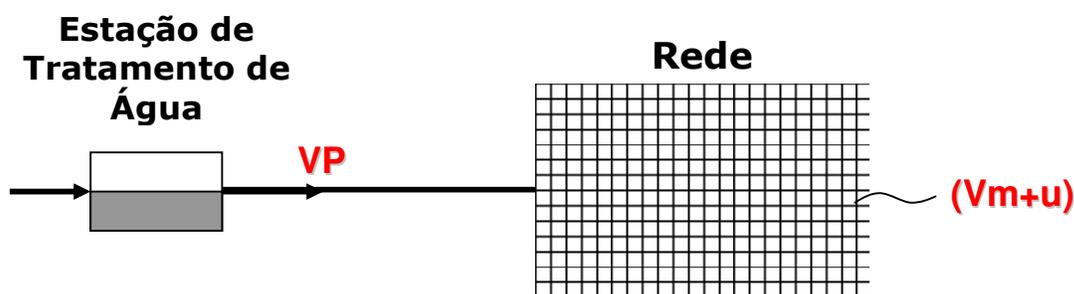
Figura 8. Sistema de abastecimento de água com captação superficial e subterrâneo.

Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento

Definições de perdas de água

A perda de água é considerada como um dos principais indicadores de desempenho operacional das prestadoras de serviços de saneamento em todo mundo. As perdas ocorrem em todos os componentes de um sistema de abastecimento de água, desde a captação até a distribuição, entretanto, a magnitude dessas perdas depende de cada unidade.

As perdas podem ser avaliadas pela diferença de volume de entrada e de saída de um unidade do sistema de abastecimento. O caso mais comum é a determinação de perdas a partir da estação de tratamento de água (ETA). Nesse caso mede-se o volume que sai da ETA em um determinado período e compara-se com a soma de todos os volumes medidos (ou estimados) na rede de distribuição de água, no período considerado. A Figura 9 ilustra de forma simplificada o conceito de perdas em um sistema de abastecimento de água a partir dos volumes produzidos na ETA.



Fonte: ZANIBONI e SARZEDAS (2007).

Figura 9. Definição de perdas.

$$\text{Perda} = \text{VP} - (\text{Vm} + \text{u})$$

Onde: VP = volume de água que entra no sistema;
 Vm = volume micromedido;
 u = usos operacionais, emergenciais e sociais.

Em um sistema de abastecimento de água podem ser identificados dois tipos de perdas:

- *Perda real ou perda física:* corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final devido à ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como, de extravasamentos em reservatórios.
- *Perda aparente ou perda não-física:* corresponde ao volume de água consumido, porém não contabilizado pela prestadora de serviços de saneamento, decorrente de erros de medição, fraudes, ligações clandestinas e falhas do cadastro comercial.

Existem dois métodos para a avaliação de perdas:

- *Balanço de águas:* consiste em avaliar as perdas pelo volume que entra no sistema menos o volume de água consumido, de modo que, neste método as perdas calculadas são as perdas totais resultantes das várias partes da infra-estrutura (Quadro 2);
- *Pesquisa em campo:* as perdas são determinadas através de pesquisas, testes e inspeções em campo de cada componente de perda real ou aparente, e com a somatória das parcelas de volumes perdidos, calcula-se o volume total de perdas.

Quadro 2. Componentes do balanço de água.

Volume que entra no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo medido faturado (incluindo água exportada)	Água faturada
			Consumo não-medido faturado (estimados)	
		Consumo autorizado não-faturado	Consumo medido não-faturado (usos próprios, caminhão-pipa etc.)	Água não-faturada
			Consumo não-medido, não-faturado (combate a incêndios, favelas etc.)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Consumo não-autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (macro e micromedição)	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras de água bruta e nas estações de tratamento de água (se aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
	Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro			
	Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de distribuição			

* Unidade dos componentes do balanço de água: m³/ano.

Fonte: ALEGRE *et al.* (2006) e TARDELLI FILHO (2004).

Indicadores de perdas

Para quantificar as perdas reais e aparentes são utilizados os indicadores de perdas. Esses indicadores, além de retratar a situação das perdas, permitem gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e comparar sistemas de abastecimento de água distintos. A seguir são apresentados os principais indicadores de perdas:

- *Indicador percentual*: relaciona o volume total perdido (perdas reais + perdas aparentes) com o volume total produzido ou disponibilizado (volume fornecido) ao sistema, em bases anuais. Esse indicador pode retratar as perdas do sistema como um todo, ou apenas parte do sistema de abastecimento. A equação 1 apresenta o indicador para a rede de distribuição de água.

$$IP(\%) = \frac{\text{Vol. Perdido}}{\text{Vol. Produzido}} \times 100 \quad (1)$$

O indicador percentual é o mais utilizado e o mais fácil de ser compreendido, entretanto, esse indicador tem sido considerado no meio técnico como inadequado para avaliação de desempenho operacional, uma vez que é fortemente influenciado pelo consumo, ou seja, para um mesmo volume de água perdida, quanto maior o consumo menor o índice de perdas em percentual. Além disso, esse indicador imprime uma característica de homogeneidade aos sistemas, que não ocorre na prática, pois fatores chaves principais com impacto sobre as perdas são diferentes de sistema para sistema, tais como, a pressão de operação, a extensão de rede e a quantidade de ligações atendidas (SNIS, 2005).

- *Índice de perdas por ramal*: relaciona o volume perdido total anual com o número médio de ramais existente na rede de distribuição de água (equação 2). Esse indicador é recomendável quando a densidade de ramais for superior a 20 ramais/km, valor que ocorre praticamente em todas as áreas urbanas. É comum apresentar esse indicador rateado em perdas reais e perdas aparentes.

$$IP_R = \frac{\text{Vol. Perdido Anual}}{\text{N}^\circ \text{ de Ramais} \times 365} \text{ (m}^3\text{/ramal.dia)} \quad (2)$$

Levantamentos realizados na Sabesp para o índice de perdas totais por ramal de distribuição em sistemas de abastecimento do interior e litoral do estado de São Paulo, no período de setembro de 2004 a agosto de 2005, resultou em valor médio de 370L/ramal.dia. Nesse levantamento, o valor mínimo foi de 127L/ramal.dia e o máximo de 657L/ramal.dia.

- *Índice de perdas por extensão de rede*: relaciona o volume perdido total anual com o comprimento da rede de distribuição de água existente (equação 3). Pode ser utilizado em áreas cuja densidade de ramais for inferior a 20 ramais/km, o que geralmente representa subúrbios com características próximas à ocupação rural. Também pode ser calculado considerando as perdas reais e aparentes.

$$IP_L = \frac{\text{Vol. Perdido Anual}}{\text{Extensão de Rede} \times 365} \quad (\text{m}^3/\text{km.dia}) \quad (3)$$

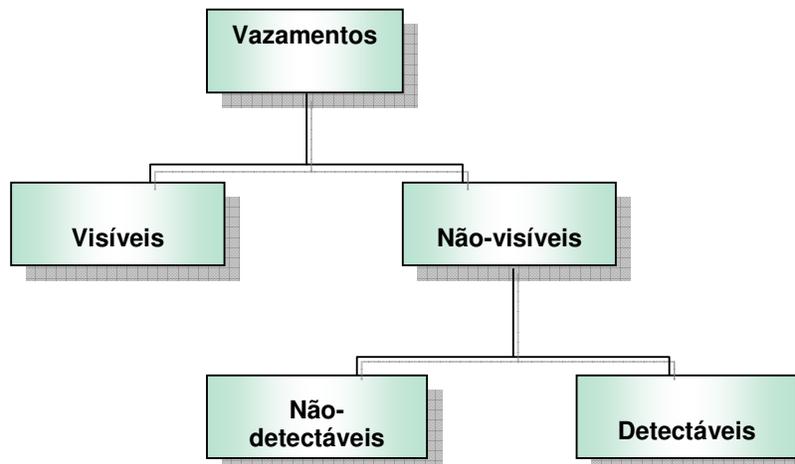
- *Índice de infra-estrutura de perdas (adimensional)*: relação entre o volume perdido total anual e o volume perdido total inevitável anual (equação 4). Esse é um novo indicador proposto pela IWA (*International Water Association*) para determinação de perdas reais e aparentes, e permite a comparação entre sistemas distintos. Entretanto, esse indicador não é adequado para setor com menos de 5.000 ligações, pressão menor que 20mca e baixa densidade de ligações (menor que 10 ligações/km).

$$IIE = \frac{\text{Vol. Perdido Total Anual}}{\text{Vol. Perdido Total Inevitável Anual}} \quad (\text{adimensional}) \quad (4)$$

Origem das perdas

Perdas reais

As perdas reais compreendem os vazamentos de água existentes no sistema até o medidor do cliente. A Figura 10 apresenta a classificação dos vazamentos e o Quadro 3 sintetiza as características significativas dos tipos de vazamentos.



Fonte: TARDELLI FILHO (2004).

Figura 10. Classificação dos vazamentos.

Quadro 3. Características dos vazamentos.

Tipo de vazamento	Características
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, baixas vazões, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da freqüência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

Fonte: LAMBERT *et al.* (2000).

Os vazamentos ocorrem em diversas partes do sistema de abastecimento de água, tais como:

- nas captações de água;
- nas adutoras de água bruta e tratada;
- nas estações de tratamento de água;
- nas estações elevatórias de água bruta e tratada;
- nos reservatórios;
- nas redes de distribuição de água;
- nos ramais prediais e cavaletes.

Em função da sua extensão e condições de implantação, as redes de distribuição e os ramais prediais são as partes do sistema onde ocorrem o maior número de vazamentos e o maior volume perdido. Levantamentos efetuados na Região Metropolitana de São Paulo (Figura 11) apontaram que, dos vazamentos consertados na distribuição, cerca de 90% ocorreram nos ramais prediais e cavaletes, ficando o restante para as redes. Em termos de vazão, estima-se que os vazamentos surgidos nas redes primárias e secundárias tenham vazões significativamente superiores aos ocorrentes nos ramais e cavaletes, podem fazer com que a proporção relativa, em volume, seja diferente daquela observada em relação ao número de casos.

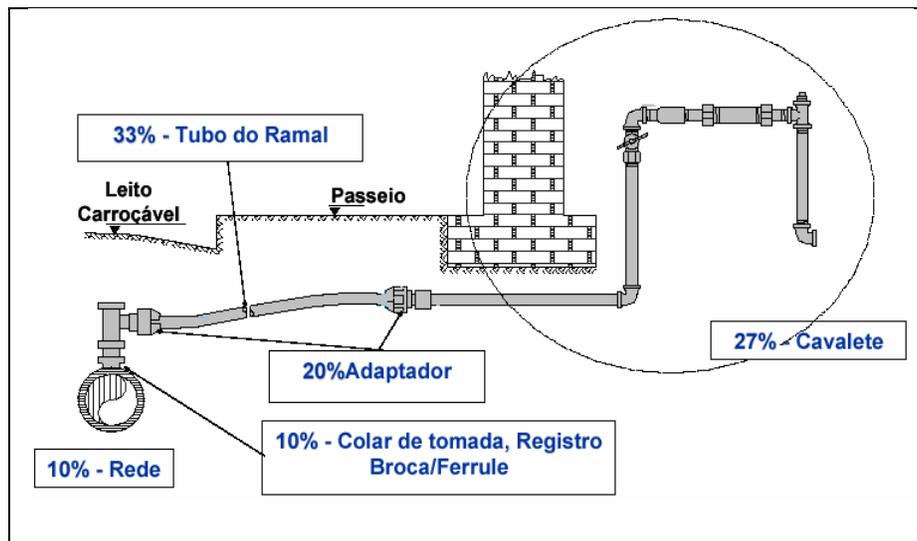


Figura 11. Freqüência de vazamentos em rede, ramal predial e cavalete.

O Quadro 4 apresenta as principais causas dos vazamentos.

Quadro 4. Causas dos vazamentos.

Localização	Causas internas	Causas externas
Bombas	<ul style="list-style-type: none"> - Desgastes das gaxetas - Ajustes inadequados nos registros e juntas - Pressões elevadas 	
Reservatórios	<ul style="list-style-type: none"> - Má qualidade dos materiais - Má execução da obra - Envelhecimento dos materiais 	
Tubulações	<p style="text-align: center;">Material</p> <ul style="list-style-type: none"> - Má qualidade dos materiais - Corrosão - Envelhecimento <p style="text-align: center;">Execução</p> <ul style="list-style-type: none"> - Projeto inadequado - Assentamento inadequado - Encaixes inadequados - Corrosão <p style="text-align: center;">Operação</p> <ul style="list-style-type: none"> - Golpe de aríete - Pressão alta - Qualidade da água (corrosão interna) 	<p style="text-align: center;">Ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carga de tráfego. - Agressividade do solo (corrosão externa). - Poluição do solo. <p style="text-align: center;">Desastres naturais</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimentos de terra ocasionados por obras. - Deslizamentos. - Movimentos sísmicos.

Fonte: TARDELLI FILHO (2004).

Dentre as várias causas de vazamentos, as mais importantes são (ARIKAWA, 2005):

- *Má qualidade dos materiais:* a maneira de evitar este problema é a especificação cuidadosa dos materiais utilizados na implantação e manutenção do sistema.
- *Má qualidade dos serviços:* para garantir vedação adequada durante a construção é necessário, além de materiais de boa qualidade, um serviço executado com qualidade e com mão-de-obra qualificada, de forma a obter regularidade no fundo das valas, boa compactação, execução das ancoragens, assentamento das tubulações, execução correta das juntas etc. A má qualidade dos materiais e dos serviços provoca gotejamentos nas juntas dos tubos. Esses vazamentos geralmente são pequenos. No entanto, devido ao imenso número dessas juntas e ao longo de duração desses vazamentos indetectáveis, o volume total torna-se bastante significativo.
- *Pressões altas nas tubulações:* a elevação da pressão de serviço nas redes de distribuição tem efeito significativo na quantificação dos volumes perdidos, pois aumenta a frequência de arrebentamentos e aumenta a vazão dos vazamentos. A pressão é o fator que mais influi nas perdas reais de um sistema de abastecimento.
- *Oscilações de pressão:* a ocorrência destes eventos pode causar fraturas ou rupturas em tubulações devido ao deslocamento de blocos de ancoragens, expulsão da vedação

das juntas, flexão indesejável dos tubos, movimentação dos tubos e outros acidentes. Um exemplo de oscilação repentina de pressão é o golpe de aríete, cujos resultados podem ser o arrebitamento de tubulações no caso de sobrepressões, ou o colapso de tubos no caso de depressões. Também, as alterações cíclicas de pressão resultante das operações de liga e desliga de bombas e a falta de manutenção e defeitos em válvulas redutoras de pressão pode causar fadiga das tubulações levando à ruptura das mesmas.

- *Deterioração das tubulações:* é causada pela corrosão de tubos metálicos que, normalmente, ocorre após alguns anos de operação da rede.
- *Efeitos do tráfego:* o tráfego pesado afeta a movimentação do solo, podendo causar rupturas em tubulações, principalmente se o aterro sobre os tubos não estiver bem compactado.
- *Extravasamentos em reservatórios:* são freqüentes e ocorrem geralmente no período noturno devido à inexistência de um sistema de controle de níveis, falta de automação, ou falta de manutenção, causando falhas nos sensores de níveis de água e nas válvulas de entrada de água dos reservatórios, além de falhas da própria atividade de operação.
- *Consumos operacionais excessivos:* são inerentes ao próprio processo de operação dos sistemas de captação, adução, tratamento e distribuição. Para a atividade de operação é necessário um determinado volume de água para lavagens, limpezas, descargas e desinfecção. Quando esses consumos são excessivos, grandes perdas e desperdícios acabam ocorrendo, gerando um aumento no custo de produção da água.

Perdas aparentes

As perdas aparentes compreendem as perdas não-físicas de água do sistema de abastecimento de água. Contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não-autorizado por furto ou uso ilícito. As perdas aparentes podem ser influenciadas por fatores sociais e culturais, influências políticas, financeiras, institucionais e organizacionais.

Causas e ocorrências das perdas aparentes

As perdas aparentes ocorrem em um sistema de abastecimento de água nos seguintes locais:

- nos medidores de vazão;
- na gestão comercial;
- fraudes e falhas de cadastro.

As principais causas das perdas aparentes são apresentadas a seguir (ARIKAWA, 2005).

a) Erros dos medidores de vazão

Os medidores de vazão podem ser classificados em macromedidores e micromedidores.

- *Erros devido aos macromedidores:* os macromedidores referem-se ao conjunto de medições de vazão, pressão e nível de reservatório efetuadas nos sistemas de abastecimento de água, desde a captação no manancial até imediatamente antes do ponto final de entrega para o consumo. Um medidor bem instalado apresenta uma faixa de variação da precisão entre 0,5 e 2%, para mais ou para menos. Os principais fatores que geram a imprecisão nos macromedidores são: instalação inadequada; descalibração do medidor; dimensionamento inadequado, operando com velocidades muito baixas; amplitude grande entre as vazões máximas e as mínimas; problemas com a instrumentação primárias e secundárias.
- *Erros devido aos micromedidores:* os micromedidores referem-se à medição do volume consumido pelos clientes das prestadoras de serviços de saneamento cujo valor será objeto da emissão da conta a ser paga. Os erros de medição incluem: erros ocorridos devido aos procedimentos de leitura, diferenças entre datas de leitura do macromedidor e do hidrômetro, enganos de leitura dos medidores pelos leituristas, estimativas incorretas do tempo de parada dos medidores, cálculos incorretos, erros computacionais e erros sistemáticos de medição dos hidrômetros.

b) Erros de estimativa

Quando não existe micromedição, os consumos faturáveis são obtidos por estimativa. Pode-se afirmar que as causas básicas de erros são inerentes ao próprio processo de estimativas devido a falhas de cadastro, a aplicação de critérios baseados em analogia com ligações micromedidas que acompanham as disposições da micromedição e as falhas nos critérios baseados em características físicas dos domicílios.

c) Gestão comercial

Algumas causas das perdas de água estão relacionadas com o gerenciamento global dos consumidores e ligações domiciliares, englobando os aspectos físicos e comerciais como: confiabilidade da micromedição (aferição e manutenção); confiabilidade das estimativas de consumo; estado das ligações ativas ou inativas; ligações clandestinas; fraudes e irregularidades.

d) Fraudes

Os consumos clandestinos são caracterizados por alguma atitude fraudulenta, como: emprego de tubulação lateral ao medidor onde parte da água passa sem ser medida, a ligação clandestina conectada diretamente na rede distribuidora, a violação de hidrômetros, a violação de corte, e a ativação de ligações inativas sem permissão da prestadora de serviços de saneamento.

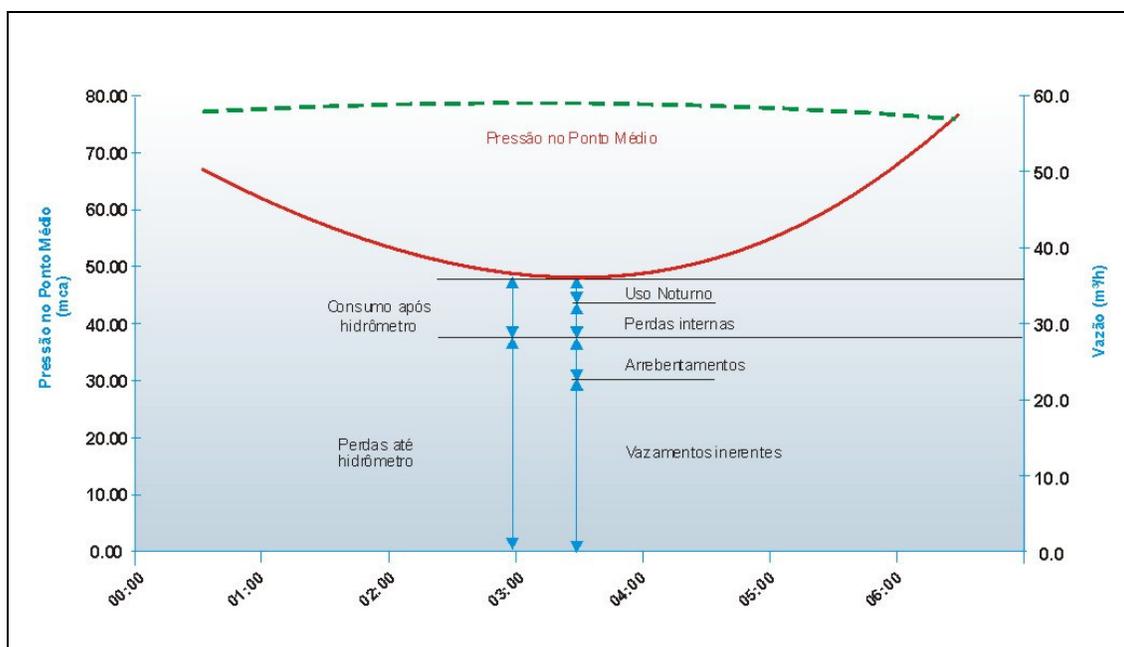
Métodos para avaliação de perdas

Perdas reais

A quantificação de perdas é relativamente fácil de ser feita, pois é obtida pela diferença entre o volume disponibilizado ao sistema e os volume autorizado. Entretanto, o rateio entre perdas reais e perdas aparentes é mais complexo, e exige a adoção de diversas hipóteses ou pesquisas em campo.

Os principais métodos para a avaliação de perdas reais são:

- *Método de balanço hídrico:* é utilizada a matriz do balanço de água, sendo que os volume perdidos são calculados a partir dos dados de macromedição e da micromedição e de estimativas para determinar os valores não medidos. São feitas hipóteses para determinar as perdas aparentes e, por diferença, determinam-se as perdas reais.
- *Método das vazões mínimas noturnas:* através de medições noturnas determina-se o consumo mínimo que é denominada vazão mínima noturna, pois no momento de sua ocorrência, normalmente entre 3:00 a 4:00 horas, há pouco consumo e parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos. Para obter a vazão dos vazamentos através da vazão mínima noturna, é necessário o conhecimento dos elementos que compõem essa vazão. Os componentes da mínima vazão noturna são: consumo noturno residencial, consumo noturno não-residencial, consumo noturno excepcional, perdas noturnas após hidrômetro e perdas reais na rede de distribuição de água. A Figura 12 apresenta os componentes da mínima vazão noturna.



Fonte: ARIKAWA (2005).

Figura 12. Componentes da mínima vazão noturna.

A vazão dos vazamentos é altamente influenciada pela pressão, e quando a medição é realizada no período noturno, o valor da pressão é muito alto ocasionando vazamentos acima dos valores observados durante o dia. Para solucionar esse fato, utiliza-se o fator noite/dia, que é um número, dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão dos vazamentos (extraída da vazão mínima noturna) resulta no volume médio diário de vazamentos.

Perdas aparentes

As perdas aparentes podem ser obtidas subtraindo-se as perdas reais do valor da perda total. As principais formas de se obter as perdas aparentes são:

- *Método do balanço hídrico:* é utilizada a matriz do balanço de água. Nesse caso, admite-se conhecido as perdas reais para se obter as perdas aparentes.
- *Estudos e pesquisas específicas:* para os macromedidores e micromedidores são realizados ensaios em bancada ou “in loco” para determinação de erros de medição. A avaliação dos volumes perdidos devido a gestão comercial, fraudes e falhas de cadastro, deve-se basear no histórico do sistema comercial da prestadora de serviço, se as tiver, caso contrário, poderá utilizar dados de outras empresas.

Perda de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento

Considerações gerais

Para o gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água, a energia elétrica é utilizada na operação do sistema, para a iluminação das áreas administrativas e para serviços auxiliares. Para a operação do sistema, a energia elétrica é utilizada desde a captação de água até a distribuição aos consumidores.

A Sabesp que teve um consumo de 2.087GWh, em 2005, correspondendo a 2,1% do consumo anual de energia elétrica do estado de São Paulo, teve a seguinte distribuição no consumo de energia elétrica:

- motores: 90%;
- serviços auxiliares: 7,5%;
- iluminação: 2,5%.

Segundo Ormsbee e Walki (1989) e Reheis e Griffin (1984), as elevatórias em sistemas de abastecimento de água nos Estados Unidos, representaram cerca de 90% do consumo total de energia elétrica. Para Little (1976), aproximadamente, 7% do total de energia elétrica consumida nos Estados Unidos são utilizados pelas empresas municipais de água.

Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água

Em instalações de sistemas de abastecimento de água com equipamentos eletromecânicos, haverá consumo de energia elétrica. Portanto, as partes constituintes do sistema de abastecimento munidas desses equipamentos são:

- *Estação elevatória de água bruta:* essa instalação geralmente é responsável pelo maior consumo de energia elétrica do sistema de água, pois os mananciais estão localizados distantes da área de consumo, as alturas de recalque são grandes e as bombas recalcam as maiores vazões do sistema;
- *Estação de tratamento de água (ETA):* há diversos equipamentos que consomem energia, tais como: bomba dosadora de produtos químicos, equipamentos de mistura rápida, equipamentos de floculação, bombas de lavagens de filtros, bombas para recalque de águas de utilidades, bombas para remoção de lodo, bombas para recuperação da água de lavagem dos filtros etc. Normalmente, o consumo na ETA não é tão significativo em comparação com os demais usos em outras instalações.
- *Estação elevatória de água tratada:* são utilizadas em centros de reservação para o bombeamento de água do reservatório enterrado/semi-enterrado/apoiado para o reservatório elevado. Essas elevatórias também são utilizadas para o reforço de vazão e/ou pressão, e neste caso são denominadas de elevatórias tipo *booster* ou estação pressurizadora.

Redução do consumo e das despesas com energia elétrica

As despesas com energia elétrica em sistemas de abastecimento de água podem ser diminuídas das seguintes formas:

- com redução do consumo de energia;
- sem redução do consumo de energia.

As principais oportunidades de uso eficiente de energia elétrica, com a diminuição das perdas de energia e, conseqüentemente, das despesas com energia elétrica são:

- tarifação imprópria e falhas administrativas;
- falhas de ajustes de equipamentos;
- potência dos equipamentos;
- falta ou falhas de controle operacional.

Todas as questões relativas à redução do consumo e despesas de energia elétrica serão detalhadas nos itens sobre ações administrativas e operacionais.

QUESTÕES

1. Como você observa as perdas de água em sistemas de abastecimento?
2. Em um sistema de abastecimento de água, que tipos de perdas podem ser identificadas? Mostre a origem dessas perdas.
3. Que métodos possibilitam a avaliação das perdas?
4. Escreva sobre os indicadores de perdas.
5. Disserte sobre a classificação dos vazamentos, suas características e principais causas.
6. Conceitue as perdas aparentes, suas causas e ocorrências.
7. Como avaliar as perdas reais e aparentes?
8. Como podem ser observadas as perdas de energia elétrica em sistemas de abastecimento?
9. Que relação você observa entre as perdas de água e de energia elétrica em sistemas de abastecimento?

PROCEDIMENTOS TÉCNICOS PARA O COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA

Combate às Perdas de Água

Ações para a redução de perdas reais

As perdas reais podem ser reduzidas através de quatro ações principais, conforme mostra a Figura 13.

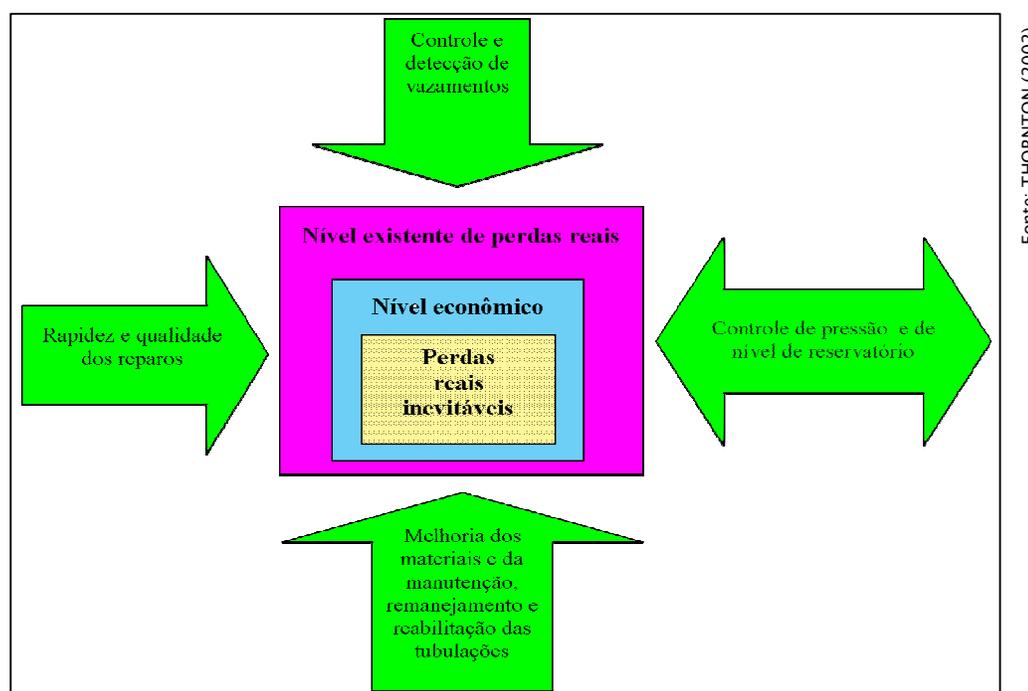


Figura 13. Ações para o controle de perdas reais.

Controle de pressão

O controle de pressão é fundamental para a redução de perdas reais em um sistema de abastecimento de água, pois a pressão é o principal fator que influencia o número de vazamentos e a vazão desses vazamentos.

A solução para o problema de pressões é o zoneamento piezométrico, ou seja, a divisão de um setor de abastecimento em zonas com comportamento homogêneo dos planos de pressão. Esses planos piezométricos podem ser definidos pela cota do nível d'água de um reservatório, pela cota piezométrica resultante de uma elevatória, ou *booster*, ou de uma válvula redutora de pressão.

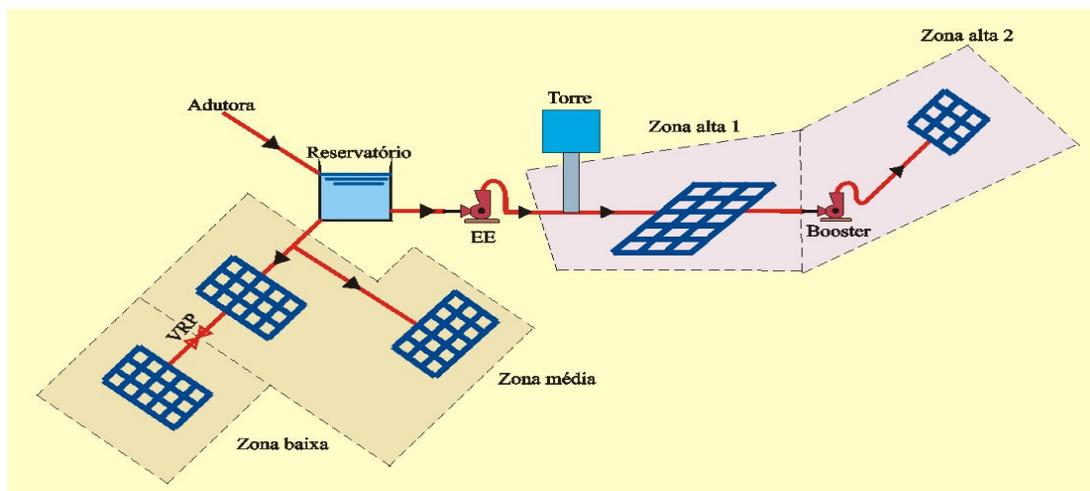
- *Setorização*

A setorização de um sistema de abastecimento é definida a partir de um reservatório apoiado ou enterrado abastecendo a zona baixa, e o reservatório elevado abastecendo a zona alta. Desta forma, ficam estabelecidas as chamadas zonas de pressão, sendo que as pressões dentro da zona oscilam com os níveis de água dos reservatórios.

A setorização é uma das principais formas de controle de pressão. A setorização proporciona a divisão da área de abastecimento em áreas menores, denominadas subsetores, através de delimitação natural do sistema, ou por meio do fechamento de válvulas de manobra.

Em alguns casos, a setorização não é completamente eficiente, em termos de limitação das pressões de operação, sem a implantação de válvulas redutoras de pressão, ou de *boosters*, no sistema. A tarefa em manter o controle de pressão, apenas pela setorização, diz respeito ao esforço em manter estanques os registros limítrofes de fronteira. Atualmente, sistemas de monitoramento por telemetria são utilizados para fornecer o *status* do registro ao operador do sistema.

A Figura 14 apresenta um desenho esquemático mostrando a setorização através de reservatório, torre, *booster* e válvula redutora de pressão.



Fonte: TSUTUYA (2004).

Figura 14. Setorização de um sistema de abastecimento de água.

- *Válvulas redutoras de pressão*

A válvula redutora de pressão (VRP) é um dispositivo mecânico que permite reduzir, automaticamente, uma pressão variável de montante a uma pressão estável de jusante. O mecanismo de controle de uma VRP pode ser mecânico ou eletrônico. No caso de controle mecânico da válvula, a regulagem previamente determinada é fixa, ou seja, garante uma pressão de jusante pré-estabelecida independentemente das condições de vazão e pressão de

montante. Em se tratando de controle eletrônico, a atuação da VRP é feita através de programas pré-estabelecidos, que permitem monitorar e controlar as vazões e as pressões, garantido as condições adequadas de abastecimento ao longo das 24 horas do dia.

Existem vários tipos de válvulas no mercado, sendo que as principais são:

- VRP com saída fixa: limita a pressão de jusante em um valor pré-estabelecido de acordo com os parâmetros de regulagem fixados pelo circuito de pilotagem;
- VRP com proporção fixa: limita a pressão de saída em uma proporção fixa da pressão de entrada da válvula;
- VRP modulada pela vazão: opera com pressão de saída variável modulada pela vazão configurada para manter um valor constante de pressão no ponto crítico do sistema;
- VRP modulada pelo tempo: opera com pressão de saída variável modulada pelo tempo onde às pressões de entrada são reduzidas em períodos específicos num ciclo de 24 horas.

A correta escolha do tipo de válvula e do tipo de controle depende de alguns fatores: tamanho e complexidade do sistema de distribuição; conseqüências da redução de pressão; custo de instalação e manutenção; previsão da economia de água; condição mínima de serviço.

A Figura 15 apresenta a válvula tipo diafragma que tem sido uma das mais utilizadas para a redução de pressão. Esse tipo de válvula cria uma restrição que provoca a perda de carga entre a entrada e a saída da válvula, onde o nível de perda de carga depende da vazão e da posição do diafragma.

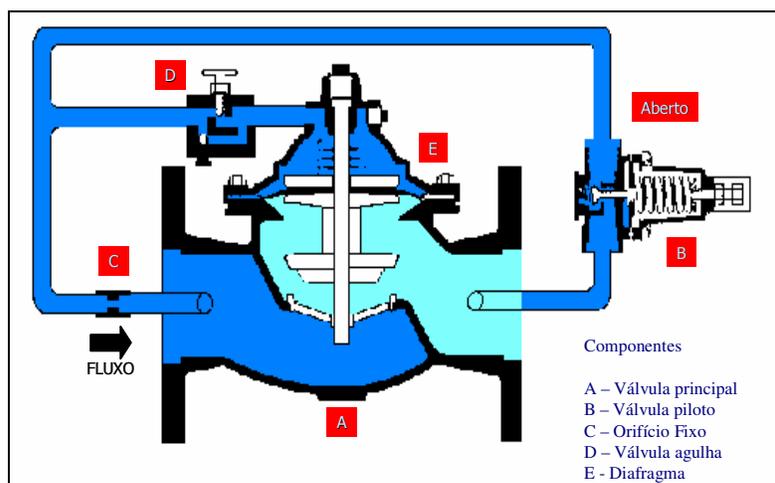
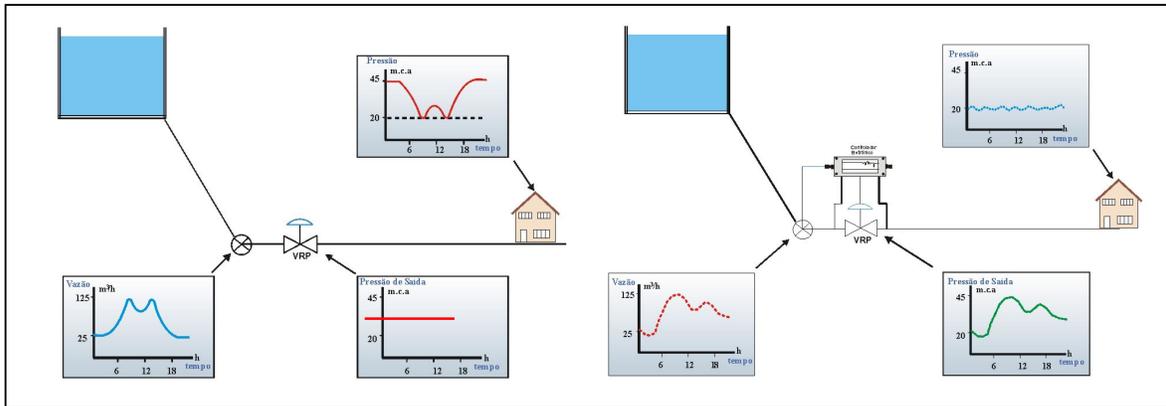


Figura 15. Válvula redutora de pressão, tipo diafragma.

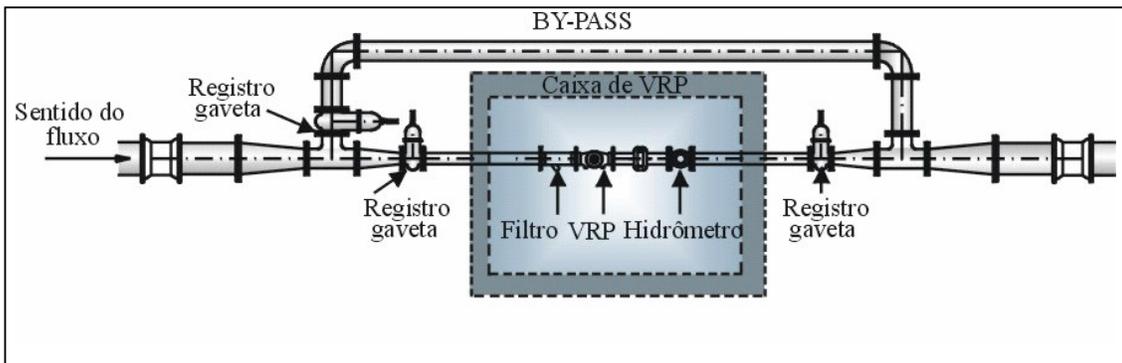
A válvula redutora de pressão pode ser configurada para atuar com pressão de saída fixa, ou seja, deverá restringir e manter a pressão à jusante a uma proporção fixa da pressão de montante. Nelas pode-se acoplar um controlador eletrônico, combinado com uma adaptação à válvula piloto, de forma a funcionar como VRP com pressão de saída variável modulada pela vazão ou pelo tempo. A Figura 16 apresenta essas configurações.



Fonte: BBL (1999).

Figura 16. Controle de pressão: VRP com saída fixa e VRP com modulação pela vazão.

As VRPs normalmente são instaladas em um by-pass da tubulação principal, guarnecidas por registros de bloqueio a montante e a jusante para as manutenções. Na tubulação principal também é instalado um registro para trabalhar geralmente fechado, só sendo aberto em situações de manutenção ou alguma emergência operacional a jusante. A Figura 17 ilustra um exemplo de instalação de uma VRP e a Figura 18 apresenta a VRP instalada em sistema operado pela Sabesp.



Fonte: TARDELLI FILHO (2004).

Figura 17. Esquema de instalação de uma VRP.



Fonte: ZANIBONI E SARZEDAS (2007).

Figura 18. Instalação de um VRP.

Diversos estudos têm sido realizados com a utilização das VRPs, e geralmente em todos os casos, os resultados são excelentes e pode-se concluir que a VRP é um equipamento adequado, tanto do ponto de vista técnico, como econômico, para a redução efetiva de perdas reais. A Figura 19 apresenta um dos estudos realizados pela Sabesp com a utilização da VRP.

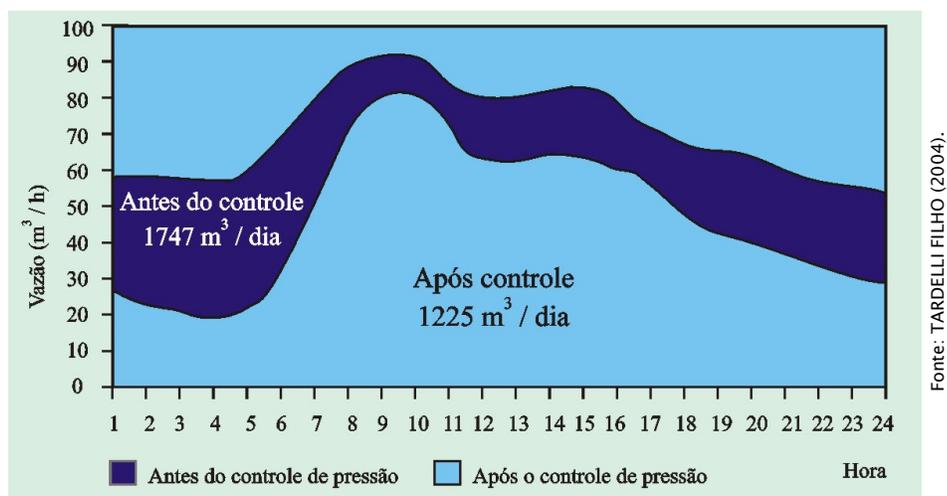


Figura 19. Resultados da redução de pressão com a utilização de uma VRP.

Booster

O *booster* tem sido utilizado para abastecer áreas que não podem ser atendidas pelos reservatórios, devido à insuficiência de pressões. Entretanto, com o uso de inversor de frequência, o *booster* é utilizado para controle de pressão, por permitir manter constante a pressão de saída, qualquer que seja a vazão de jusante e pressão a montante. A regulagem da pressão de saída do *booster* é fator importante na operação desse equipamento, pois a perda real aumenta com o aumento da pressão.

A Figura 20 apresenta um esquema geral da instalação de *booster* em um subsetor, em planta e perfil e a Figura 21 apresenta um *booster* em funcionamento na Região Metropolitana de São Paulo.

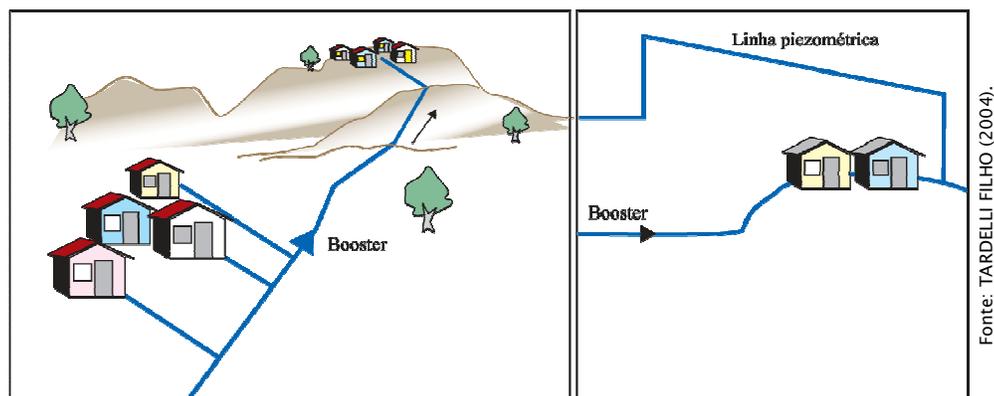


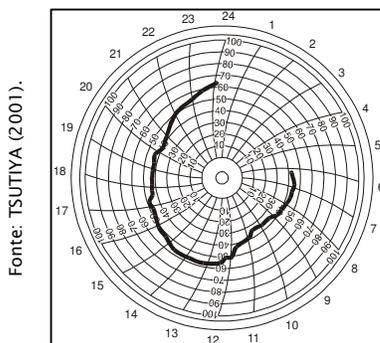
Figura 20. Esquema geral de implantação de *booster* na rede.



Fonte: ZANIBONI E SARZEDAS (2007).

Figura 21. *Booster* em operação na Região Metropolitana de São Paulo.

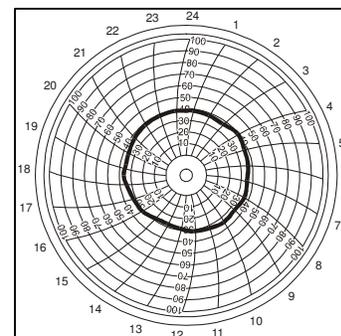
Pesquisa elaborada por Cassiano Filho e Freitas (2001) no sistema de abastecimento de água da cidade de Lins, interior do Estado de São Paulo, comparando a utilização de bomba de rotação constante com bomba com inversor de frequência, abastecendo a mesma área, conclui que a variação de pressão para bomba de rotação constante foi de 15 a 33 m.c.a., e para bomba com inversor de frequência, de 19 a 21m.c.a. As Figuras 22 e 23 ilustram as variações de pressões ocorridas no sistema com a utilização desses equipamentos.



Fonte: TSUTIYA (2001).

Figura 22. Variação de pressão em função do tempo, na rede de distribuição de água com o uso de conjunto motobomba de rotação constante.

Figura 23. Variação de pressão em função do tempo, na rede de distribuição de água com o uso de conjunto motobomba com inversor de frequência.



Fonte: TSUTIYA (2001).

Controle ativo de vazamentos

A metodologia mais utilizada para o controle ativo de vazamentos é a pesquisa de vazamentos não-visíveis realizada através de métodos acústicos de detecção de vazamentos. Observa-se que, o controle ativo se opõe ao controle passivo, que consiste na atividade de reparar os vazamentos apenas quando se tornam visíveis.

O princípio básico da detecção acústica é ouvir o ruído do vazamento. Para isso são utilizados os seguintes equipamentos:

- *Haste de escuta*

É um equipamento composto de um amplificador mecânico ou eletrônico, acoplado a uma barra metálica (Figura 24), destinada a captar ruídos de vazamentos em acessórios da rede de distribuição de água (cavaletes, registros, hidrantes etc.). Como se observa na Figura 24, a sua tecnologia é muito simples, sendo largamente utilizado pelos operadores de sistemas de abastecimento de água.



Fonte: ZANIBONI E SARZEDAS (2007).

Figura 24. Haste de escuta.

- *Geofone*

O geofone pode ser eletrônico ou mecânico. O geofone eletrônico é um detector acústico de vazamentos composto de sensor, amplificador, fones de ouvido e filtros de ruídos, destinado a identificar os ruídos de vazamentos a partir da superfície do solo ou em contato com acessórios da rede. A técnica consiste em percorrer o caminhamento da tubulação de água com o geofone e observar variações sonoras próximas à posição do vazamento, de modo que o local onde o ruído apresentar maior intensidade é o ponto abaixo do qual se encontra o vazamento não-visível. O geofone mecânico é um equipamento mais simples, sem filtros de ruídos e têm aplicação mais restrita. A Figura 25 ilustra o geofone mecânico e eletrônico e sua aplicação.



Fonte: ZANIBONI E SARZEDAS (2007).

Figura 25. Geofone mecânico, eletrônico e aplicação.

Correlacionador de ruídos

É um equipamento acústico, composto de uma unidade processadora, de um pré-amplificador e de sensores, e serve para identificar a posição do vazamento entre dois pontos determinados de uma tubulação (Figura 26). Esse equipamento é mais sofisticado, sendo normalmente utilizado para encontrar vazamentos em trechos onde o uso do geofone é difícil ou para confirmar algum apontamento do geofone.



Fonte: ZANIBONI E SARZEDAS (2007).

Figura 26. Correlacionador de ruídos.

O princípio de funcionamento desse equipamento se baseia no ruído característico gerado por vazamento, que é captado por meio de sensores sonoros instalados em pontos de acesso à tubulação, como: registros, hidrantes, ramais prediais, ventosas e outros. A metodologia utilizada para a localização precisa do vazamento está embasada no fato das ondas sonoras geradas pela fuga da água se propagam nos dois sentidos da tubulação. A correlação é baseada na diferença de tempo que o ruído do vazamento leva para atingir cada um dos sensores. Essa diferença de tempo é denominada tempo de retardo. Assim sendo, a partir do comprimento da tubulação entre os sensores, da velocidade de propagação da onda e do tempo de retardo é possível determinar a localização do vazamento. O princípio de funcionamento do correlacionador de ruídos é representado na Figura 27.

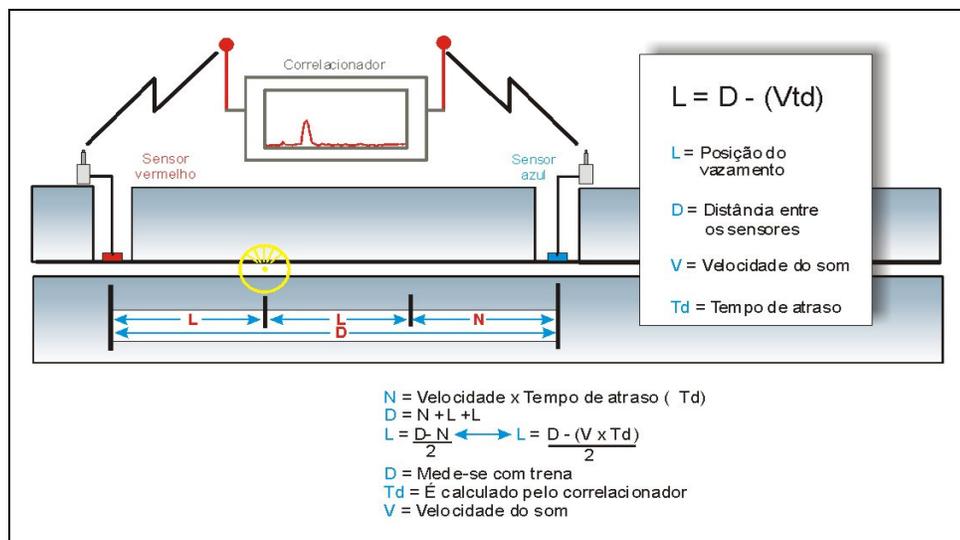


Figura 27. Princípio de funcionamento do correlacionador de ruídos.

Rapidez e qualidade de reparo

Conhecido o local, os vazamentos visíveis e não-visíveis devem ser reparados rapidamente, entretanto, é necessário que este trabalho seja feito com qualidade, ou seja, utilização de mão-de-obra devidamente treinada e materiais adequados.

O tempo de reparo é um dos itens do gerenciamento de perdas que as prestadoras de serviços de saneamento mais controlam, pois quanto mais rápido o reparo, menor a perda real e, conseqüentemente, as perdas totais. Além disso, o tempo de reparo está associado à imagem da prestadora perante a população, significando que quanto menor o tempo de reparo, maior a eficiência da prestadora.

Para Tardelli Filho (2004), as condições de infra-estrutura e de logística requeridas a uma boa gestão para o reparo de vazamentos envolvem os seguintes aspectos:

- existência de linhas telefônicas diretas entre os clientes e a prestadora de serviços de saneamento para comunicação da ocorrência de vazamentos ou de problemas operacionais;
- controle ativo de vazamentos;
- equipes próprias ou contratadas bem treinadas e equipadas;
- existência de um sistema de programação e controle dos reparos de vazamentos;
- emprego de materiais de qualidade;
- sistema de gerenciamento e controle de resultados, contemplando a redução de perdas reais conseguida, o levantamento de re-trabalhos e demais indicadores pertinentes.

Na Região Metropolitana de São Paulo o tempo médio de reparo de vazamentos era de 72 horas em 1995, e nos dias atuais, esse valor é inferior a 20 horas, em média. Observa-se que na

RMS, a Sabesp tem reparado cerca de 1.000 vazamentos por dia, dos quais 10% na rede e 90% nos ramais prediais, sendo que destes 90%, quase a metade dos vazamentos são nos cavaletes (SABESP, 2004).

Gerenciamento da infra-estrutura

Como as tubulações são os principais componentes do sistema de abastecimento de água responsáveis pelos vazamentos, o gerenciamento de infra-estrutura está diretamente relacionado ao conhecimento dessas tubulações, sendo importante identificar: idade, tipo de material, manutenção preditiva e preventiva, procedimento de trabalho, treinamento etc.

Os programas de manutenção mais freqüentes empregados para combate às perdas são o controle da corrosão e a substituição de tubulações. Assim, como qualquer outro componente que causa perda em sistema de abastecimento, as razões para a existência da corrosão são variadas e complexas, por isso devem ser estudadas individualmente. Quanto aos outros métodos utilizados para melhoria da infra-estrutura do sistema, a manutenção periódica, a substituição e a reabilitação de tubulações podem efetivamente aumentar a vida útil da tubulação, em maior, ou menor grau dependendo do processo utilizado (ARIKAWA, 2005).

Síntese das ações para o controle e redução de perdas reais

Tardelli Filho (2004) sintetiza na Figura 28 as principais ações para controle e redução de perdas reais.

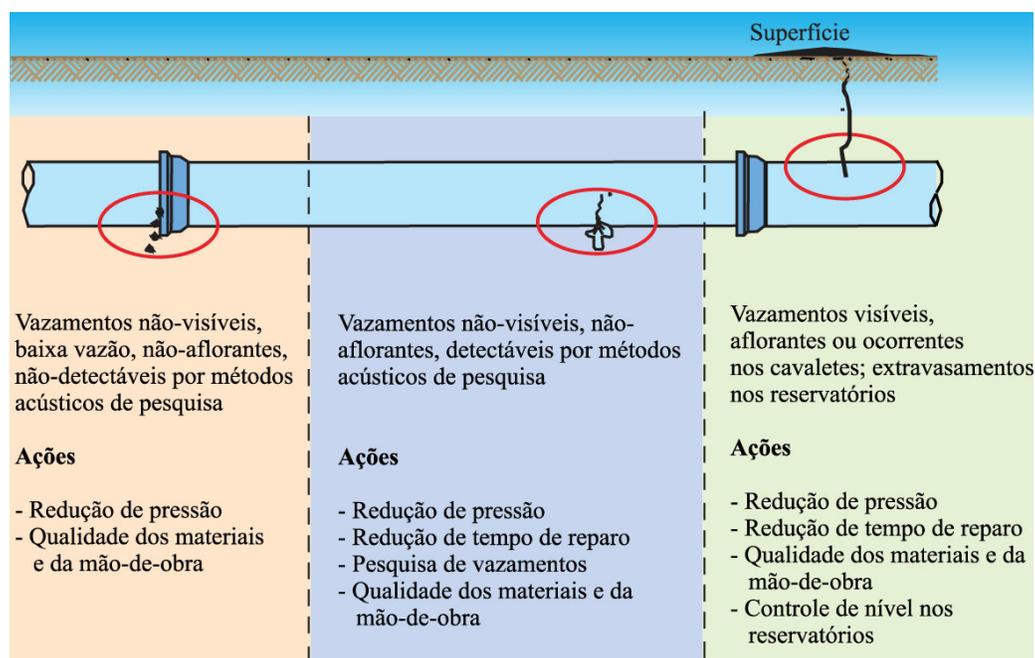


Figura 28. Síntese das ações para o controle e redução de perdas reais.

Ações para a redução de perdas aparentes

As principais ações para o controle e redução de perdas aparentes são apresentadas na Figura 29.

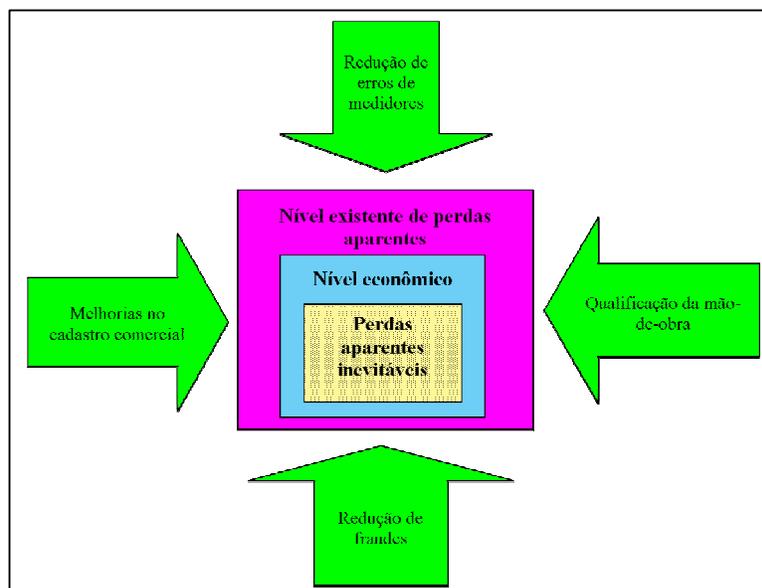


Figura 29. Ações para o controle de perdas aparentes.

O efeito das perdas aparentes na gestão da empresa tem caráter financeiro que incide diretamente no preço de venda da água tratada ao consumidor. Esse efeito tem ainda conseqüências mais sérias quando associado a um outro fator importante relativo ao volume faturado de esgotos, o qual, geralmente, é faturado a partir do volume de água medida. Portanto, em locais onde há rede de esgotos, uma unidade de volume recuperado de perdas aparentes significa duas unidades de volume faturado (água + esgoto).

Como o controle de perdas aparentes não influi no consumo de energia elétrica, serão apresentadas, resumidamente, algumas considerações a respeito das quatro principais ações para o controle e redução de perdas aparentes:

- *Redução de erros de medidores*

A redução de erros de medidores tem como ações principais: a especificação e o dimensionamento corretos dos medidores instalados no sistema adutor, assim como, os medidores do sistema distribuidor e dos consumidores; a instalação adequada dos medidores; a manutenção preventiva e corretiva dos hidrômetros; a leitura correta dos hidrômetros.

- *Qualificação da mão-de-obra*

A qualificação da mão-de-obra envolve a seleção e o treinamento especializado dos profissionais que fazem a leitura dos hidrômetros, a gestão comercial, e a instalação, calibração e manutenção dos medidores.

- *Redução de fraudes*

A redução de fraudes envolve as ações de inspeção de ligações suspeitas de haver interferência na contabilização do consumo de água e as medidas de coibição dessa prática.

- *Melhorias no sistema comercial*

A gestão comercial de uma prestadora de serviços de saneamento compreende todo o aparato de processos, sistemas informatizados e recursos humanos que permite a contabilização dos consumos de água tratada e seu faturamento.

As principais medidas preventivas e corretivas utilizadas pelas prestadoras de serviços de saneamento para o controle e redução de perdas aparentes é apresentada na Figura 30.

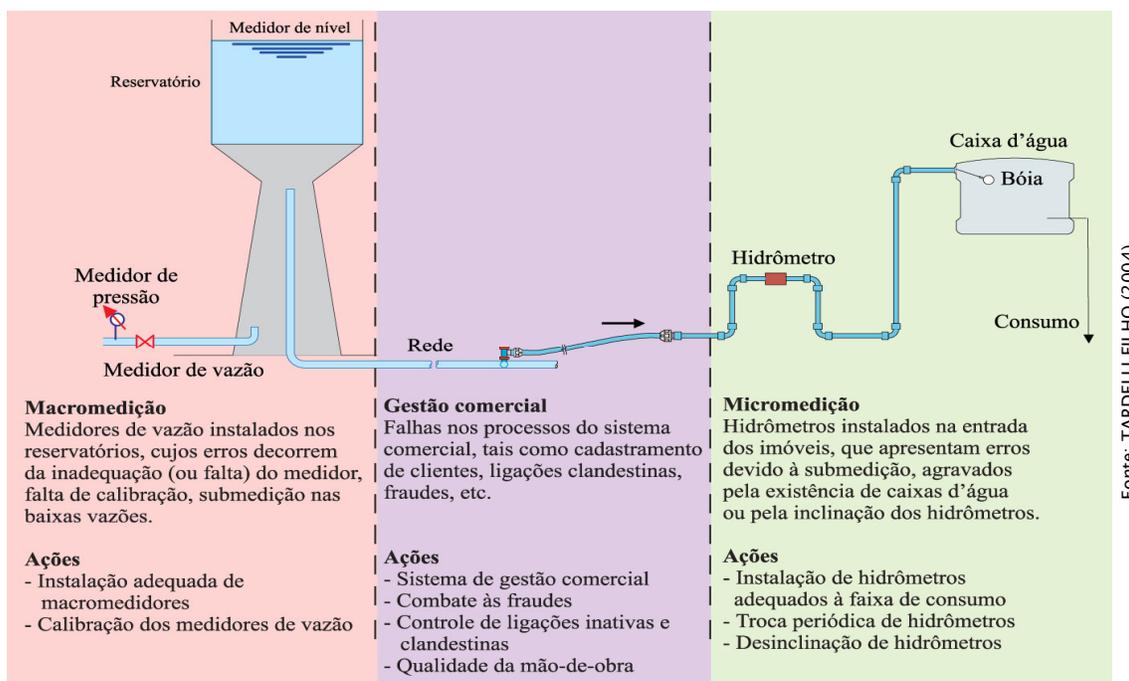


Figura 30. Síntese das ações para o controle e redução de perdas aparentes.

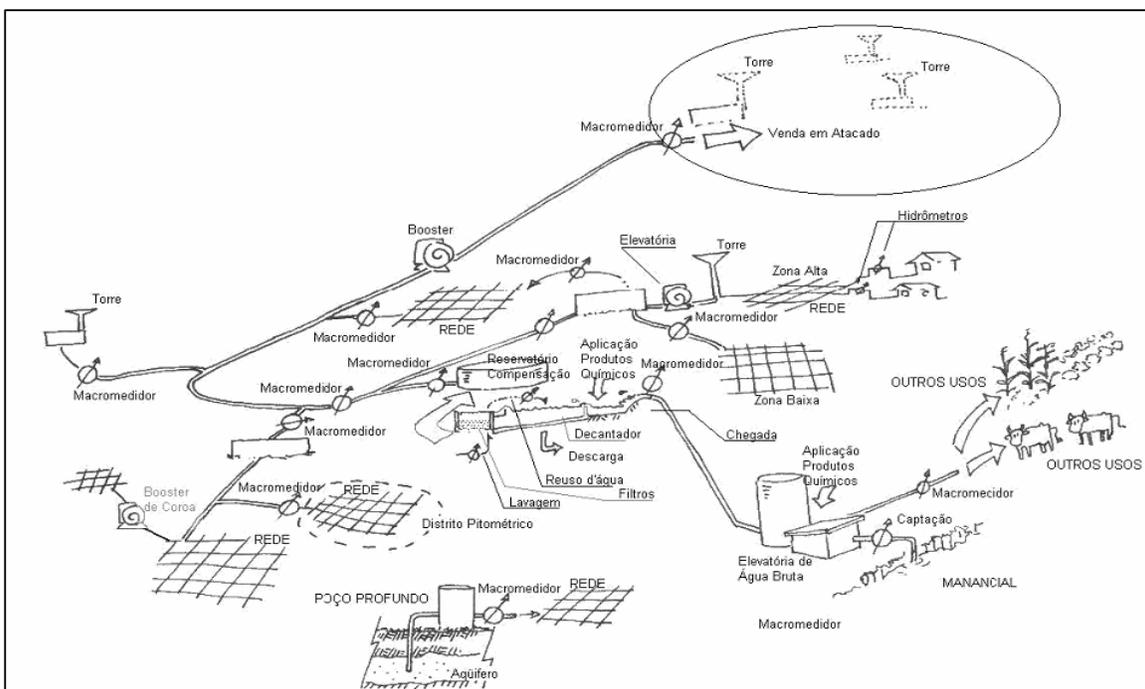
Macromedição

Macromedição é o conjunto de medições de vazão, pressão e nível de reservatório realizadas nos sistemas de abastecimento de água, desde a captação no manancial até imediatamente antes do ponto final de entrega para o consumo. Os pontos de medição podem ser permanentes ou temporários, monitoradas à distância ou localmente.

A macromedição gera os números que serão referenciais de todas as análises de perdas no sistema de abastecimento de água e, geralmente, são instalados nos seguintes locais:

- captação de água bruta;
- tratamento de água e/ou poços produtores;
- centros de reservação e distribuição e/ou estações elevatórias de água;
- derivações de adutoras/subadutoras.

A Figura 31 apresenta uma ilustração dos pontos de aplicação de macromedidores em um sistema de abastecimento de água.



Fonte: NIIDA (1998).

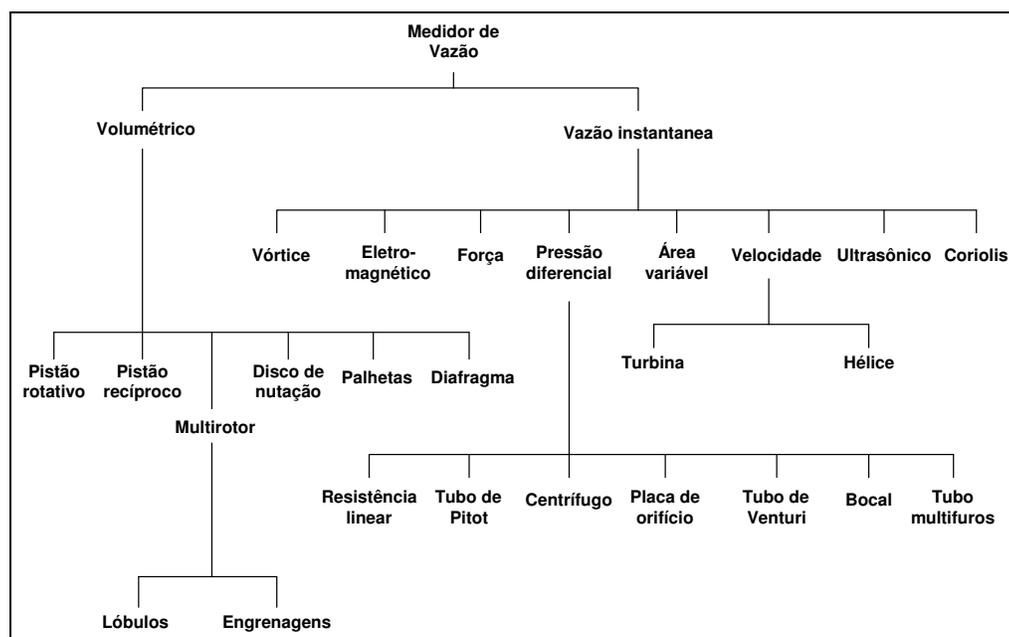
Figura 31. Locais para instalação de macromedidores em um sistema de abastecimento de água.

Para Taira (2007), as empresas de saneamento enfrentam três problemas graves nas redes de abastecimento de água: índices de perdas elevados; desperdício de energia elétrica devido às perdas, e desconhecimento sobre os erros e incertezas das medições realizadas nos sistemas produtores (ETAs e poços) e nas redes de abastecimento de água. Nesse setor, as medições de vazão realizadas em dutos de grandes dimensões (de até 4000mm de diâmetro) apresentam grandes dificuldades técnicas e são realizadas de maneira não atualizada, pois não foram ainda incorporadas técnicas e metodologias de medição avançadas e nem são realizados cálculos de incertezas e de erros cometidos na medição. Os níveis de incerteza são normalmente superiores a 5% e, freqüentemente, maiores que 12%.

A situação metrológica atual do sistema de saneamento é crítica no Brasil com relação à qualidade dos dados disponíveis sobre os macromedidores das ETAs e dos sistemas de distribuição, seu uso e procedimentos de calibração, principalmente devido à impossibilidade de retirada dos medidores de suas instalações para calibração em laboratório, dado o custo operacional envolvido no bloqueio da rede.

Tipos de medidores de vazão

Os medidores de vazão podem ser classificados segundo várias concepções, sendo que uma delas é apresentada na Figura 32.



Fonte: PEREIRA (1987).

Figura 32. Classificação dos medidores de vazão.

Para Alves *et al.* (2007) os medidores de vazão podem ser classificados em:

- Medidores de vazão para condutos abertos:
 - calhas e vertedores;
 - medidores eletrônicos (ultra-sônicos e eletromagnéticos).
- Medidores de vazão para condutos fechados:
 - medidores por diferença de pressão (venturi, bocais);
 - medidores tipo turbina (multijato e monojato, tipo Woltmann, composto e proporcionais);
 - medidores estáticos ou eletrônicos (eletromagnético, ultrasônico)
- Medidores de velocidade de escoamento ou de inserção:
 - tubo de Pitot;
 - molinete;
 - medidores de inserção magnético e ultrasônico.

A escolha do tipo de medidor depende das condições locais, operacionais e da importância do ponto a medir. Para todos é fundamental a calibração do medidor, feita em bancada ou no próprio local da instalação em campo. Para Taira (2007), deve-se levantar os fatores apresentados a seguir, para a correta decisão na seleção de um medidor:

- exigências e necessidades da medição;
- condições externas ao conduto;
- condições internas ao conduto;
- local da calibração;
- fatores econômicos;
- buscar o medidor ideal.

Principais medidores utilizados em sistemas de abastecimento de água

Os principais medidores de vazão utilizados em sistemas de abastecimento de água são (TAIRA, 2007):

- Medidores de vazão por diferencial de pressão (tubo de *Venturi*, *Dall* e variações) com diâmetros maiores que 300mm, sem qualquer calibração prévia em laboratório.
- Medidores eletromagnéticos.

Além desses medidores, também são utilizadas as sondas de inserção do tipo eletromagnético, ultra-sônicos e turbina (roda d'água ou rotor axial ao fluxo), ou mesmo medidor não intrusivo do tipo ultra-sônico *clamp-on* (por tempo de trânsito ou *doppler*). Esses sistemas alternativos de medição de velocidade não são padronizados e muitos deles são patenteados e, para tanto, é necessário, do ponto de vista metrológico, que haja uma calibração para cada diâmetro de tubulação. No caso dos medidores ultra-sônicos também há a necessidade de uma calibração para cada tipo de material de tubulação.

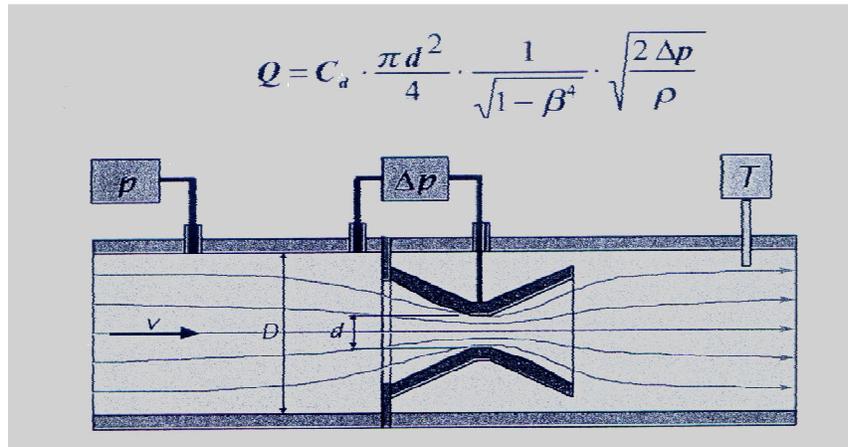
A seguir são apresentadas algumas características básicas dos principais medidores utilizados em sistemas de abastecimento de água. Maiores detalhes de outros medidores são apresentados por Taira (2007), no livro *Abastecimento de Água - O Estado da Arte e Técnicas Avançadas*.

Medidor tubo Venturi

Este medidor é composto por um elemento primário que introduz uma restrição no escoamento da tubulação capaz de provocar um diferencial de pressão ΔP proporcional ao quadrado da vazão instantânea Q presente na tubulação, de forma similar a uma placa de orifício. A equação matemática para a vazão, é dada por:

$$Q = C_d \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} \quad (5)$$

Onde: Q é a vazão volumétrica; C_d é o coeficiente de descarga; d é o diâmetro interno da garganta do tubo de Venturi; D é o diâmetro interno do tubo; ΔP é o diferencial de pressão e ρ é a massa específica do fluido medido. A Figura 33 apresenta detalhes do medidor tubo Venturi.



Fonte: ZANIBONI e SARZEDAS (2007).

Figura 33. Medidor de vazão tipo Venturi (vista interna).

As principais vantagens e desvantagens do medidor tubo Venturi são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5. Medidor tubo Venturi: vantagens e desvantagens.

Vantagens	Desvantagens
Relativamente baratos	Exatidão pobre (da ordem de 2%)
Conhecidos a cerca de 2 séculos	Provocam perda de carga
Resistentes (não tem peças móveis)	Sensíveis ao perfil do escoamento
Não requerem calibração freqüente	Range limitado (1:3 ou 1:4)
Tem resposta rápida em escoamentos pulsantes ou intermitente	Depende da qualidade da medida de pressão
Leitura direta de vazão (controle)	Perda de exatidão com o tempo (incrustações)

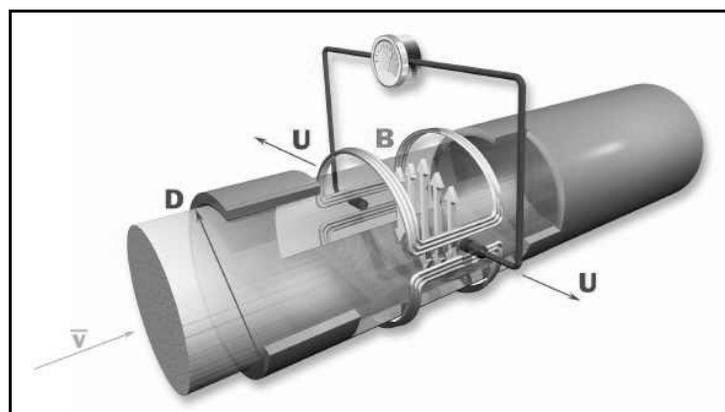
Fonte: TAIRA (2007).

Medidor eletromagnético

Consiste em um tubo não magnético (Figura 34), coberto com material isolante, o qual produz um campo magnético através do tubo e, como o líquido deve ser condutor, é produzida uma força eletromotriz **E** entre dois eletrodos do medidor, segundo a Lei de *Faraday* de indução eletromagnética. Essa força é amplificada em um conversor que fornece um sinal de corrente proporcional à vazão, ou por meio de um sinal pulsado de freqüência, também proporcional à vazão. A equação matemática para a vazão é dada por:

$$E = \frac{(4 \cdot B)}{\pi \cdot D} \cdot Q \quad (6)$$

onde: **B** é o módulo do campo magnético; **D** é o diâmetro do tubo e **Q** é a vazão.



Fonte: TAIRA (2007).

Figura 34. Medidor de vazão tipo eletromagnético (vista interna).

As vantagens e desvantagens desse tipo de medidor são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6. Medidor eletromagnético: vantagens e desvantagens.

Vantagens	Desvantagens
Medidor de tecnologia bem desenvolvida e confiável	Interferência de ruídos de fontes eletromagnéticas e da rede elétrica (necessita aterramento)
Sem partes móveis	Medidor altamente suscetível ao perfil de velocidades
Boa rangeabilidade (10 até 100:1)	Exige trechos retos: >10D a montante e >5D a jusante
Diâmetros entre 1/10" até 80"	Exige calibrações sistemáticas
Repetitividade $\pm 0,1\%$ da leitura até $\pm 2,0\%$ do FS (fundo de escala)	Fluidos com condutibilidade elétrica entre 0,05 até 20 mS/cm
Bom tempo de resposta > 0,2 segundos	Problemas com eletrodos
Perda de carga desprezível	
Opera com escoamento bidirecional	

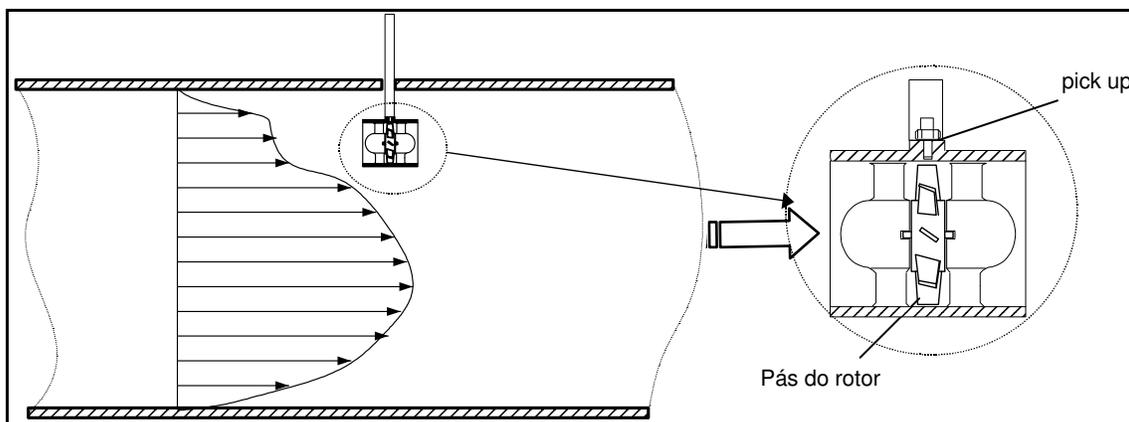
Fonte: TAIRA (2007).

Medidor turbina de inserção

Neste medidor o escoamento do fluido provoca a rotação do rotor da turbina. A velocidade angular da pá é proporcional à velocidade do fluido, conforme indicado na Figura 35. A equação que representa esse efeito é dada por:

$$V = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot \cot \alpha \quad (7)$$

Onde: V é a velocidade do fluido; r é o raio médio do rotor da turbina; α é o ângulo entre o eixo do rotor e a roda do parafuso em r ; e n é o número de revoluções por unidade de tempo. No Quadro 7 estão relacionadas as vantagens e desvantagens do medidor turbina de inserção.



Fonte: TAIRA (2007).

Figura 35. Medidor de vazão tipo turbina de inserção.

Quadro 7. Medidor de vazão tipo turbina de inserção: vantagens e desvantagens.

Vantagens	Desvantagens
Um dos medidores mais versáteis e de larga faixa de operação disponíveis atualmente	Fluido limpo
Normalmente utilizado em medições de grandes vazões	Medidor que incorpora partes móveis (desgaste)
Aplicável em tubulações de 1" a 50"	Sofre influência da temperatura devido à variação da viscosidade
Baixo custo	Exige calibrações sistemáticas
	Medidor altamente suscetível ao perfil de velocidades
	Exige trechos retos: > 10D a montante e > 5D a jusante
	Não é padronizado

Fonte: TAIRA (2007).

Micromedição

A micromedição refere-se à medição do volume consumido pelos clientes das prestadoras de serviços de saneamento, cujo valor será objeto da emissão da conta a ser paga. Com o passar dos anos, o micromedidor (hidrômetro) tornou-se uma ferramenta imprescindível para as prestadoras, pois além de possibilitar uma cobrança mais justa do serviço prestado, ele serve de inibidor de consumo, estimulando a economia e fornecendo dados operacionais importantes sobre o volume fornecido ao usuário e vazamentos potenciais.

A micromedição está associada fortemente à precisão da medição, que depende da classe metrológica do medidor, do tempo de instalação, da forma como o medidor está instalado e do perfil de consumo. Medidores parados ou com indicações inferiores às reais, além da evidente perda de faturamento, elevam erroneamente os indicadores de perdas do sistema, pois apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, parte dela não está sendo contabilizada.

Hidrômetros

Os hidrômetros (Figura 36) são aparelhos destinados a medir e indicar a quantidade de água fornecida pela rede distribuidora a uma instalação predial. Constam geralmente de uma câmara de medição, um sistema de transmissão e uma unidade de conversão/totalização que registra num mostrador os volumes escoados através do mesmo.



Figura 36. Hidrômetro.

As principais vantagens e desvantagens da medição por hidrômetro são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8. Hidrômetros: vantagens e desvantagens.

Vantagens	Desvantagens
- Baixo custo	- Deve trabalhar com água limpa
- Fácil manutenção	- Medidor que incorpora partes móveis (desgaste)
- Rangeabilidade de até 280:1	Exatidão inferior com relação a outros medidores de vazão
- Tecnologia reconhecida e certificada pelo INMETRO	Perda de carga pode chegar a 10mca na vazão máxima

Classificação dos hidrômetros

Os hidrômetros são classificados de diversas formas, tais como (SHINTATE *et al.*, 2004):

- Classificação segundo o princípio de funcionamento da câmara de medição:
 - hidrômetro de volume;
 - hidrômetro de velocidade.
- Classificação segundo a disposição do sistema de transmissão:
 - transição totalmente mecânica;
 - transmissão magnética.
- Classificação segundo a disposição dos mecanismos:
 - relojoaria totalmente seca;

- relojoaria seca;
 - relojoaria úmida;
 - relojoaria úmida com totalizador imerso em meio próprio.
- Hidrômetros com saída pulsada
 - Hidrômetros eletrônicos
 - Hidrômetros híbridos
 - Hidrômetros eletromagnéticos

Os hidrômetros são ainda classificados pela sua classe metrológica, sendo estabelecida três classes: A, B e C. Elas correspondem, nesta ordem, a vazões mínimas de menor valor. Portanto, hidrômetros classe C têm maior capacidade de medição de vazões baixas que os hidrômetros classe B, e este por sua vez, maior que os de classe A.

De um modo geral, as prestadoras de serviços de saneamento têm utilizado o hidrômetro classe B. O hidrômetro classe A normalmente não tem sido utilizado, e o classe C devido o seu custo elevado, está sendo utilizado na RMSP em ligações com consumos mensais superiores a 18m³ (SABESP, 2004).

Critérios para a escolha do hidrômetro

Para a seleção do hidrômetro devem ser levados em consideração as condições reais de operação do medidor, e também, os seguintes fatores (ALVES *et al.*, 1999):

- qualidade de água;
- temperatura e pressão da água;
- condições de instalação;
- vazões de consumo.

O dimensionamento de um hidrômetro consiste em determinar o tamanho ou vazão nominal do aparelho que deverá ser instalado numa ligação específica. Isso é necessário quando se deseja instalar um medidor em uma nova ligação, ou quando se verificar em uma ligação existente que houve um dimensionamento inadequado ou ocorreram mudanças no perfil de consumo originalmente estimado.

A Tabela 17 apresenta o dimensionamento do hidrômetro em função do consumo provável de água.

Tabela 17. Dimensionamento do hidrômetro.

Consumo provável (m³/mês)	Hidrômetro Designação	Diâmetro do hidrômetro (mm)
0 – 240	1,5 e 3,0	20
241 – 400	5	20
401 – 800	7 e 10	25
801 – 1.600	20	40
1.601 – 2.400	30	50
2.401 – 3.600	300	50
3.601 – 7.200	1.100	80
7.201 – 12.000	1.800	100
12.001 – 36.000	4.000	150
36.001 – 90.000	6.500	200

Fonte: Adaptado de SABESP NTS 181 (2005).

Erros de medição dos hidrômetros

O hidrômetro é a maior fonte de evasão de volumes não-faturados das prestadoras de serviços de saneamento, sendo que as principais causas são apresentadas a seguir:

- O hidrômetro classe B, o mais utilizado, movimenta a turbina com vazões da ordem de 12 a 15L/h, enquanto que o hidrômetro classe C movimenta a turbina com uma vazão de, aproximadamente, 5L/h; portanto, o hidrômetro classe B não mede vazões muito pequenas.
- Os hidrômetros apresentam um decaimento do nível de precisão ao longo do tempo. Avalia-se, de forma geral, e sem contar com a influência de diversos fatores, que ocorra uma queda de precisão dos hidrômetros de 1% ao ano. Em termos de vida útil, estima-se que os hidrômetros de 1,5 a 3m³/h possam trabalhar entre 5 a 10 anos, dependendo das características qualitativas da água distribuída, do tipo de hidrômetro etc. Para a RMSP, a Sabesp reduziu a idade máxima dos hidrômetros de pequena capacidade de 8 para 4,5 anos, e o resultado dessa troca foi avaliado em ganho de cerca de 2m³/mês por hidrômetro trocado, em média (SABESP, 2004).
- Os hidrômetros apresentam uma curva típica de precisão, que varia com a vazão, sendo que o funcionamento ideal de um hidrômetro, com mais ou menos 2% de erro, é na faixa de vazão próxima à nominal, enquanto entre a vazão de transição e a vazão mínima há uma medição sobrevalorizada. Abaixo da vazão mínima, entretanto, há uma substancial queda de precisão, submedindo extremamente os volumes.
- A inclinação lateral do hidrômetro muitas vezes feita para que seja possível ler os números registrados no mostrador é causa de uma sensível queda de precisão.
- A qualidade da água distribuída, especialmente na ocorrência de óxidos oriundos da corrosão dos tubos;

- As características do perfil de consumo dos imóveis, onde dificilmente ocorrem vazões próximas à nominal dos hidrômetros, situando-se na maior parte das vezes na faixa inferior à vazão mínima.

Esse último fator é o mais importante na submedição dos hidrômetros, principalmente nos imóveis que têm caixa d'água domiciliar. O efeito caixa d'água faz com que as vazões que passam pelo hidrômetro sejam menores do que as ocorrentes no ponto de consumo interno da residência, devido ao amortecimento proporcionado pelo volume da caixa d'água. Sendo menores as vazões, elas geralmente se situam nas faixas inferiores da curva de precisão do hidrômetro, onde têm erros (negativos) muito mais significativos. Esse efeito é muito característico no Brasil, onde a instalação de caixas d'água domiciliares está arraigada na tradição da construção civil (TARDELLI FILHO, 2004).

QUESTÕES

1. Escreva sobre as técnicas utilizadas para a redução de perdas reais.
2. Disserte sobre as formas de controle de pressão.
3. Como proceder para o controle ativo de vazamentos?
4. Que procedimentos deve-se tomar para a redução de perdas aparentes?
5. O que você entende sobre macromedição?
6. Como podem ser classificados os medidores de vazão? Classifique-os e mostre os mais utilizados.
7. Relate o seu entendimento sobre micromedição.
8. Mostre a importância do hidrômetro.

AÇÕES ADMINISTRATIVAS PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água quanto aos Custos de Energia Elétrica

Para reduzir o custo de energia elétrica em um sistema de abastecimento de água há necessidade de implementar várias ações, iniciando-se com um diagnóstico do sistema existente, principalmente com a identificação dos pontos de uso excessivo de energia.

As principais atividades para o diagnóstico do uso de energia são:

- cadastro das instalações;
- acompanhamento e análise de contas;
- medições elétricas e hidráulicas;
- curvas dos equipamentos e sistemas;
- diagnóstico elétrico e hidráulico das instalações;
- redimensionamentos;
- estudo de alternativas econômicas.

A Figura 37 apresenta as ações iniciais para a economia de energia elétrica em uma instalação.

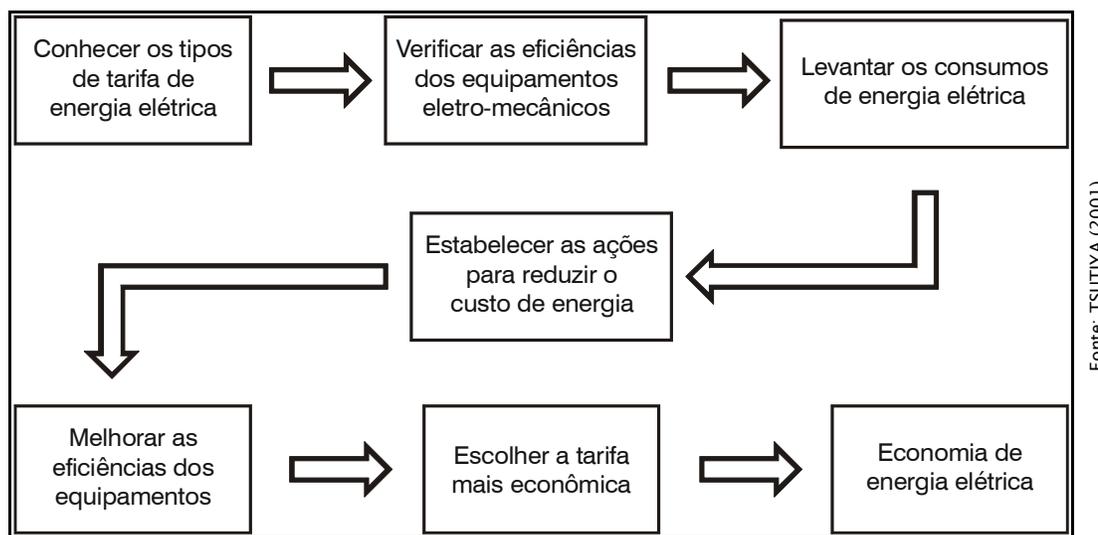


Figura 37. Ações iniciais para a redução de custo de energia elétrica em uma instalação.

Alternativas para a Redução do Custo de Energia Elétrica

A maioria dos métodos para a redução do custo de energia em sistemas de abastecimento de água, podem ser agrupadas em uma das seguintes categorias:

- conhecimento do sistema tarifário;
- redução da potência do equipamento;
- alteração do sistema operacional;
- automação do sistema de abastecimento de água;
- geração de energia elétrica.

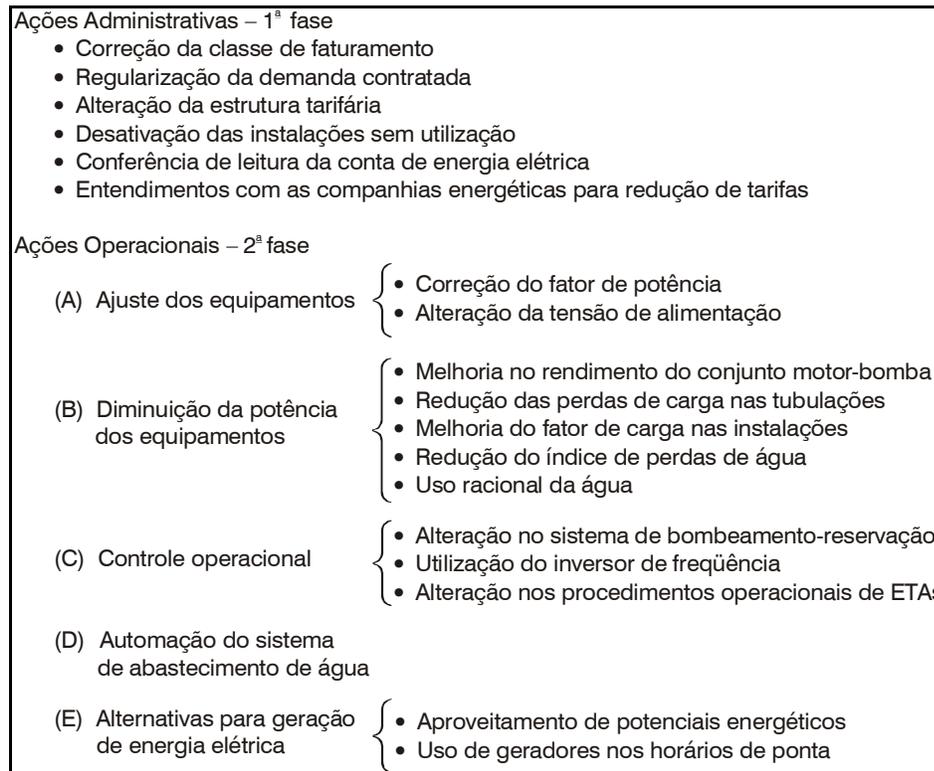
Essas alternativas podem ser consideradas, levando-se em conta, os seguintes aspectos:

- *Redução do custo sem diminuição do consumo de energia elétrica*
 - correção da classe de faturamento;
 - regularização da demanda contratada;
 - alteração da estrutura tarifária;
 - desativação das instalações sem utilização;
 - conferência de leitura da conta de energia elétrica;
 - negociação para a redução de tarifas com as companhias energéticas;
 - correção do fator de potência;
 - alteração da tensão de alimentação;
 - melhoria do fator de carga.
- *Redução do custo pela diminuição do consumo de energia elétrica*
 - redução das perdas de carga nas tubulações;
 - redução do volume de água bombeada;
 - melhoria nos rendimentos dos conjuntos motobomba.
- *Redução do custo pela alteração do sistema operacional*
 - alteração do sistema bombeamento-reservação;
 - utilização dos variadores de rotação nos conjuntos motobomba.
- *Redução do custo pela automação do sistema de abastecimento de água*
- *Redução do custo pela geração de energia elétrica*
 - aproveitamentos de potenciais energéticos;
 - uso de geradores nos horários de pico;
 - uso de energia alternativa.

A Figura 38 apresenta as principais ações para a redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água, dividida por fases:

- A primeira fase refere-se às ações administrativas que podem ser aplicadas sem nenhum custo para as empresas e, portanto, tem sido as mais utilizadas;

- A segunda fase são as ações operacionais e foram divididas em cinco sub-fases: ajuste de equipamentos, diminuição da potência dos equipamentos, controle operacional, automação e alternativas para geração de energia elétrica. Para executar essas fases há necessidade de investimentos.



Fonte: TSUTIYA (2001).

Figura 38. Ações básicas para redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

Ações Administrativas

Classificação

Consiste na verificação da classe em que se enquadra a instalação, pois as instalações classificadas como de água, esgoto e saneamento, gozam do desconto de 15% na tarifa.

Regularização da demanda contratada

Consiste na adequação da demanda contratada e registrada, a fim de se evitar pagamento de uma demanda não utilizada, ou ainda, no caso de tarifação horo-sazonal, da demanda de ultrapassagem.

Alteração da estrutura tarifária

Existem vários tipos de estrutura tarifária, permitindo em alguns casos, a opção do próprio consumidor pela que lhe proporciona maior economia. A escolha da tarifa de uma determinada instalação é normalmente definida através de simulações em *softwares* específicos, utilizando-se várias modalidades tarifárias. Também são utilizados *softwares* quando há necessidade de aumento de carga da instalação. O detalhamento da estrutura tarifária é apresentado no subitem “Tarifas de energia elétrica”.

Desativação

Trata-se do corte de ligação, uma vez que não esteja sendo utilizada, ou permaneça desativada por período superior a seis meses. Apesar de não haver consumo de energia ativa, paga-se o consumo mínimo em baixa tensão e, no caso de alta tensão, a demanda contratada.

Erro de leitura

É detectado a partir da conferência dos dados da conta de energia elétrica com os dados de campo das instalações. São erros comuns nas leituras de demanda, energia ativa, energia reativa e data de leitura. Em qualquer desses casos o erro poderá representar prejuízos irreversíveis.

Negociação com as companhias energéticas para a redução de tarifas e operações emergenciais

- *Redução de tarifas:* sendo as prestadoras de serviços de saneamento um grande consumidor de energia elétrica e com as privatizações das companhias energéticas, é possível estabelecer negociações para a redução das tarifas. Em várias instalações no Estado de São Paulo, já foi possível uma redução de tarifas para os sistemas de água e esgoto.
- *Operações emergenciais:* compreende as negociações mantidas com a concessionária de energia elétrica, quando da necessidade de efetuar operações emergenciais para recuperação de sistemas de abastecimento de água prejudicadas por irregularidades ou paradas imprevistas, bem como, por faltas prolongadas de energia elétrica.

Contrato de Fornecimento de Energia Elétrica

As condições gerais de fornecimento de energia elétrica, inclusive o contrato de fornecimento entre a concessionária e o consumidor, são estabelecidas através da Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000.

Para as unidades consumidoras do Grupo B, grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3kV, ou ainda, atendidas em tensão superior a 2,3kV, o contrato de adesão, destinado a regular as relações entre a concessionária e o responsável por unidade consumidora do Grupo B, deverá ser encaminhado ao consumidor até a data de apresentação da primeira fatura.

Para as unidades consumidoras do Grupo A, grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3kV, ou ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição, caracterizado pela estruturação tarifária binômia, o contrato de fornecimento a ser celebrado com consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo A, deverá conter, além das cláusulas essenciais aos contratos administrativos, outras que digam respeito a:

- identificação do ponto de entrega;
- tensão de fornecimento;
- demanda contratada, com respectivos cronogramas e, quando for o caso, especificado por segmento hora-sazonal;
- energia elétrica ativa contratada, quando for o caso;
- condições de revisão, para mais ou menos, da demanda contratada e/ou da energia ativa contratada, se houver;
- data de início do fornecimento e prazo de vigência;
- horário de ponta e fora de ponta, nos casos de fornecimento segundo a estrutura tarifária hora-sazonal;
- condições de aplicação da tarifa de ultrapassagem;
- critérios de recisão;
- metas de continuidade, com vistas a proporcionar a melhoria da qualidade dos serviços, no caso de contratos específicos.

O prazo de vigência do contrato de fornecimento deverá ser estabelecido considerando as necessidades e os requisitos das partes, e será de 12 meses, exceto quando houver acordo diferente entre as partes. Esse contrato poderá ser prorrogado automaticamente por igual período e assim sucessivamente, desde que o consumidor não expresse manifestação em contrário, com antecedência mínima de 180 dias em relação ao término de cada vigência.

A concessionária deverá renegociar o contrato de fornecimento, a qualquer tempo, sempre que solicitado por consumidor que, ao implementar medidas de conservação, incremento à eficiência e ao uso racional da energia elétrica, comprováveis pela concessionária, resultem em redução da demanda de potência e/ou de consumo de energia elétrica ativa. Essas medidas de conservação a serem adotadas, com as devidas justificativas técnicas, etapas de implantação, resultados previstos, prazos, proposta para a revisão do contrato de fornecimento e acompanhamento pela concessionária, deverá ser submetida à concessionária, que informará ao consumidor, no prazo de 45 dias, as condições para a revisão da demanda e/ou energia elétrica ativa contratadas, conforme o caso.

Tarifas de Energia Elétrica

Definições

A seguir, são apresentadas algumas definições básicas, que serão utilizadas para a melhor compreensão das tarifas de energia elétrica.

- *Demanda contratada*: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).
- *Demanda de ultrapassagem*: parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).
- *Demanda medida*: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).
- *Energia elétrica ativa*: energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).
- *Energia elétrica reativa*: energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampere-reativo-hora (kVArh).
- *Fator de potência*: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

Estrutura tarifária

A estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas de acordo com a modalidade de fornecimento, que pode ser em baixa tensão ou alta tensão.

Os consumidores do Grupo B (baixa tensão) têm tarifa monômnia, isto é, são cobrados apenas pela energia que consomem. Os consumidores do Grupo A (alta tensão) têm tarifa binômnia, isto é, são cobrados tanto pela demanda e pela energia que consomem. Esses consumidores podem enquadrar-se em uma das alternativas tarifárias:

- *Estrutura tarifária convencional*: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.
- *Estrutura tarifária horo-sazonal*: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:
 - a) *Tarifa Azul*: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano,

bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.

- b) *Tarifa Verde*: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.
- c) *Horário de ponta (P)*: período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico.
- d) *Horário fora de ponta (F)*: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
- e) *Período úmido (U)*: período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
- f) *Período seco (S)*: período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

A Figura 39 apresenta a estrutura tarifária elaborada conforme Resolução ANELL nº 456/2000.

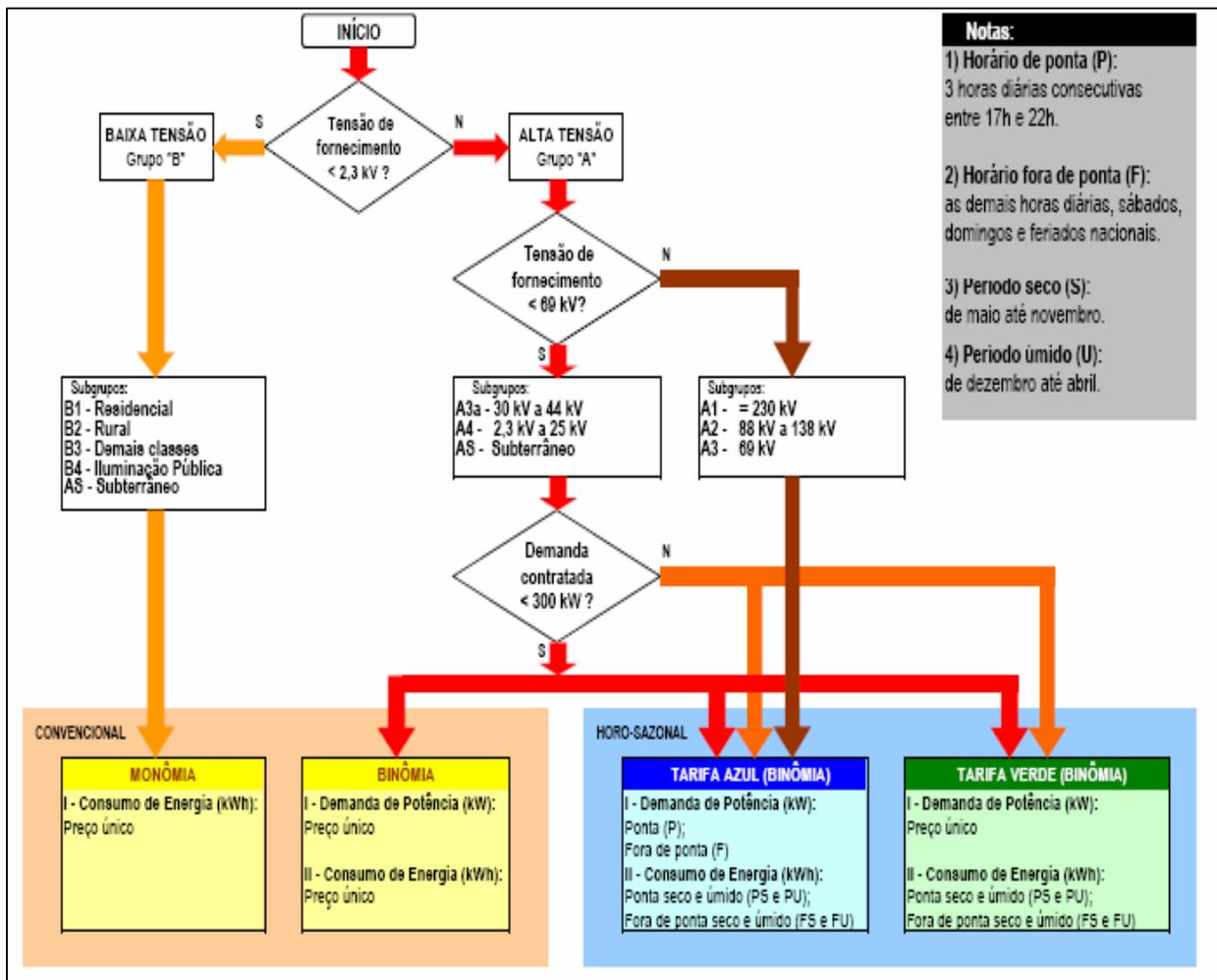


Figura 39. Estrutura tarifária.

Gerenciamento de Contas de Energia Elétrica

Para o gerenciamento das contas de energia elétrica, geralmente, são utilizados *softwares* específicos. Nos casos mais simples, como a simulação para a escolha da modalidade tarifária para uma determinada instalação, poderá ser feita através de uma planilha excel ou até mesmo sem o uso do computador.

A Sabesp e a Saneago, por exemplo, utilizam-se de programas sofisticados de computador para a gestão energética, onde o sistema contempla o gerenciamento de todas as contas de energia da empresa e dos principais indicadores de desempenho energético, de forma descentralizada e corporativa. As principais funções dos programas computacionais utilizados por essas empresas são descritas a seguir:

- *Saneago: utiliza o SGE – Sistema Computacional de Gestão Energética (OLIVEIRA, 2000)*
 - Banco de dados do sistema – engloba todas as características relativas ao conteúdo da informação;
 - Centro de dados da energia elétrica – responsável pela previsão de gastos com energia elétrica pela empresa;
 - kWh consumido pela unidade consumidora de energia elétrica – fornecerá ao sistema corporativo de indicadores operacionais, os subsídios para a formação dos principais parâmetros de desempenho operacional da Saneago;
 - Cadastro técnico das contas de energia elétrica – responsável pela atualização e manutenção dos dados relativos às contas de energia elétrica;
 - Sistema para cálculo da energia consumida – diz respeito à rotina de cálculo do valor a pagar em energia elétrica às concessionárias;
 - Análise dos contratos de fornecimento de energia elétrica – analisa e reavalia os contratos de fornecimento de energia elétrica, visando redução de custos;
 - Módulo avançado – gerador dos relatórios estratégicos, concebidos em função da análise dos parâmetros de medição de variáveis elétricas e das características de desempenho energético das principais cargas motrizes.

- *Sabesp: utiliza os CEL – Sistema de Controle de Energia Elétrica (SABESP, 2006)*

Este sistema tem por objetivo padronizar a ferramenta de controle e acompanhamento dos consumos e gastos com energia elétrica na Sabesp, permitindo o cadastramento e o controle das unidades consumidoras, dos contratos de fornecimento de energia elétrica (contratos de demanda) e das respectivas faturas de acordo com a finalidade da instalação, processo (água e esgoto), sistema produtor, município, subgrupo tarifário e concessionário, observando ainda a estrutura administrativa da empresa.

A Eletrobrás/Procel oferece gratuitamente em sua *home page* (www.elektrobras.com/procel) o *software* para avaliação energética Mark IV que foi desenvolvido para Windows, com interface amigável que permite análise de dados de consumo de eletricidade em diferentes configurações de instalações e equipamentos, verificando a viabilidade de implantação de medidas para conservação e uso eficiente de energia.

QUESTÕES

1. Como analisar os custos de energia em um sistema de abastecimento de água?
2. Que aspectos devem ser considerados para a redução do custo de energia elétrica em um sistema de abastecimento de água?
3. Que ações administrativas podem ser empregadas para a redução de custos de energia elétrica?
4. Comente sobre a importância da redução de tarifas e das operações emergenciais.
5. Escreva sobre as tarifas de energia elétrica.
6. Que formas você sugere para um bom gerenciamento de contas de energia elétrica?

AÇÕES OPERACIONAIS PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Para Tsutiya (2001), as ações operacionais para a redução de custos de energia elétrica podem ser divididas em:

- *Ajuste de equipamentos*
 - Correção do fator de potência;
 - alteração da tensão de alimentação.
- *Diminuição da potência dos equipamentos*
 - Melhoria no rendimento do conjunto motobomba;
 - redução na altura manométrica;
 - redução no volume de água.
- *Controle operacional*
 - Alteração no sistema de bombeamento-reservação;
 - utilização do inversor de frequência;
 - alteração nos procedimentos operacionais de ETAs.
- *Automação do sistema de abastecimento de água*
- *Alternativas para geração de energia elétrica*
 - Aproveitamento de potenciais energéticos;
 - uso de geradores nos horários de ponta;
 - uso de energia alternativa.

Ajuste de Equipamentos

Os ajustes dos equipamentos são feitos após a elaboração de pequenos estudos e são muito utilizados para a redução de custos, pois necessitam de pouco investimento.

Correção do fator de potência

O fator de potência não influi diretamente na energia elétrica paga nas contas mensais, isso porque os medidores de energia medem apenas a potência absorvida e não a potência aparente. Entretanto, nos motores em que o fator de potência é baixo, as correntes são maiores, aumentando as perdas na instalação, e em consequência, as concessionárias cobram uma sobretaxa pela energia elétrica para fator de potência abaixo de 0,92, resultando em aumento das contas mensais.

As principais causas do baixo fator de potência são:

- motores operando em vazio;

- motores superdimensionados;
- transformadores operando em vazio;
- transformadores superdimensionados;
- nível de tensão acima da nominal;
- grande quantidade de motores de pequena potência.

O fator de potência varia com a carga. Quanto maior a carga acionada pelo motor em relação a sua potência nominal, mais baixo será o fator de potência, acarretando menor potência elétrica faturável em relação à potência instalada. Isso leva as concessionárias de energia elétrica a impor uma multa para fator de potência menor que 0,92. Segundo as concessionárias, essa cobrança adicional é justificada pela necessidade de manter o sistema elétrico com um dimensionamento maior do que o realmente necessário e investir em equipamentos corretivos apenas para suprir o excesso da energia reativa (baixo fator de potência) proveniente das instalações dos consumidores.

Para a correção do fator de potência têm sido utilizados os capacitores que atuam como geradores de corrente reativa. Esses aparelhos podem suprir as instalações elétricas com energia reativa contínua, durante 24 horas por dia. Fornecem, portanto, energia reativa suficiente para manter o fator de potência em índices predeterminados e adequados, mesmo nas mais variadas oscilações de carga.

Alteração da tensão de alimentação

Consiste na modificação do padrão de entrada de energia elétrica de baixa para alta tensão. O consumo com tarifa em alta tensão geralmente é mais econômico que em baixa tensão. No entanto, essa alteração só se torna possível se for construída entrada de energia elétrica para alimentação em alta tensão, ou seja, se o consumidor tiver transformador próprio para alimentar seus equipamentos. Portanto, cada caso deverá ser estudado separadamente, em função do custo-benefício.

Estudos elaborados na Sabesp, considerando a alteração da tensão de baixa para alta tensão, indicaram os seguintes resultados (TSUTIYA, 2001):

- redução do custo mensal de energia elétrica da ordem de 50%;
- maior confiabilidade no fornecimento de energia elétrica;
- amortização do investimento a médio prazo.

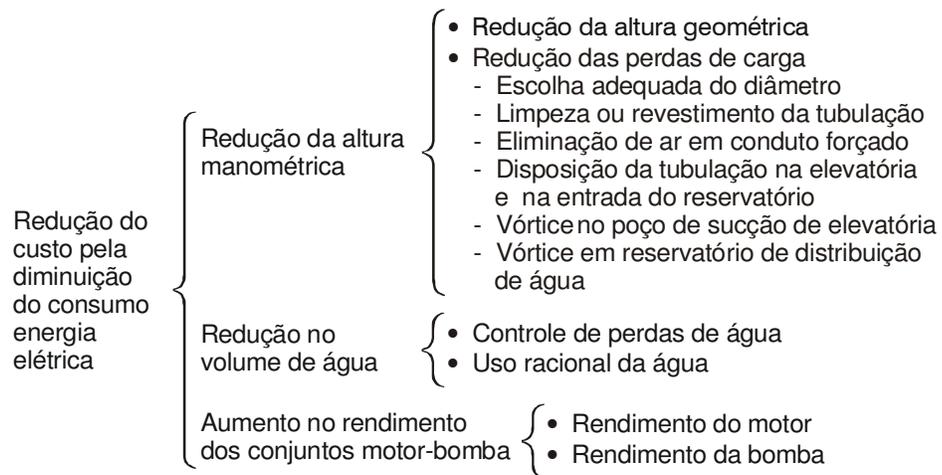
Diminuição da Potência dos Equipamentos

O consumo de energia elétrica de um conjunto elevatório pode ser determinado através da seguinte equação:

$$E = 0,00273 \frac{HV}{\eta} \quad (8)$$

Onde: E = energia consumida, kWh;
H = altura manométrica de bombeamento, m;
V = volume de água bombeada, m³;
η = rendimento dos conjuntos motobomba.

O custo do consumo de energia é o produto da energia consumida em kWh pela tarifa do kWh. Pelo que se observa na equação 8, para diminuir os custos de energia seria necessário reduzir a altura manométrica ou o volume da água bombeada, ou aumentar a eficiência dos conjuntos motobomba. As principais alternativas para atender a esses objetivos são apresentadas a seguir (TSUTIYA, 2001).



Redução na altura manométrica

A altura manométrica é composta pela altura geométrica e pelas perdas de carga.

Altura geométrica

É o desnível geométrico entre o nível do líquido na extremidade da tubulação de recalque e o nível do líquido no poço de sucção. Desde que o sistema seja bem projetado, dificilmente se consegue qualquer diminuição na altura geométrica.

Perdas de carga

As perdas de carga distribuídas em uma tubulação de adução de água podem ser determinadas pela fórmula Universal:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

Onde: h_f = perda de carga distribuída, m;

f = coeficiente de atrito, função do número de Reynolds (R) e da rugosidade relativa (k/D);

L = comprimento da tubulação, m;

v = velocidade média, m/s;

g = aceleração da gravidade, m/s²;

D = diâmetro da tubulação, m.

Os materiais utilizados dependem do diâmetro da tubulação, da pressão de serviço, das características do líquido, da declividade do terreno, da altura do aterro, do tipo de solo, do método de assentamento e de seu custo econômico. Nas elevatórias, é comum o uso de ferro fundido dúctil, com revestimento de cimento para diâmetros menores do que 600mm, e no caso de diâmetro maior são utilizados tubulações de aço, devido às facilidades de montagem. Para as linhas de recalque podem ser utilizados diversos materiais, entretanto, a prática, porém, indica a utilização de tubulações de ferro fundido dúctil com diâmetros variando de 100 a 1.200mm e tubulações de aço para os diâmetros acima de 600mm. Observa-se que, a escolha das tubulações a serem utilizadas depende essencialmente dos problemas técnicos e econômicos de cada projeto.

Redução das perdas de carga pela escolha adequada do diâmetro da tubulação de recalque

O diâmetro de uma linha de recalque é hidráulicamente indeterminado, sendo que, para uma mesma vazão, diminuindo-se o diâmetro aumenta-se a potência do equipamento de recalque e vice versa. Assim, há uma infinidade de pares diâmetros-potência que satisfazem uma determinada vazão. Portanto, a escolha final do diâmetro é feita após cotejo técnico-econômico.

Vários estudos realizados na Sabesp, concluiu-se que, para as nossas condições, a velocidade econômica em tubulações de recalque tem variado de 1,0 a 2,0m/s, com valor médio de 1,5m/s. Cabe observar que, em alguns países como os Estados Unidos e Portugal, por exemplo, a velocidade econômica é da ordem de 1,0m/s. Conhecendo-se a velocidade econômica pode-se determinar o diâmetro adequado para a tubulação de recalque.

Redução das perdas de carga pela limpeza ou revestimento da tubulação

- *Revestimento da tubulação*

O revestimento *in situ* é utilizado para recuperar tubos de ferro fundido com ou sem revestimento e tubos de aço, com problemas sérios de corrosão e incrustação. Para diâmetros superiores a 150mm, pode ser um processo econômico, se comparado com a troca da tubulação por uma nova. É eficiente porque devolve à tubulação suas características de adução, evitando o processo corrosivo. Para diâmetros menores recomenda-se a substituição da tubulação por uma nova, ou limpeza por raspagem (MACEDO e RIBEIRO, 1985). A Figura 40 apresenta um esquema para a recuperação de tubulações assentadas, através de limpeza e revestimento com argamassa de cimento.

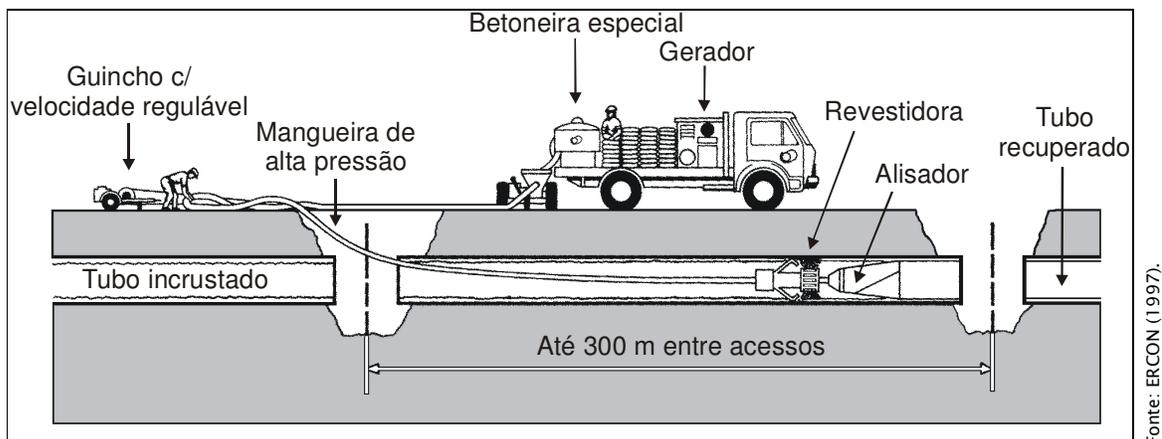


Figura 40. Limpeza e revestimento de tubulações assentadas.

O revestimento *in situ* de tubulações instaladas vem sendo utilizado pela Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo, desde 1982.

- *Limpeza da tubulação*

Um dos métodos utilizados pelas prestadoras de serviços de saneamento para a limpeza dos tubos é o da passagem de equipamentos que removem as incrustações através de raspagem. A escolha do tipo da peça para efetuar a limpeza depende do material que caracteriza a tubulação e da incrustação existente. Nos tubos metálicos revestidos, tubos de PVC e concreto, utiliza-se o “polly-pig”, equipamento dotado com fita de material abrasivo para não danificar a parte interna da tubulação (Figura 41). No caso de tubos metálicos não revestidos emprega-se o “polly-pig” com escovas de aço, ou, ainda o raspador de arraste hidráulico.

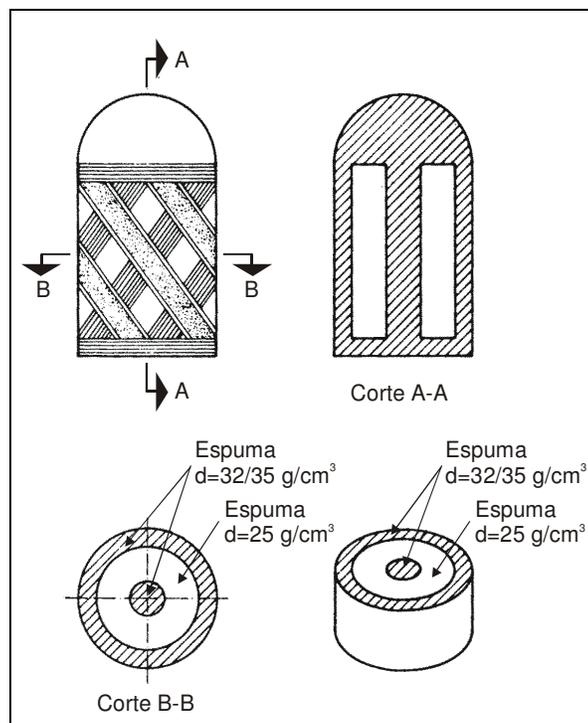
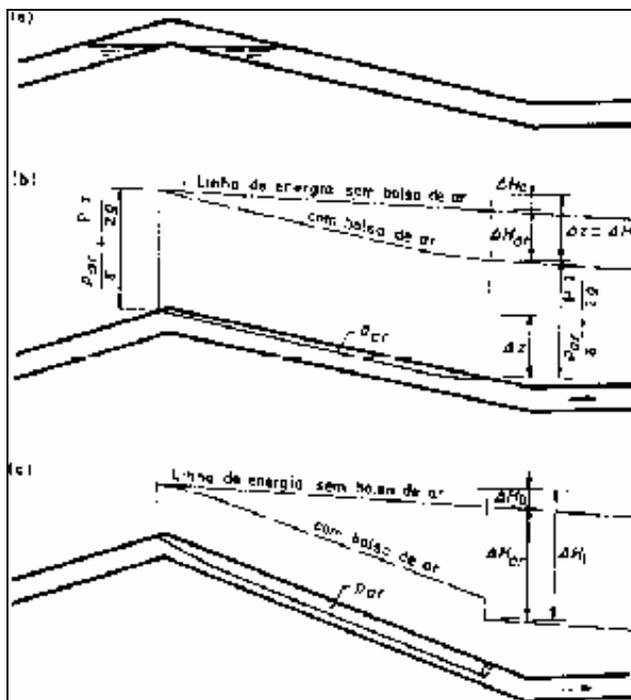


Figura 41. "Polly-Pig".

Redução das perdas de carga pela eliminação de ar em tubulações

O acúmulo de ar nas tubulações de conduto forçado restringe a seção de escoamento, causando acréscimo de perda de carga e redução de sua capacidade, podendo, em determinados casos, até mesmo paralisar o escoamento.

A Figura 42a mostra uma bolsa de ar aprisionado no ponto alto de uma tubulação com a água em repouso; as superfícies do líquido que limitam a bolsa são, portanto, horizontais. Quando há movimentação da água, o escoamento a jusante do ponto alto processa-se com superfície livre e, dependendo da declividade do trecho de jusante, a passagem para o escoamento sob pressão realiza-se através do aumento gradual da altura da água ou, bruscamente, por meio de ressalto (Figuras 42b e 42c). Nessas condições, verifica-se uma perda de carga adicional ΔH_{ar} provocada pela bolsa de ar que, no caso de não haver ressalto, é igual à diferença de cotas ΔZ dos pontos que limitam a superfície da bolsa de ar (Figura 42b). Em instalações de recalque essa perda adicional ocasiona acréscimo na altura manométrica, provocando diminuição da vazão e aumentando o consumo de energia elétrica.



Fonte: QUINTELA (1981).

Figura 42. Tubulação com bolsa de ar. Em repouso (a) e em movimento sem e com ressalto (b) e (c).

O ar pode ser retirado através dos processos de remoção hidráulica e remoção mecânica. A remoção hidráulica é realizada quando a velocidade de escoamento na tubulação for maior ou igual a um certo valor mínimo, denominado de velocidade crítica (V_c), que pode ser determinada através da fórmula de Kent (equação 10).

$$V_c = 1,36\sqrt{g D \text{ sen}\theta} \quad (10)$$

Onde: V_c = velocidade crítica, m/s;

g = aceleração da gravidade, m/s^2 ;

D = diâmetro da tubulação, m;

θ = ângulo que o conduto forma com a horizontal a jusante do ponto alto.

Nos pontos em que há necessidade de remoção mecânica de ar, tanto na fase de enchimento da linha, como em operação de recalque, utilizam-se válvulas de expulsão de ar (ventosas).

Segundo Koelle (1986) a ventosa para expulsão de ar deverá ser dimensionada para a vazão lenta de enchimento da linha, com velocidade da ordem de 0,3 m/s. Azevedo Netto e Alvarez (1986) recomendam para a admissão e expulsão de ar, $d \geq D/8$ e, somente para a expulsão de ar, $d \geq D/12$, onde D é o diâmetro da canalização e d o diâmetro nominal da ventosa. Pode ser utilizado a relação $D/d \geq 12$ para permitir expulsão de ar na fase de enchimento da linha, entretanto, para Koelle (1986) essa relação deve estar compreendida entre $12 \leq D/d \leq 23$.

Redução das perdas de carga pela disposição da tubulação na elevatória e na entrada dos reservatórios de distribuição de água

- *Disposição da tubulação na elevatória:* as tubulações de sucção e do barrilete devem ser dispostas de forma a diminuir as perdas de carga. Deve-se evitar configurações que ocasionem várias singularidades, principalmente o ângulo de 90°.
- *Disposição da tubulação na entrada dos reservatórios:* a entrada tradicional no reservatório de distribuição de água é a entrada livre, por cima, na parte superior do reservatório. Entretanto, se for mudado a entrada para baixo, ou seja, entrada afogada, poderá haver uma economia substancial de energia elétrica, pois o ΔH pode variar de 2 a 10 m, dependendo do tipo de reservatório (enterrado, apoiado ou elevado).

Outros aspectos hidráulicos relacionados com as perdas de carga

- *Vórtices em poço de sucção de estações elevatórias:* o poço de sucção, embora seja apenas parte de uma estação elevatória, é um dos componentes de maior importância, pois pode influir diretamente no desempenho da bomba, com reflexos diretos no aumento dos custos operacionais. Para o projeto do poço de sucção, o engenheiro hidráulico deve se preocupar com a prevenção da formação de vórtices, pois a presença de escoamento com vorticidade pode trazer conseqüências prejudiciais às bombas. Em um poço de sucção bem projetado, uma possível formação de vórtice é controlada de modo que a entrada de ar na bomba seja evitada ou minimizada a níveis toleráveis. Quando ocorre o arraste de ar no poço, o rendimento da bomba é reduzida e sabe-se que tal redução é tão intensa que a presença de 1% de ar (em volume) no escoamento reduz a eficiência da bomba em 15%.
- *Vórtices em reservatórios de distribuição de água:* a entrada de ar através de vórtices poderá acarretar no sistema de abastecimento de água os seguintes problemas: diminuição da vazão nas adutoras; redução da capacidade de armazenamento do reservatório; diminuição da eficiência, vazão, vibração e cavitação na bomba. O procedimento tradicional para evitar a formação de vórtices consiste em se considerar uma submergência mínima na saída de água do reservatório. Como a submergência mínima também depende das condições de aproximação do fluxo e outras fontes de vorticidade existentes, o valor a ser adotado no projeto deverá ser bem estudado. As pesquisas mostraram que em reservatório com poço de rebaixo, o vórtice de eixo horizontal não se forma, quando o jato proveniente do tubo de alimentação, incide sobre a superfície livre da água no reservatório segundo um ângulo de 90° (jato vertical). A deflexão do jato pode ser imposta através de instalação de um cotovelo de 90° ou de uma placa defletora na saída do tubo de alimentação.

Redução no volume de água

Esta medida implica de forma direta na diminuição dos custos de energia elétrica, uma vez que a potência do conjunto elevatório será menor. Com a redução do consumo de água, também

haverá uma redução no custo de energia elétrica, pois cada 1m³ de água produzida, gasta-se cerca de 0,6kWh de energia elétrica.

Dentre os diversos fatores a serem considerados para a diminuição do volume de água em sistemas de abastecimento destacam-se:

- *Controle e redução de perdas de água:* esse assunto já foi apresentado com detalhes nos itens “Conceito, importância e origem das perdas de água e energia” e “Procedimentos técnicos para o combate às perdas de água”.
- *Uso racional de água:* esse tema envolve grandes diversidades de linhas de ação, como mudanças de hábitos e culturas, aspectos normativos, legais e tecnológicos. Uma das principais ações que permite a redução de consumo de água é a utilização de equipamentos economizadores de água ou de baixo consumo, oferecidos pelos principais fabricantes de equipamentos de instalações hidráulicas prediais. Também deve ser considerada a medição individualizada de água em apartamento, que poderá reduzir o consumo de água do edifício em até 30%.

Aumento no rendimento dos conjuntos motobomba

Rendimento do motor elétrico

A eficiência ou rendimento de um motor elétrico é, na realidade, um parâmetro que indica a sua capacidade em converter a energia elétrica absorvida da rede em energia mecânica a ser fornecida no eixo. Para gerir o processo de conversão eletromecânica, os motores utilizam-se de uma parcela da energia total absorvida, transferindo ao eixo a energia restante. A rigor, a parcela de energia retida nos motores e normalmente classificada como parcela de perdas, não pode ser eliminada por ser inerente ao seu próprio funcionamento, mas reduzida a níveis mais aceitáveis.

A Figura 43 ilustra o processo de distribuição de energia nos motores elétricos, indicando as perdas, a potência efetivamente transferida ao eixo e a energia reativa concentrada no campo magnético responsável pelo giro do rotor.

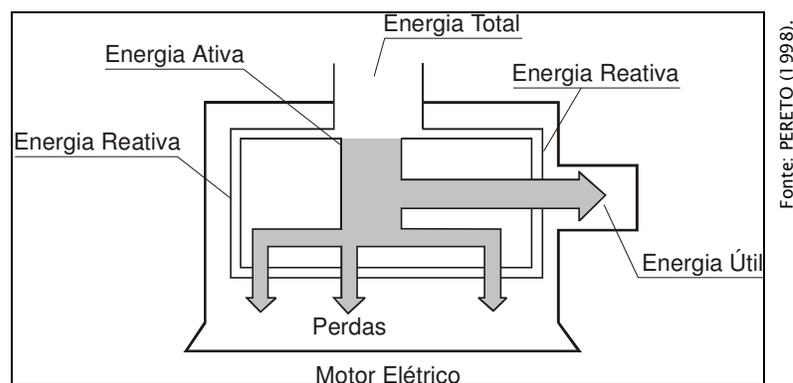


Figura 43. Distribuição de energia em motores elétricos.

Os motores elétricos são os principais acionadores das bombas que constituem as maiores cargas de um sistema de abastecimento de água e de esgoto sanitário. Segundo estudo de Little (1976), para a *Federal Energy Administration*, de toda a energia elétrica consumida nos Estados Unidos, os motores elétricos utilizam 64%, sendo que o acionamento de bombas consome 31%. Esse estudo indica que o principal fator para a redução do consumo de energia é a melhoria no rendimento de motores de indução com rotor em gaiola com potência variando de 1 a 125 HP.

Os motores de alto rendimento, também conhecido como motores de perdas reduzidas são mais caros que os modelos clássicos, entretanto, com o uso pode se revelar econômico, desde que o número de horas de utilização seja suficientemente grande para proporcionar significativa economia de energia. São motores que dispõem de um aumento da massa de material ativo (cobre e chapas metálicas) que permite reduzir as perdas no cobre e no ferro. Em relação ao motor padrão seu peso é cerca de 15% superior, seu custo é 20 a 25% mais alto, e seu rendimento e fator de potência são de 2 a 5% superiores (Agência para Aplicação de Energia, 1986). Os motores de alto rendimento têm sido utilizados em bombeamento de água e esgoto, em países mais desenvolvidos e, segundo Daffer e Price (1980) com rendimento de 94% para cargas variando de 50 a 100%.

Rendimento da bomba centrífuga

A faixa de rendimento mais adequado para bomba centrífuga é quando a rotação específica situa-se na faixa de 40 a 60. Para a rotação específica abaixo de 40, o rendimento diminui rapidamente. Valores abaixo de 30 são raramente aceitos para bombeamento de água ou esgoto, exceto quando as bombas são pequenas e a energia requerida é baixa.

O rendimento de uma bomba pode variar em função da associação com outras bombas, se operar sozinha pode ter um rendimento adequado; no entanto, se essa bomba operar em combinação com outras, o seu rendimento pode diminuir. Conseqüentemente, recomenda-se, no processo de seleção da bomba sejam consideradas todas as alternativas de modo a optar por aquela com melhor eficiência.

É importante lembrar que, geralmente os motores mantêm rendimentos elevados, mesmo nas mais variadas condições operacionais, o que não acontece com a bomba que mantém seu melhor rendimento somente dentro de uma faixa pequena de vazão e altura manométrica. A diferença entre a condição de projeto e a operação é freqüentemente a razão da baixa eficiência das bombas. Portanto, a escolha correta da bomba, com rendimento elevado, nas diversas situações exigidas pelo sistema é de fundamental importância para a diminuição do consumo e dos custos de energia elétrica de uma estação elevatória.

Redução do Custo pela Alteração do Sistema Operacional

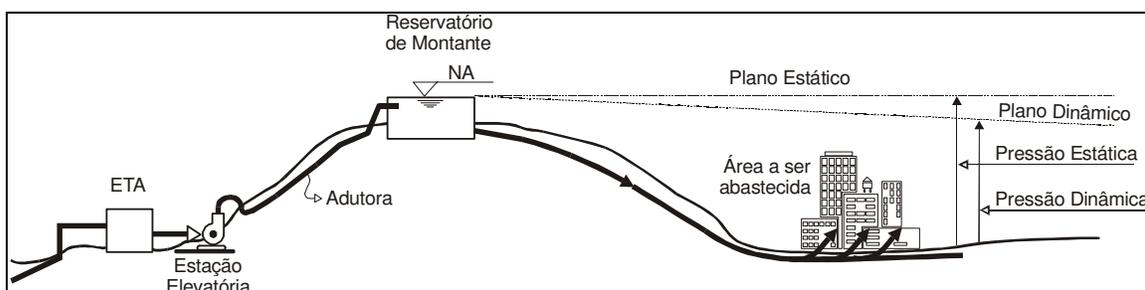
As principais alterações operacionais dos sistemas de abastecimento de água que possam reduzir substancialmente os custos energia elétrica são:

- alteração do sistema bombeamento-reservação;
- utilização de inversores de frequência em conjuntos motobomba;
- alteração nos procedimentos operacionais de estações de tratamento de água.

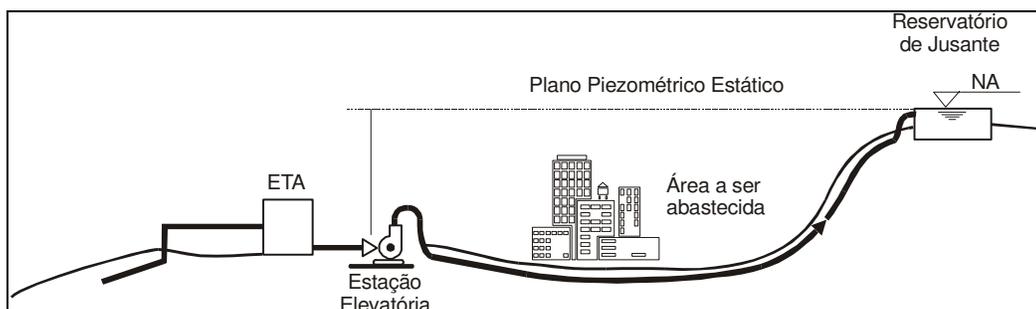
Alteração do sistema bombeamento-reservação

A distribuição de água na maioria dos sistemas não pode ser feita somente por gravidade. Há necessidade de utilização de estações elevatórias para recalcar água em reservatórios de distribuição. Normalmente as bombas que recalcam água para reservatórios enterrados, semi-enterrados ou apoiados são projetadas com capacidade para atender a demanda máxima diária. Nesses casos, o bombeamento é contínuo durante 24 horas/dia, de modo a manter os reservatórios cheios ou com um nível de água pré-determinado. Entretanto, nas condições iniciais em geral não há necessidade de bombeamento contínuo.

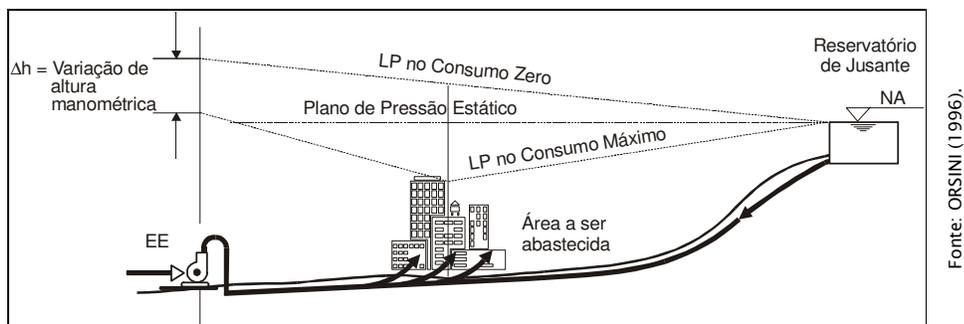
O método operacional apresentado nas Figuras 44a, 44b e 44c tem sido tradicionalmente utilizado no Brasil.



a) Bombeamento de água para reservatório de distribuição a montante.



b) Bombeamento de água para reservatório de distribuição a jusante.



c) Bombeamento de água para rede de distribuição com reservatório de sobre a jusante.

Figura 44. Esquemas de bombeamento-reservação para abastecimento de água.

O volume de reservação que normalmente tem sido utilizado no Brasil é de 1/3 do volume distribuído no dia de maior consumo. Entretanto, várias pesquisas efetuadas em sistemas existentes mostram que o volume útil necessário é cerca da metade desse valor, ou seja, normalmente, há uma folga de reservação de cerca de 15%, pois diferentemente de outros países desenvolvidos, no Brasil é comum o uso do reservatório domiciliar que funciona como parte integrante da reservação total do sistema de abastecimento. Por essa razão, vários sistemas de abastecimento permitem a parada de bombeamento (no máximo de 3 horas) no horário de ponta elétrico compreendido entre as 17 e 22 horas.

A parada das bombas no horário de ponta tem sido realizada com sucesso, tanto em pequenos sistemas de abastecimento de água como em grandes sistemas, como é o caso da Região Metropolitana de São Paulo. De um modo geral, essa alteração operacional tem representado cerca de 10 a 20% na redução dos custos de energia elétrica (TSUTIYA, 2001).

Utilização de inversores de freqüência nos conjuntos motobomba

O inversor de freqüência é um equipamento de fundamental importância no combate ao desperdício de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. Esse equipamento possibilita uma redução no consumo de energia elétrica de 10 a 50% e, devido a sua importância, tanto no combate ao desperdício de energia como também na diminuição de perdas de água, os inversores de freqüência serão detalhados no subitem “Utilização de inversores de freqüência em sistemas de bombeamento para a diminuição do consumo de energia elétrica”.

Alteração nos procedimentos operacionais de estações de tratamento de água

Para a redução nos custos de energia elétrica em uma estação de tratamento de água (ETA) é fundamental o conhecimento do processo de tratamento e das técnicas operacionais, e também, informações sobre os equipamentos eletromecânicos e das instalações elétricas. A

Figura 45 apresenta, de um modo geral, os processos e operações unitárias de uma ETA do tipo convencional.

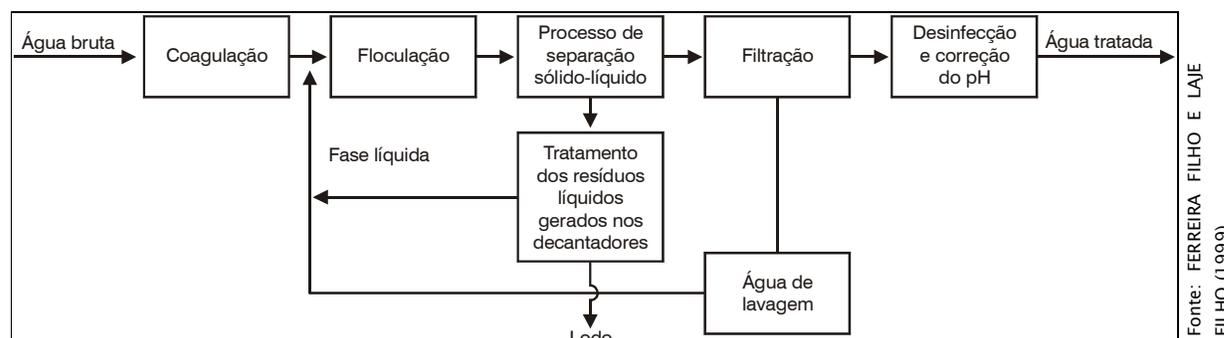


Figura 45. Processos e operações unitárias componentes de uma ETA convencional.

As estações de tratamento de água podem ser mais ou menos complexas, dependendo da qualidade da água bruta, dos padrões de potabilidade a ser atendida e da vazão a ser tratada. Os principais pontos de consumo de energia elétrica em uma ETA na fase líquida são:

- bombas dosadoras de produtos químicos;
- equipamentos de mistura rápida;
- equipamentos de floculação;
- bombas para a lavagem dos filtros;
- bombas para recalque de água de utilidades;
- bombas para remoção de lodo;
- bombas para a recuperação da água de lavagem dos filtros.

Saron (1998) apresenta os custos operacionais da ETA Guaraú fase líquida, localizada na Região Metropolitana de São Paulo e operada pela Sabesp. A ETA Guaraú é uma estação de tratamento convencional e trata uma vazão média de 33 m³/s. Os custos levantados foram:

- Produtos químicos: 49,5%
- Pessoal (salário + encargos sociais): 36,1%
- Energia elétrica: 8,2%
- Serviços gerais: 4,4%
- Transporte: 1,8%

Para reduzir os custos de energia elétrica na ETA Guaraú foram realizadas as seguintes medidas:

- Bombas para lavagem dos filtros, bombas de recuperação da água de lavagem dos filtros e bombas para remoção de lodo e recalque de águas de utilidades: utilização somente no período de horário fora de ponta;
- Alteração no valor da demanda de potência contratada.

Redução do Custo pela Automação de Sistemas de Abastecimento de Água

Nas últimas décadas, com o avanço na engenharia eletrônica, foi possível o desenvolvimento de computadores e equipamentos sofisticados para serem utilizados em automação dos sistemas de abastecimento de água e de esgoto sanitário. Embora esses equipamentos aumentem os custos do sistema, a comparação técnica-econômica entre a sua utilização ou não, normalmente leva a optar pelo uso desses equipamentos, pois diminui os custos de pessoal, reduz o consumo de energia elétrica e de produtos químicos, melhora a eficiência dos processos, aumenta a segurança na operação do sistema etc.

Como a automação consiste na substituição da ação humana pela mecânica, ou por outro dispositivo criado pelo homem, é de fundamental importância o conhecimento detalhado do funcionamento do sistema (hidráulico, processos etc.) e dos equipamentos eletromecânicos.

Há várias formas de controle dos sistemas de abastecimento de água. A seguir são apresentadas duas formas:

- *Controle por módulos*

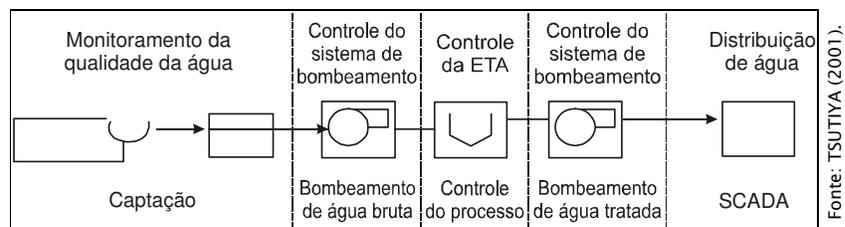


Figura 46. Controle do sistema de abastecimento de água por módulos.

- *Sistema integrado de controle da água*

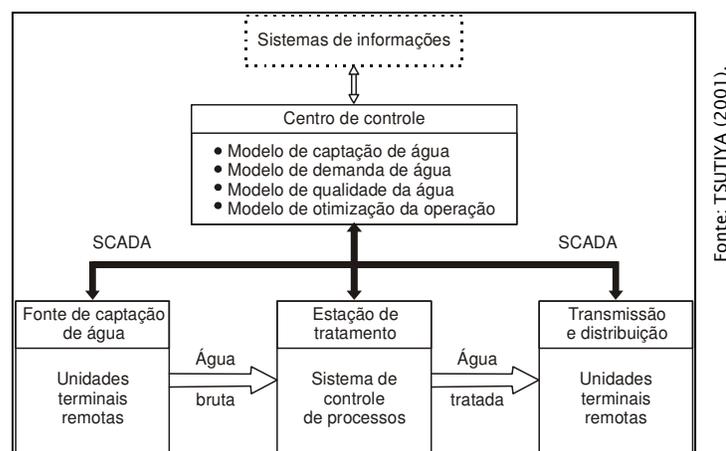


Figura 47. Controle integrado do sistema de abastecimento de água.

Conforme se observa na Figura 48, o controle dos sistemas de abastecimento de água pode ser feito através de diferentes níveis de automação. Quanto maior o número de informações usadas pelo próprio sistema para análise e tomada de decisão, menor a participação do homem no processo a ser controlado. O último passo, idealizado, é a total substituição do homem, capturando suas ações intuitivas em tempo real por programas computacionais, denominados sistemas inteligentes. A Figura 48 ilustra os diferentes níveis de automação.

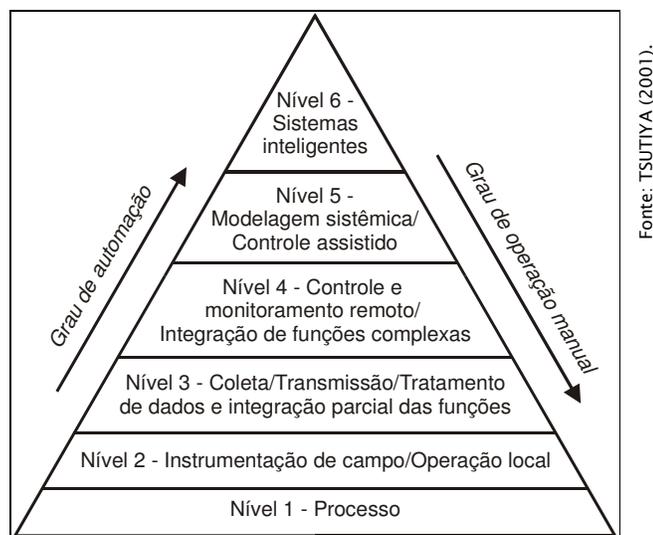


Figura 48. Níveis de automação.

Em sistemas operados pela Sabesp, com a automação das elevatórias há uma redução nos custos de energia elétrica de até 15% e a automação das ETAs, essa redução é da ordem de 8%. Vários estudos de casos de automação em sistemas de abastecimento de água são apresentados por Tsutiya (2004) no livro Abastecimento de Água.

Redução do Custo pela Geração de Energia Elétrica

O crescimento da demanda e do consumo de energia elétrica no Brasil, e principalmente na região Centro-Oeste, associado com as dificuldades de recursos financeiros para a construção de novas usinas elétricas a curto prazo, requerem soluções rápidas e viáveis.

As principais alternativas para geração de energia elétrica a serem aplicadas em sistemas de água e esgoto são:

- aproveitamento de potenciais energéticos;
- uso de geradores no horário de ponta;
- uso de energia alternativa.

Aproveitamento de potenciais energéticos

Para o abastecimento de água de uma comunidade, às vezes, é necessária a construção de um reservatório de acumulação de água, quando a vazão mínima do curso de d'água for inferior ao necessário para atender a demanda de água.

Tradicionalmente, o reservatório de acumulação que geralmente tem pequena altura de queda, tem como objetivo único acumular o excesso de água no período chuvoso e liberá-lo quando a vazão do curso d'água se torna incapaz de atender à demanda. Entretanto, com o aumento nos custos de energia elétrica e o desenvolvimento e aprimoramento de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) é possível e viável a geração de energia elétrica, aproveitando o potencial hidráulico proporcionado pelo desnível dessas barragens, pertencentes ao processo produtivo de abastecimento de água. Com a implantação de PCH obtém-se:

- redução dos gastos com energia elétrica, junto às concessionárias;
- garantia de energia firme em períodos de racionamento de energia elétrica;
- uso racional dos potenciais energéticos disponíveis, sem nenhum impacto ambiental adicional.

Uso de geradores no horário de ponta

Dependendo das características do sistema, poderá ser utilizado grupo gerador para fornecer energia elétrica em equipamentos nos horários de ponta. Esses equipamentos podem ser acionados por:

- Diesel
 - Baixo investimento inicial;
 - rápido retorno do investimento.
- Gás
 - Combustível limpo;
 - mais adequado para cogeração.

Para Pereto (1997), a vantagem de possuir grupo diesel gerador no sistema não se prende apenas em entrar com o grupo nos horários de ponta, mas contar com uma fonte geradora de energia elétrica que poderá ser acionada a qualquer momento, mantendo sempre em funcionamento a instalação. O grupo gerador proporciona grande economia nos gastos com energia elétrica, atende às necessidades da instalação em caso de paradas da concessionária programada ou não, e contribui com o bom funcionamento do sistema elétrico, reduzindo os picos de consumo.

Coelho (2000) realizou uma série de avaliações técnico-econômicas para verificar a viabilidade da utilização de grupo gerador no horário de ponta elétrica em instalações da RMSP, considerando a redução no valor da conta e o tempo necessário para o retorno do

investimento, e conclui que em alguns casos, haverá retorno em menos de 5 anos, outros, até 10 anos, e há casos que não haverá o retorno do investimento.

Uso de energia alternativa

Além das fontes de geração de energia elétrica já utilizadas no Brasil (mencionadas no item “Consumo e demanda de água e energia no Brasil e os princípios da conservação”), tais como: hidráulica, gás natural, biomassa, petróleo e derivados, nuclear e carvão, podem ser utilizados, entre outros, os seguintes tipos de energia:

- eólica;
- solar.

Entretanto, na fase atual do desenvolvimento tecnológico, essas alternativas não apresentam necessariamente as melhores soluções para satisfazer a demanda de energia.

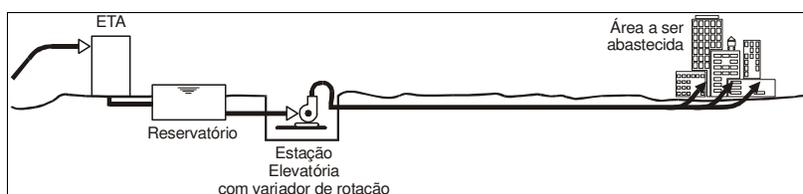
Utilização de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento para a Diminuição do Consumo de Energia Elétrica

Para abastecimento de água da zona alta, tradicionalmente no Brasil, tem sido utilizado o reservatório elevado alimentado por uma estação elevatória com bombas de rotação constante. De um modo geral, verifica-se que o reservatório elevado tem a função principal de garantir a pressão na rede, sendo o seu volume insuficiente para que lhe seja atribuída a finalidade de reservação. Objetivando a redução do alto custo envolvido na construção e manutenção do reservatório elevado, bem como a adutora que interliga com a estação elevatória, tem sido objeto de estudo no Estado de São Paulo, desde a década de 70, o bombeamento direto para a rede de distribuição de água, através da utilização de bombas de rotação variável, eliminando-se o reservatório elevado (SOUZA *et al.*, 1978).

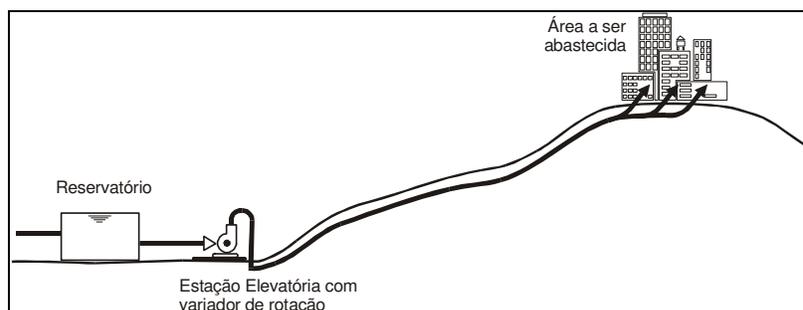
Com o avanço da tecnologia e diminuição de custo, os inversores de frequência têm sido cada vez mais utilizados em elevatórias de água, para manter o sistema de distribuição de água dentro de níveis de pressão e vazão compatíveis às necessidades do sistema, podendo até suprimir o tradicional reservatório elevado. O uso de inversores elimina os bombeamentos com pressões excessivas, que provocam arrebentamentos de redes e vazamentos de água, diminuindo as perdas reais de água. Além disso, o controle da vazão através de inversores ocasiona um consumo menor de energia elétrica, em comparação com outros métodos de controle de vazão.

Uso dos inversores de freqüência em sistemas de bombeamento de água

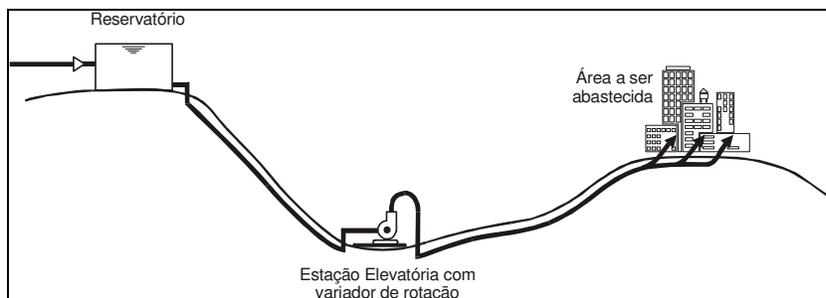
Em um sistema de abastecimento, quando o bombeamento de água é dirigido diretamente ao consumidor, torna-se necessário controlar a vazão em função da demanda. Em geral, esse tipo de abastecimento é realizado para atender regiões, onde os estudos econômico-financeiros mostrarem que os sistemas tradicionais de abastecimento com utilização de reservatórios são mais elevados. Como mostram as Figuras 49a, 49b, 49c, 49d e 49e, o abastecimento de água através de estações elevatórias com o uso do inversor de freqüência, pode atender a todos os esquemas de bombeamento para o abastecimento de água.



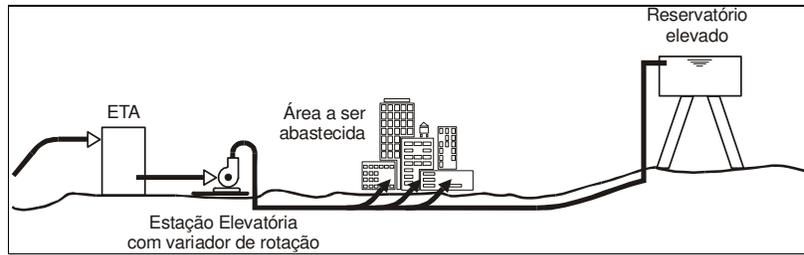
- a) Bombeamento de água diretamente para a rede de distribuição com eliminação do reservatório elevado.



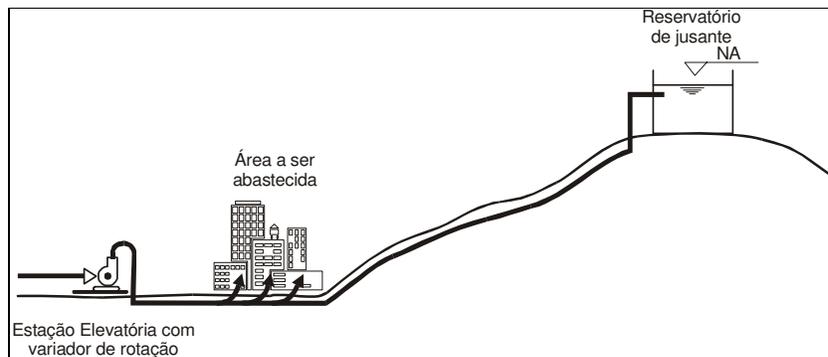
- b) Bombeamento de água diretamente para a rede de distribuição localizada em área elevada.



- c) Bombeamento de água, tipo *booster*.



d) Bombeamento de água diretamente para a rede de distribuição com reservatório elevado à jusante.



Fonte: TSUTUYA (1989).

e) Bombeamento de água diretamente para a rede de distribuição com reservatório à jusante.

Figura 49. Esquemas de bombeamento para abastecimento de água.

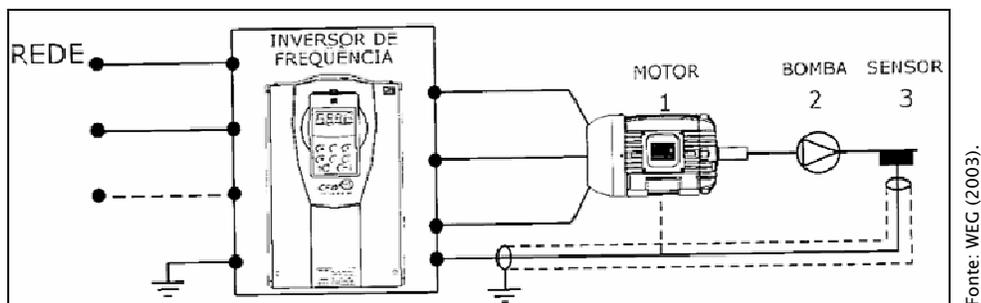
Principais métodos de controle de vazão

A bomba (ou um grupo de bombas) geralmente é selecionada para garantir a máxima vazão necessária ao sistema, nas condições de rendimento máximo. Entretanto, quando o sistema solicita uma vazão menor, torna-se necessário efetuar o controle de vazão da bomba através da mudança de suas características ou das características do sistema de bombeamento.

O controle de vazão das bombas, através das modificações nas características do sistema de bombeamento, podem ser realizadas através de manobras de válvulas, enquanto que, com as variações da curva característica da bomba, o controle da vazão pode ser feito através do controle do número de bombas e pela variação da rotação das bombas.

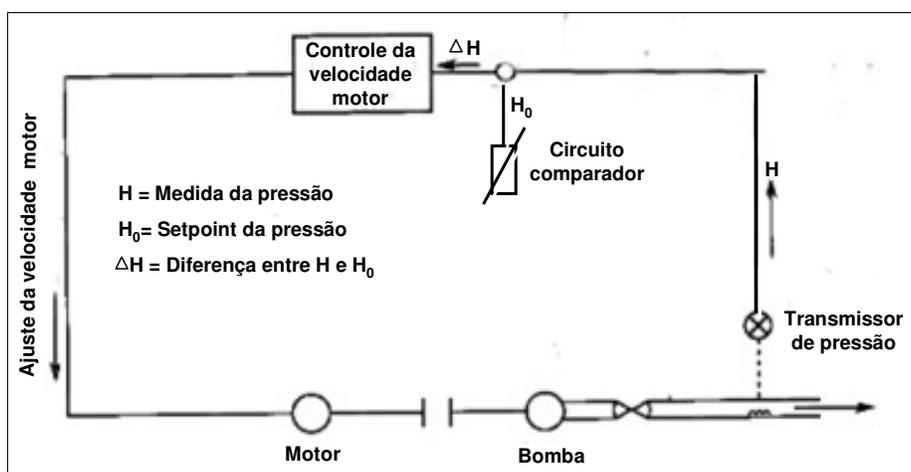
Equipamentos de bombeamento

A Figura 50 mostra o sistema de bombeamento composto por uma bomba centrífuga, um motor de indução e um inversor de frequência, e a Figura 51 apresenta um desenho esquemático do funcionamento de equipamentos para manter a pressão constante independente da variação da vazão de consumo. Salienta-se que, para uma melhor compreensão do sistema de bombeamento deve-se entender que todos os seus componentes são interdependentes.



Fonte: WEG (2003).

Figura 50. Sistema de bombeamento para controle de vazão composto pela bomba, motor, sensor e inversor de frequência.



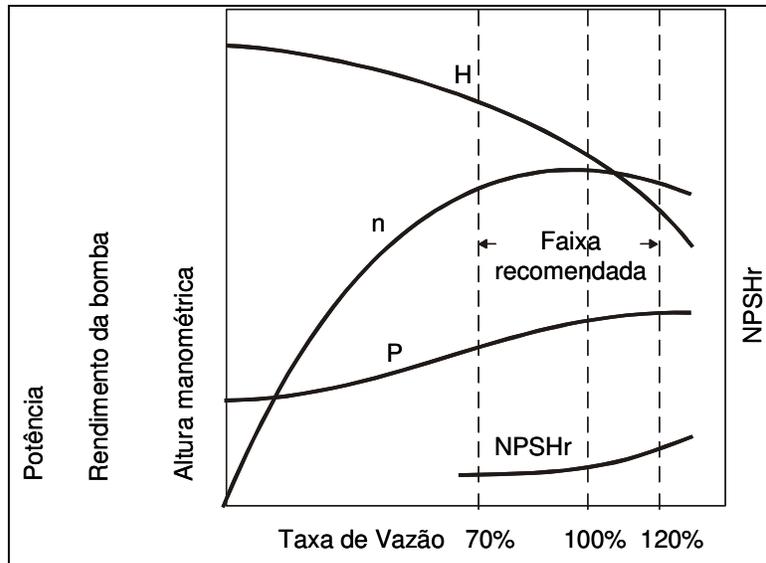
Fonte: Adaptado de GOTOH et al. (1993).

Figura 51. Detalhes do funcionamento de equipamentos para manter a pressão constante.

Região de operação dos equipamentos de bombeamento

Bomba

A bomba centrífuga tem um ponto ótimo de operação, e nesse ponto, as perdas de carga no rotor e carcaça, bem como as cargas hidráulicas no eixo, são minimizadas. A bomba pode operar satisfatoriamente dentro de uma faixa de vazão que corresponde a 70 a 120% do ponto de melhor rendimento (Figura 52). Em alguns casos, essa região de operação pode ser alterada pelo fabricante da bomba. O limite da região de operação é definido pelo NPSH requerido da bomba, pela vazão de recirculação dentro do rotor, deflexão do eixo, carga no mancal, ou pelo aumento da temperatura do líquido dentro da bomba.

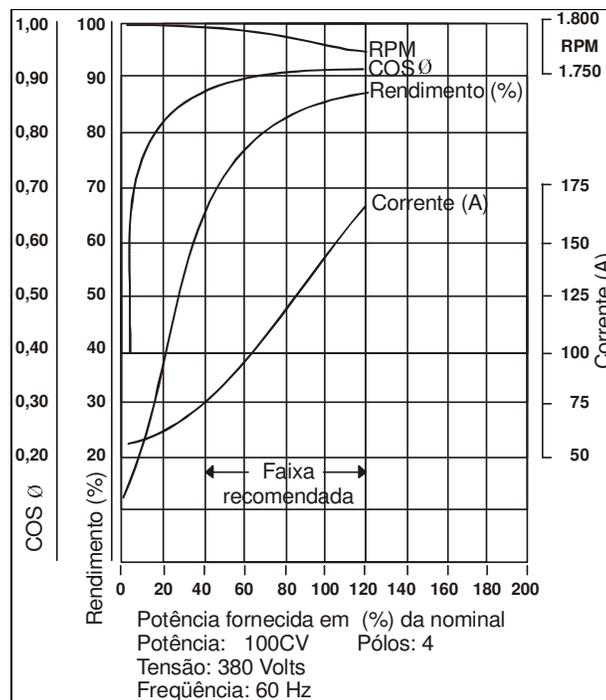


Fonte: EUROPUMP e HYDRAULIC INSTITUTE (2001).

Figura 52. Região de operação recomendada para a bomba.

Motor

A Figura 53 mostra a variação do rendimento, fator de potência, rotação e corrente dos motores de indução em função da carga acionada. Verifica-se nessa figura que o motor mantém bom rendimento na faixa de operação variando de 40 a 120% da carga do motor, entretanto, se for considerado o fator de potência, a melhor região situa-se na faixa de 75 a 100% da carga do motor.



Fonte: Adaptado da Agência de Aplicação de Energia (1986).

Figura 53. Região de operação recomendada para o motor.

Inversor de freqüência

Em geral, o inversor de freqüência consome cerca de 2 a 6% de energia. A Figura 54 apresenta o rendimento do inversor para várias freqüências e torques, sendo que a faixa recomendada para o inversor varia de 30 a 60Hz. Nessa faixa, observa-se um decréscimo pequeno do rendimento quando diminui a freqüência; entretanto, essa diminuição é insignificante quando comparada com a economia de energia proveniente da operação da bomba centrífuga com rotação reduzida. O inversor de freqüência ocasiona uma redução controlada da potência dos motores, e de um modo geral, possibilita uma economia de energia de 10 a 50%.

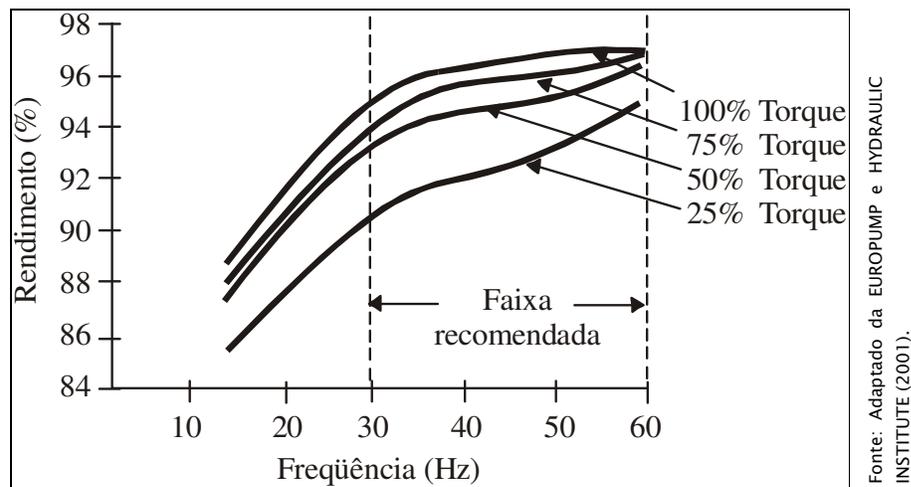


Figura 54. Região de operação recomendada para o inversor de freqüência.

Variadores de rotação

Tipos de equipamentos de variação de rotação

A Figura 55 apresenta os vários tipos de equipamento de variação de rotação. Nessa figura, também estão incluídos, alguns tipos de equipamentos, considerados ultrapassados tecnologicamente, como os controladores eletromecânicos.

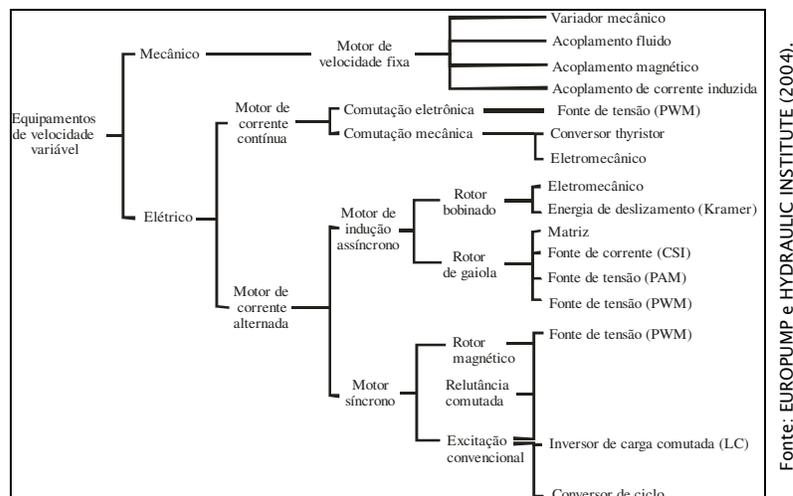


Figura 55. Tipos de equipamentos de variação de rotação.

Fonte: EUROPUMP e HYDRAULIC INSTITUTE (2004).

Equipamentos de rotação variável para motores de indução

A variação da rotação de um motor de indução pode ser feita através da alteração dos parâmetros referentes à frequência da tensão e do escorregamento, conforme se observa na equação 11:

$$Nr = \frac{120f(1-s)}{p} = Ns(1-s) \quad (11)$$

Onde: Nr = rotação do moto, rpm;

Ns = rotação síncrona, rpm;

f = frequência, Hz;

p = número de pólos;

s = escorregamento.

Para a variação da rotação do motor através da alteração do escorregamento, a velocidade do campo girante do motor é mantida constante, e a rotação do rotor é alterada de acordo com as condições exigidas pela carga, que pode ser através da variação da resistência rotórica, da tensão do estator e de ambas, simultaneamente. Esse método somente é recomendável para motores com rotor bobinado onde a energia gerada pode ser dissipada externamente. Atualmente, o mais utilizado para variação da rotação do motor é através da variação do fornecimento de frequência com equipamentos de frequência variável.

Inversor de frequência

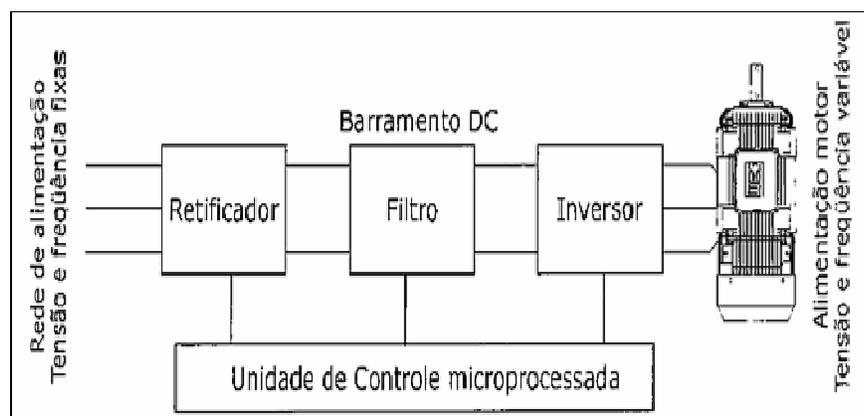
Dentre os vários tipos de equipamentos de variação de rotação destaca-se o inversor ou conversor de frequência, que é um equipamento eletrônico que varia a frequência da tensão aplicada e, conseqüentemente, a rotação do motor. No caso de bombas centrífugas, isso

resulta na possibilidade de controle da vazão. Além disso, o inversor pode ser utilizado para a partida e parada suave do motor, pois aumentando ou diminuindo sua rotação através de uma rampa de aceleração, faz-se com que a corrente de partida ou parada possa ser controlada. As principais vantagens e desvantagens de um inversor são apresentadas a seguir (RALIZE e MARQUES, 2006):

- Vantagens:
 - montagem simples;
 - a corrente do motor é controlada de forma suave, sem picos;
 - permite variar a rotação do motor em função da variação da frequência da tensão;
 - as proteções elétricas (sobrecorrente, supervisão trifásica etc.) são incorporadas no próprio equipamento, reduzindo o número de componentes e o tamanho do painel;
 - elimina o baixo fator de potência;
 - proporciona economia de energia elétrica.

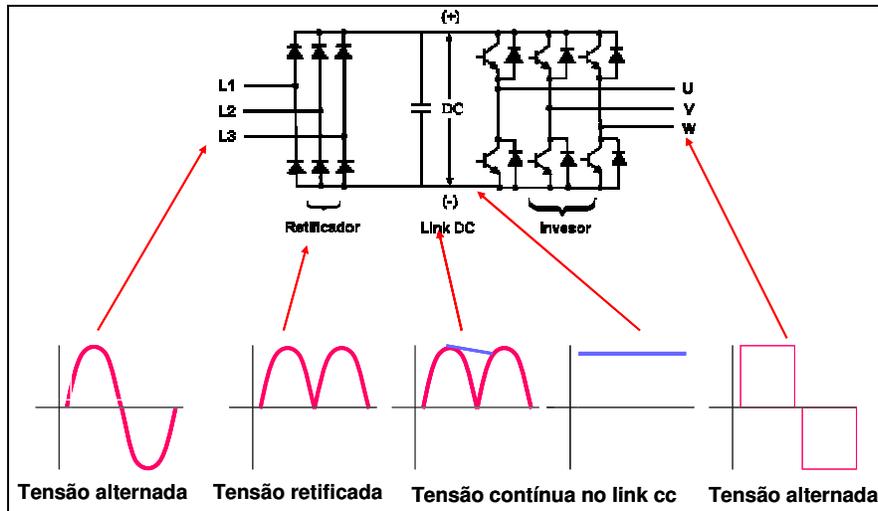
- Desvantagens:
 - custo bastante elevado;
 - produz interferências na rede elétrica de alimentação (harmônicas) devido à alta frequência de chaveamento de seus componentes internos, necessitando o uso de filtros de correção.

O inversor de frequência é composto de retificador, filtro e inversor (Figuras 56 e 57). O circuito retificador transforma a tensão alternada de entrada em tensão contínua que é filtrada no circuito intermediário. Essa tensão contínua alimenta o circuito inversor. Através de tiristores ou transistores, o circuito inversor fornece um sistema de corrente alternada de frequência e tensões variáveis. Desse modo, um motor de indução trifásico acoplado pode ser operado com variação de rotação (WEG, 2004).



Fonte: WEG (2003).

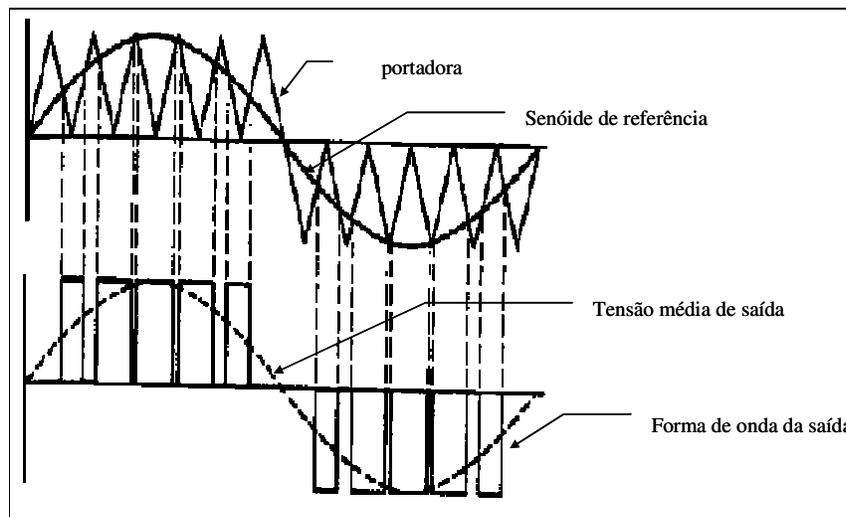
Figura 56. Componentes do inversor de frequência.



Fonte: WEG (2004).

Figura 57. Detalhes do funcionamento de um inversor de frequência.

A Figura 58 apresenta detalhes da modificação da frequência através da variação dos pulsos de tensão. Como a técnica muda a largura dos pulsos de tensão é denominada de modulação por largura de pulso, sendo essa técnica a mais utilizada. Esse sistema permite geração de ondas senoidais de frequência variável com resolução de até 0,01Hz (WEG, 2004).



Fonte: WEG (2004).

Figura 58. Sistema de modulação PWM.

QUESTÕES

1. Quais as ações operacionais para a redução de custos de energia elétrica?
2. Quais as principais causas do baixo fator de potência? Como corrigi-lo?
3. Que alternativas você encontra para diminuir a potência dos equipamentos?
4. Disserte sobre a redução de perdas de carga.
5. Qual a finalidade do aumento no rendimento do conjunto motobomba?
6. Escreva sobre as principais alterações operacionais dos sistemas de abastecimento de água, que possam reduzir substancialmente os custos energia elétrica.
7. Analise como a automação contribui para a redução dos custos no sistema de abastecimento de água.
8. De que forma a energia elétrica pode contribuir para a redução dos custos nos sistemas de água e esgoto?
9. Relate sobre a utilização de inversores de frequência em sistemas de bombeamento para a diminuição do consumo de energia elétrica.

EDUCAÇÃO PARA ECONOMIA DE ÁGUA E ENERGIA

A educação constitui o mais importante instrumento para a formação do conceito de cidadania e, assim sendo, um povo que não tem educação qualitativa, não vive a cidadania.

A cidadania é uma qualidade desejável em uma democracia onde os cidadãos têm garantidos seus direitos constitucionais e em contrapartida agem de acordo com seus deveres sociais. Ao assumir suas responsabilidades, Estado e Cidadão contribuem para melhorar a qualidade de vida da comunidade (MARQUES, 2005).

A educação ambiental é uma forma de garantir uma boa qualidade de vida, tanto para as atuais, como para as futuras gerações, pois é um processo educativo orientado para a resolução dos problemas concretos do meio ambiente através de enfoques interdisciplinares e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade. Tendo-se clareza de que os recursos naturais não são inesgotáveis, a conservação de água e energia passa a ser um dos objetivos fundamentais da educação ambiental.

Os programas para educação em economia de água e energia, exigem mudanças culturais para as comunidades e podem ser divididas em:

- educação pública: com enfoque para o público em geral;
- educação para técnicos: dirigido para profissionais com formação técnica.

O sucesso desses programas depende fundamentalmente da participação dos governos federal, estadual e municipal, e dos prestadores de serviços de saneamento. Como o saneamento básico é sinônimo de conservação ambiental e garantia de saúde, esses programas vinculam-se diretamente à Responsabilidade Social dessas instituições.

Educação Pública

A sensibilização do público sobre a importância da economia de água e energia pode ser realizada de várias formas, tais como:

- veiculação na mídia: televisão, rádio, jornais etc.;
- divulgação na internet através de sites de governos federal, estadual, municipal e prestadores de serviços de saneamento;
- campanhas educativas com oferecimento de cursos e palestras à população em geral;
- capacitação de educadores da rede pública: envolve diretores de escolas, supervisores de ensino, coordenadores pedagógicos, professores e alunos;
- capacitação de lideranças comunitárias: abrange lideranças e representantes dos órgãos estaduais e municipais, bem como, a sociedade civil organizada.

Objetivos

O programa de economia de água e energia tem como objetivo principal atuar na demanda e consumo de água e energia, incentivando o usuário através de ações tecnológicas e medidas de conscientização, para enfrentar a escassez desses insumos. Destacam-se, também, os seguintes objetivos:

- conscientizar a população da questão ambiental visando a mudança de hábitos e eliminação de vícios de desperdício;
- promover maior disponibilidade de água para áreas em condições críticas de abastecimento de água;
- prorrogar a vida útil dos mananciais existentes;
- diminuir o consumo de energia elétrica e outros insumos;
- reduzir os custos do tratamento de esgotos ao diminuir o volume de esgotos lançados na rede pública;
- postergar investimentos necessários para a ampliação dos sistemas de água e esgotos, bem como, a geração de energia elétrica;
- incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias para diminuir o consumo de água e energia elétrica.

Ações

As ações apresentadas a seguir tiveram como base as ações desenvolvidas e em desenvolvimento pela Sabesp, desde 1995, no Programa de Uso Racional de Água (SABESP, 2007). Para a sustentação tecnológica do programa, a Sabesp trabalhou em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Na primeira fase desse programa, foi montada sua estrutura e desenvolvimento de projetos-pilotos para criação da metodologia de ação em instalações de grandes consumos, pois quanto maior for o consumo, maior as possibilidades de economia. Ações principais:

- levantamento do perfil de consumo do cliente e avaliação da redução;
- diagnóstico preliminar das instalações hidráulicas e elétricas;
- caracterização de hábitos e vícios de desperdício;
- elaboração de cadastro de rede de água, rede de incêndio e instalações elétricas;
- pesquisa/correção de vazamentos em rede de água e instalação hidráulica predial;
- estudo de alternativas para substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água e energia elétrica;
- estudo de alternativas para reaproveitamento de água e utilização de água de reúso;
- implantação de programas específicos em locais de grande consumo de água e energia;
- gestão do consumo após a intervenção.

Programa para economia individual de água e energia

Devido o sucesso alcançado pela Sabesp no Programa de Uso Racional de Água (Sabesp, 2007), recomenda-se a utilização de uma estrutura semelhante a esse programa a ser disponibilizada na internet, cujos itens são os seguintes:

- O que é um Programa de Economia de Água e Energia Elétrica;
- Objetivos;
- Benefícios;
- Ações;
- Cursos e palestras;
- Economia em casa;
- Economia em apartamento;
- Dicas e testes;
- Parcerias;
- Equipamentos economizadores;
- Quem adotou;
- Fontes e pesquisas;
- Campanhas educacionais.

Educação para Técnicos

O processo de educação e capacitação visando à conservação de água e energia e à disseminação para a sociedade deve ser dirigido a profissionais com formação técnica que atuam na área de abastecimento de água, esgoto sanitário e energia elétrica, em empresas estaduais e municipais. A sensibilização dos técnicos sobre a importância desse tema, pode ser realizada de várias formas, tais como:

- Divulgação na internet através de *sites* de governos federal, estadual, municipal e prestadores de serviços de saneamento;
- Divulgação em Congressos, Seminários, Encontros Técnicos etc.;
- Cursos, seminários e palestras.

Várias instituições já estão envolvidas nesse tema, destacando-se, entre outros, a Eletrobrás através da Procel Sanear, CEPEL, ABES, Ministério das Cidades, Sabesp, ReCESA, ASSEMAE, AESBE.

Objetivos

O objetivo principal consiste em capacitar técnicos dos prestadores de serviços de saneamento básico dos municípios e do estado, no tema de gerenciamento de perdas de água e de energia elétrica, para que os mesmos possam elaborar e avaliar programa de combate às perdas de água e energia, além de transferir conhecimentos adquiridos, com subsequente garantia de uma melhor operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água (ReCESA, 2007).

Quando a capacitação for realizada através de cursos, para a avaliação dos participantes, deve-se verificar ao seu final se os participantes são capazes de (ABES, 2006):

- conhecer os principais conceitos relativos a perdas de água e oportunidades de efficientização energética;
- avaliar ou criar a estrutura interna na empresa para implementar as ações necessárias para desenvolver gestão;
- planejar, desenvolver, controlar e avaliar programas de combate a perdas de água e energia, abordando alternativas e procedimentos para financiamento de ações, incluindo o auto financiamento sustentado destas ações.

Ações

Para o programa de educação para técnicos, o plano de ação da Procel Sanear 2006/2007, apresenta na vertente educação e capacitação, as seguintes ações:

- Programa de sensibilização e capacitação;
- Publicação de materiais didáticos voltados para a conservação de água e energia elétrica;
- Promoção de intercâmbio com instituições de ensino;
- Apoio à rede nacional de capacitação do Ministério das Cidades.

As principais atividades desse programa foram:

- estruturar e celebrar convênio com a ABES;
- elaborar temas e conteúdo dos seminários e cursos;
- adquirir livros e elaborar apostilas;
- definir cronogramas de seminários e cursos;
- elaborar matérias e textos de divulgação;
- divulgar programa de capacitação e outros;
- realizar seminários e cursos;
- avaliar e divulgar resultados.

QUESTÕES

1. Como a educação pode contribuir para a economia de água e energia?
2. Que meios você utilizaria para a sensibilização pública no que se refere a economia de água e energia?
3. Escreva sobre as ações de um programa para economia individual de água e energia.
4. Que diferenças você percebe entre o programa de conscientização pública e o voltado para técnicos?

PROGRAMA DE COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA

Programa de Combate às Perdas de Água

Antes de 1900 o controle de perdas reais era feito pelo controle passivo, ou seja, os reparos de vazamentos somente eram efetuados por intermédio de solicitação do usuário. Nessa época, as prestadoras de serviços de saneamento não haviam implantado ações como a pesquisa de vazamentos e o controle de pressão.

O controle ativo iniciou-se com as medições de vazão, através da utilização de tubo pitot. Em 1940, começou a ser realizada a pesquisa de vazamentos não visíveis com geofone mecânico e, a partir de 1950, com o geofone eletrônico. O correlacionador de ruídos e o armazenador de dados surgiram após os anos 70. Nos anos 80 e 90, as perdas reais passaram a serem monitoradas por meio do controle de pressão e modelagem ativa das perdas.

Foi na década de 80 que os operadores de sistemas de abastecimento começaram a dar importância às perdas devido à publicação do estudo “Leakage control, policy and practice – Report 26” pela *Water Research Center*. Essa publicação possibilitou o desenvolvimento de técnicas adequadas para o controle de perdas. Inúmeros trabalhos internacionais e nacionais têm sido publicados sobre esse assunto, destacando-se o Grupo Tarefa da *International Water Association – IWA*, que tem estabelecido as diretrizes para o controle e redução de perdas.

Principais atividades para um programa de controle e redução de perdas

Tardelli Filho (2004) propõe os tópicos apresentados a seguir para a elaboração de um programa de controle e redução de perdas.

Diagnóstico

O diagnóstico começa com a elaboração da matriz do balanço de águas, abrindo posteriormente os tópicos relativos à caracterização das perdas. Para isso serão necessários levantamentos de campo e estimativas para se chegar aos números representativos de cada setor, que definirão as linhas de ação mais adequadas para cada caso.

Definição de metas

A definição de metas globais e setoriais, para as perdas reais e perdas aparentes, é um exercício dos mais importantes na estruturação de um programa. Como o programa de controle e redução de perdas é composto de diversas atividades, cada uma com linhas de atuação distintas, é importante definir indicadores específicos e metas para cada ação, de

forma a compor um pacote de ações e respectivas metas, cuja integração de resultados deverá atingir a meta global estabelecida.

Indicadores de controle

Cada ação deve ser controlada por um indicador específico. Assim, no caso do controle ativo de vazamentos, pode-se acompanhar o desenvolvimento dos trabalhos através de indicadores como “número de vazamentos encontrados por quilômetro pesquisado”, ou “extensão diária pesquisada por equipe”.

Planos de ação

Para cada ação a ser contemplada no programa é importante a elaboração de uma base estruturada onde serão delineados as atividades, os métodos, os responsáveis, os prazos e os custos estimados. A ferramenta mais usual é a planilha “5W x 2H” (“what”, “why”, “who”, “when”, “where”, “how”, “how much”).

Estruturação e priorização

Definidas as ações e os respectivos planos, entende-se que o programa está estruturado. Entretanto, é importante enfrentar um problema muito comum em qualquer prestadora de serviços de saneamento: a insuficiência de recursos financeiros para tocar com o mesmo empenho todas as frentes de trabalho. Para isso é necessário priorizar algumas ações, aquelas cujas avaliações indicaram maiores recuperações de volume e, evidentemente, maiores repercussões nos indicadores de perdas. O critério da análise benefício/custo também é uma ferramenta usual de priorização das ações.

Acompanhamento das ações e avaliação de resultados

A elaboração de relatórios gerenciais periódicos é fundamental para o acompanhamento das ações, usando-se todas as possibilidades de recursos analíticos e gráficos para tal (tabelas, gráficos e mapas). Os relatórios serão cada vez mais detalhados quanto menor for o nível hierárquico a que se destina. Assim, os técnicos diretamente envolvidos na condução do programa devem consolidar em um relatório todas as ações, responsabilidades, resultados específicos e globais etc. Para os níveis hierárquicos superiores há que se passar um filtro, selecionando-se aquelas informações mais importantes de caráter gerencial, que efetivamente dão uma idéia do andamento do programa, seus pontos fortes e fracos e principais resultados, tendo como pano de fundo as metas estabelecidas.

Envolvimento

O sucesso de um programa de controle e redução de perdas está diretamente vinculado ao conhecimento e participação de todos os agentes responsáveis, em quaisquer níveis hierárquicos na prestadora de serviço de saneamento. A realização de reuniões técnicas setoriais, palestras técnicas, discussões de resultados e cobrança de responsabilidades, bem

como a utilização de todos os meios de comunicação internos disponíveis, são medidas passíveis de serem utilizadas para a divulgação e envolvimento de todos nesse programa. Esse envolvimento deve ser passado e cobrado também no caso de terceirização dos serviços, através da fiscalização eficiente e cláusulas contratuais rígidas, além da divulgação dos princípios e ações do programa no qual se insere a empresa contratada.

Programa de Combate às Perdas das Prestadoras de Serviços de Saneamento

No Brasil vários programas de redução de perdas foram implantados pelas prestadoras de serviços de saneamento públicas e privadas desde a conscientização da importância do controle de perdas, sendo que, alguns eventos de importância são relacionados a seguir (ARIKAWA, 2005):

- Em 1969, com a implantação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) foram investidos recursos financeiros consideráveis, principalmente nos grandes centros urbanos, visando reduzir o déficit de atendimento no setor de saneamento.
- Seminário de macromedição, realizado em 1980, no Rio de Janeiro, com a participação das companhias estaduais de saneamento.
- Em 1981, constituição da comissão nacional de controle de perdas pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), formada por representantes de diversas prestadoras de serviços de saneamento, destinada a assessorar o banco no estabelecimento de diretrizes de âmbito nacional para controle de perdas.
- A campanha para redução de perdas incentivada pelo BNH acabou dando origem ao Plano Estadual de Controle de Perdas (PECOP) implantado em 1981, com o objetivo de reduzir o volume perdido bem como identificar e eliminar os fatores que ocasionam as perdas.
- Em 1984, o PECOP sofreu reformulações em sua abrangência, dando maior ênfase na ação global de planejamento, controle e desenvolvimento da operação, originando o Programa de Controle e Desenvolvimento da Operação (PEDOP).
- A Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) possui câmara de desenvolvimento operacional, cuja finalidade é apoiar e incentivar programas dirigidos à redução das perdas e otimização operacional dos sistemas de abastecimento de água.
- Em 1995, criação do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNSA), por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). O SNIS constitui um diagnóstico contendo informações coletadas e indicadores calculados a partir delas, referentes a uma amostra de Prestadoras de Serviços de Saneamento. Além do Diagnóstico, são também produtos do SNIS a série Visão Geral da Prestação de Serviços de Água e Esgotos, e o Aplicativo da Série Histórica.
- Em 1997, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), financiado pela União, foi desenvolvido pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR), por intermédio de convênio firmado com a Fundação

para Pesquisa Ambiental da Universidade de São Paulo. O convênio teve como escopo a realização de estudos especializados e a organização de um conjunto de 16 Documentos Técnicos de Apoio (DTA) as atividades do Programa, nas áreas de planejamento das ações de conservação, de tecnologia dos sistemas públicos de abastecimento de água e de tecnologia dos sistemas prediais de água e esgoto.

- Em 1998, a Fase II do PNCDA incluiu a produção de mais 4 DTAs.
- Em 1999–2000 foi desenvolvido o Programa de Qualificação e Certificação em Detecção de Vazamentos Não-Visíveis de Líquidos sob Pressão, pela Associação Brasileira de Ensaio Não-Destrutivos (ABENDE) e pela Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE).
- Seminário Internacional sobre Programas de Redução e Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água, realizado em 2002 no Recife – PE, pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano (SEDU/PR) por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS).

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp

As primeiras iniciativas na Sabesp para combater as perdas ocorreram ao final da década de 70, com recursos financiados pelo antigo BNH – Banco Nacional de Habitação, com a implementação do PECOP – Plano Estadual de Controle de Perdas, contando com transferência de tecnologia dos Estados Unidos especialmente na questão da pitometria. A Sabesp foi indicada para ser piloto naquele momento, encarregando-se de transferir o conhecimento adquirido às demais companhias estaduais de saneamento no Brasil.

Em 1984, percebendo que os incrementos financeiros necessários para reduzir o índice de perdas iam aumentando à medida que esse índice ia diminuindo, o PECOP foi reformulado, tendo sua abrangência ampliada. Dessa forma, implantou-se o PEDOP – Programa de Controle e Desenvolvimento da Operação, calcado na premissa de que a partir de uma ação global de planejamento, controle e desenvolvimento da operação, os resultados de redução de perdas seriam mera consequência dessas ações gerais. O PEDOP possuía 8 subprogramas (TARDELLI FILHO, 2004):

I – Micromedição;

II – Redução e controle de vazamentos;

III – Macromedição;

IV – Pitometria;

V – Desenvolvimento da operação;

VI – Revisão dos critérios de projetos e construção e desenvolvimento da qualidade dos materiais e equipamentos;

VII – Cadastro dos sistemas existentes e de grandes consumidores;

VIII – Segurança dos sistemas.

Vários programas de redução de perdas foram desenvolvidos na Sabesp, entre outras, destacam-se: o Programa Interno de Redução de Perdas na RMSP (SABESP, 1997) e Gestão

Operacional para a Redução de Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo, 1999–2002 (SABESP, 1999).

Para a elaboração do programa de redução de perdas no período 2004 a 2008, a Sabesp definiu as seguintes diretrizes (SABESP, 2004):

a) Diretriz geral

As propostas de ações devem ser feitas com base em diagnósticos consistentes por setor de abastecimento, desdobrados por escritórios regionais e pólos de manutenção, definindo claramente as responsabilidades de toda a escala hierárquica e das áreas operacionais e comerciais envolvidas, de forma a priorizar os recursos financeiros e melhorar os resultados de redução de perdas e águas não-faturadas.

b) Diretrizes específicas

Para a estruturação do programa e suas ações, os seguintes pontos são importantes:

- consideração especial às questões do fechamento dos setores/subsetores e da estanqueidade dos registros limítrofes, que deverão exigir um trabalho integrado com áreas de manobra (operação) e serviços (manutenção);
- manutenção sistemática em todos os registros da rede de distribuição, para que funcionem quando solicitados e reduzam a área de intervenção (corte de fornecimento de água a uma zona específica) ao mínimo possível;
- análise crítica e proposição sistemática de revisão de procedimentos operacionais ligados à questão de perdas;
- envolvimento das áreas de engenharia, até onde for institucionalmente possível, na questão do desenvolvimento, especificação, compra e inspeção de materiais e novos equipamentos;
- nova visão na questão dos tempos de reparo de vazamentos, separando as metas e as logísticas definidas para o reparo de cavaletes e para o reparo de redes e ramais;
- ações sistematizadas na manutenção e regulação das VRPs e *boosters*;
- ampliação da utilização de registradores acústicos de ruídos para a otimização do controle ativo de vazamentos;
- troca otimizada de hidrômetros de pequena e grande capacidade, bem como aplicação de novas tecnologias de medição e gerenciamento de volumes (hidrômetro com visor inclinado, telemetria, classe d etc.);
- abordagem diferente na consideração da macromedição na composição das perdas: efetuar os ajustes necessários nos valores macromedidos e, a partir daí, definir a matriz do balanço das águas;
- implantação de modelagem e sistemas de supervisão telemetrizada nos setores, que levem em conta, além da questão da melhoria do abastecimento, a gestão de perdas reais;

- estreitamento dos entendimentos com as áreas de abastecimento/engenharia e planejamento para a formulação de um programa com definição das tubulações a remanejar ou a reabilitar, técnicas adequadas e respectivos custos;
- priorização para as ações de troca de ramais;
- desenvolvimento da aplicação de redes e ramais de polietileno com juntas soldadas, com vistas à melhoria da qualidade da infra-estrutura e à redução de vazamentos (especialmente os inerentes);
- realização de testes hidrostáticos para recebimento de redes novas (procedimentos);
- introdução do registro de falhas nos serviços de manutenção de redes, de forma a contribuir para a realização de diagnósticos mais fundamentados para a melhoria contínua dos materiais e processos operacionais;
- elaboração de novos estudos de perfil de perdas, em base mais consistentes e atualizadas tecnicamente, que efetivamente constituam em ferramentas para diagnósticos e direcionamento das ações;
- inserção de ações voltadas ao treinamento e certificação da mão-de-obra envolvida no programa, tanto interna quanto contratada;
- definição de banco de custos médios das ações do programa e acompanhamento sistemático dos custos/desembolsos do programa;
- determinação do índice econômico de perdas, diferenciando em perdas reais e perdas aparentes;
- divulgação sistemática dos resultados, ações, manuais, procedimentos e eventos ligados ao programa de perdas, bem como elaboração de material de divulgação e treinamento com o objetivo de atingir os profissionais de níveis técnico e operacional.

Em linhas gerais, as ações para o programa de perdas da Sabesp para o período 2004 a 2008, foram estruturadas da seguinte forma (SABESP, 2004):

- *Ações para redução de perdas reais*
 - Gerenciamento da infra-estrutura;
 - Controle de pressões;
 - Agilidade e qualidade do reparo de vazamentos.
- *Ações para redução de perdas aparentes*
 - Gerenciamento da micromedição;
 - Gerenciamento da macromedição;
 - Combate a fraudes e ligações clandestinas;
 - Melhoria do cadastro comercial e do processo de apuração de consumo.
- *Ações para melhoria dos sistemas de informação e gestão*
 - CSI – Sistema de Gestão Comercial;
 - SIGAO – Sistema de Gestão Operacional;
 - SIGPERDAS – Sistema de Gerenciamento de Perdas;

- SIM/SCOA – Sistema de Macromedição/Sistema de Controle Operacional de Abastecimento;
- SIGNOS (GIS) – Sistema de Informações Geográficas no Saneamento.
- *Ações complementares*
 - Abordagem econômico-financeira;
 - Gestão;
 - Indicadores;
 - Favelas e área invadidas;
 - Qualificação e certificação de profissionais;
 - Divulgação e envolvimento.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa

O programa apresentado a seguir foi baseado na publicação da Copasa – Programa de Redução de Perda de Água no Sistema de Distribuição, de setembro de 2003.

1) Diretrizes do programa de redução de perdas de água

Para o desenvolvimento do programa de redução de perdas de água é necessário o nivelamento conceitual dos parâmetros e indicadores de desempenho técnico que permitem identificar a causa fundamental da perda de água, bem como as respectivas atividades básicas necessárias para a quantificação precisa da perda e a para a sua efetiva redução.

1.1) Conceituação: definições dos principais conceitos técnicos.

1.1.1) Conceituação básica: perda de água, perdas aparentes (perdas não-físicas de água), perdas reais (perdas físicas de água), consumo autorizado, consumo autorizado não faturado, consumo não autorizado (roubo), água não convertida em receita, medição, imprecisão da medição.

1.1.2) Conceituação dos indicadores de controle de perdas de água: indicadores de controle de perdas de água, indicadores técnicos de desempenho, indicador técnico de perdas reais, média de perdas reais inevitáveis, índice de vazamentos na infraestrutura, potencial de recuperação de perdas reais.

1.2) Medição e quantificação de volume de água

1.3) Causas fundamentais das perdas de água

1.3.1) Práticas e rotinas operacionais e comerciais: consumo autorizado, consumo autorizado não faturado.

1.3.2) Perdas aparentes: consumo não autorizado, imprecisão da medição.

1.3.3) Causas das perdas reais (perdas físicas): vazamentos e extravasamentos, vazamentos em adutoras e redes, vazamentos em ramais.

- 1.4) Métodos de detecção de perdas: análise dos indicadores operacionais, análise das vazões mínimas noturnas, análise estratificada de consumo, análise de factíveis, análise das pressões de serviços, utilização de modelos matemáticos.
- 1.5) Definição de soluções para a causa das perdas de água
 - 1.5.1) Soluções para as perdas aparentes de água: imprecisão da medição e da informação, rapidez e qualidade de aferição de medidores, gerenciamento e substituição de medidores, controle ativo de fraudes.
 - 1.5.2) Soluções para as perdas reais de água: controle de pressão na rede, rapidez e qualidade dos reparos, gerenciamento e substituição de redes, controle ativo de vazamentos e fugas.
- 1.6) Projetos especiais: telemetria, teleoperação, telesupervisão, comunicação.

2) Identificação das perdas

- 2.1) Perdas na distribuição de água
- 2.1) Estimativa de perdas reais

3) Definição das metas

4) Elaboração de diagnósticos

Os diagnósticos das perdas, fundamentados nos métodos de detecção serão, a princípio, direcionados para as localidades que apresentarem seus indicadores acima dos limites fixados: índice de perdas de faturamento maior que 20% e maior potencial de recuperação de perdas. A partir daí, dar-se-á a elaboração dos diagnósticos preliminares, juntamente com os responsáveis pela operação e manutenção de cada uma das localidades previamente selecionadas.

5) Implementação do programa de redução de perdas de água

A estratégia para implementação e sedimentação definitiva do programa de redução de perdas consiste na definição, aprovação e aplicação de um modelo de gerenciamento para a sua gestão. Ela vai se constituir de ações básicas para nortear a sua implementação, incluindo o desenvolvimento de metodologias operacionais e programas motivacionais e educacionais.

5.1) Modelo de gestão

5.2) Pilares de sustentação do programa: será sustentada por quatro pilares – recursos financeiros, comunicação, capacitação e gestão pela base operacional.

5.3) Relatórios mensais: os relatórios mensais de acompanhamento e avaliação da evolução dos indicadores de perdas de água, por diretoria operacional, município e localidade serão os seguintes: balanço de água e indicadores de desempenho técnico das perdas reais, informações básicas operacionais, informações básicas gerenciais.

Programa de Redução de Custos e Combate às Perdas de Energia

Para Tsutiya (1999), um programa de redução de custo e combate à perda de energia, deve conter uma série de ações divididas por fases (Figura 59):

- A primeira fase refere-se às ações administrativas que podem ser aplicadas sem nenhum custo para as prestadoras de serviços de saneamento, portanto, tem sido as mais utilizadas.
- A segunda fase são as ações operacionais que necessitam de investimentos.

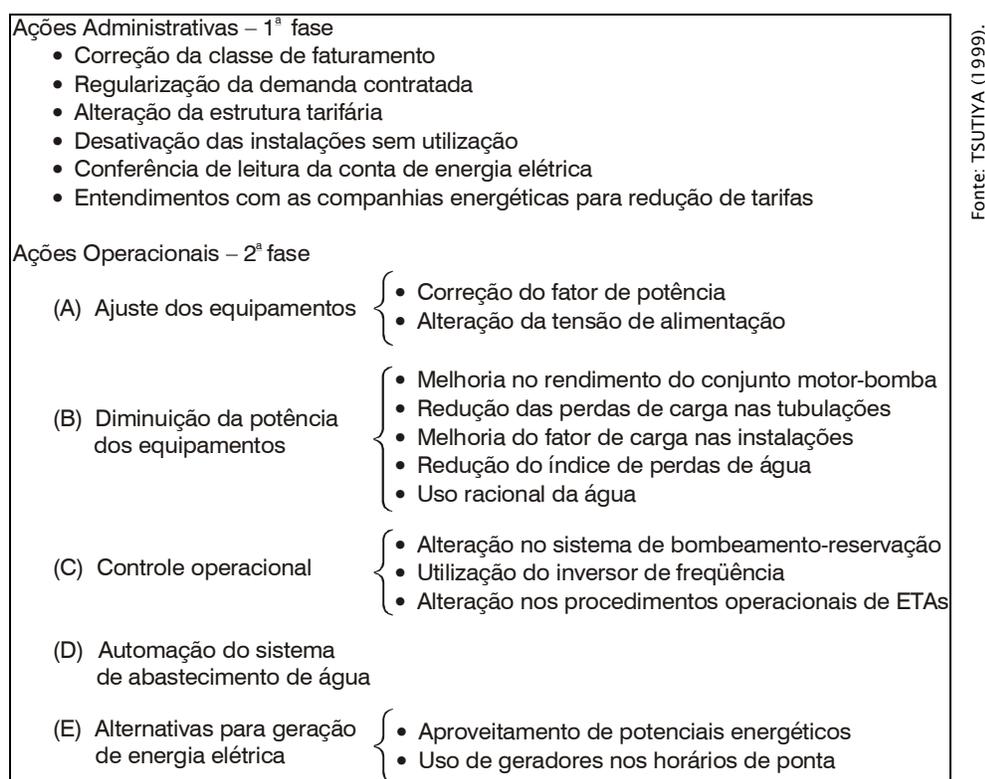


Figura 59. Ações básicas para um programa de redução de custo e combate às perdas de energia.

Programa de Redução de Custos e Combate às Perdas de Energia das Prestadoras de Serviços de Saneamento

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp

Com o aumento nos custos de energia elétrica devido à retirada gradativa do subsídio nas tarifas de energia elétrica, aumento dessas tarifas acima dos índices inflacionários e a cobrança do ICMS, a Sabesp, desde 1983, vem implementando programas operacionais para a redução de despesas com energia elétrica.

Programa de racionalização do uso e redução dos gastos com energia elétrica em 2000

1) Diretrizes gerais

- contabilização dos consumos e indicadores por instalação e processo;
- diagnósticos energéticos: elétrico, hidráulico, mecânico, procedimentos operacionais e manutenção;
- orçamentos e estudos de viabilidade financeira (implementação auto-sustentável) e qualidade (confiabilidade);
- projetos de eficiência energética e automação;
- fontes de recursos: próprios, terceiros e programas de governo;
- implementação, monitoramento e contabilização.

2) Ações

As principais ações do programa são apresentadas a seguir:

- análise e controle operacional das instalações;
- contabilização de consumos e gastos;
- análise e processos de revisões de contas;
- diagnósticos de falhas no suprimento;
- controle dos contratos de fornecimento com foco nos aspectos da legislação;
- prospecção de oportunidade no mercado de energia;
- projetos e negociações para ampliação e novas ligações;
- diagnósticos, procedimentos e ações operacionais para racionalização do uso de energia elétrica;
- aproveitamento de potenciais energéticos existentes na Sabesp.

Gestão de energia na Sabesp em 2006

A gestão da energia elétrica da Sabesp está inserida no planejamento estratégico da empresa, que tem como objetivo fundamental a busca de rentabilidade decorrente da diminuição de despesas operacionais.

A seguir são apresentados os programas e as ações principais para a gestão de energia na Sabesp (HAGUIUDA *et al.*, 2006):

- Otimização do uso de energia elétrica
 - avaliação das unidades consumidoras para enquadramento nas modalidades de otimização: tarifa convencional, tarifa horo-sazonal azul ou verde;
 - adequação de regras/rotinas operacionais;
 - adequação de equipamentos;
 - adequação de sistemas;
 - implantação de projetos de eficiência energética.
- Gestão do fornecimento de energia elétrica

- adequação das demandas contratuais e modalidades tarifárias;
- adequação de classes de tensão de fornecimento (alta, média ou baixa tensão);
- mercado livre (migração de novas instalações)
- controle das contas de energia elétrica.
- Geração de energia elétrica
 - analisar o potencial de geração na Sabesp;
 - pequenas centrais hidroelétricas, Cascata e Guaraú;
 - pequena central termoeletrica de Barueri;
 - geradores diesel;
 - outros potenciais.
- Consolidação do uso do sistema corporativo
 - aprimorar o sistema corporativo;
 - integrar o sistema corporativo com outros sistemas internos e externos.

Gestão energética na Saneago – Saneamento de Goiás S/A

As principais ações da Saneago, objetivando reduzir os custos da energia elétrica e aumentar a eficiência energética da empresa, entre os anos 1991 e 1999, foram (OLIVEIRA, 2000):

a) Ações imediatas

- cadastro das unidades consumidoras de energia elétrica;
- controle efetivo das faturas de energia elétrica;
- correção do fator de potência;
- implantação do modelo tarifário horo-sazonal;
- mudança do grupo tarifário;
- concepção do sistema computacional de gestão energética.

b) Ações futuras

- avaliação da utilização de equipamentos de melhor performance energética (motores de alto rendimento);
- estudo e avaliação pormenorizada de acionamentos não convencionais de máquinas girantes;
- utilização de iluminação de baixo consumo;
- avaliação da qualidade de fornecimento da energia elétrica;
- concepção de sistemas automáticos de controle de processos e de máquinas;
- montagem e operacionalização do laboratório para avaliação de desempenho energético de motores de indução;
- otimização dos projetos dos sistemas de água e esgoto e redefinição dos atuais em consonância com os princípios da conservação de energia;
- efetivação de um programa de manutenção preditiva nos sistemas de maior peso operacional;
- avaliação da utilização de grupos geradores como fonte alternativa para suprimento de energia elétrica;

- desenvolvimento de um programa interno junto aos colaboradores da empresa, visando sedimentar e multiplicar os valores inerentes à conservação de energia em todos os segmentos da empresa.

QUESTÕES

1. Que etapas devem ser vencidas para a eficiência de um programa de controle e redução de perdas de água? Escreva sobre cada uma.
2. Pode-se afirmar que algumas das etapas do programa de controle e redução de perdas são mais importantes que as outras? Em sua opinião, que etapas merecem prioridade?
3. Pesquise e escreva sobre alguns programas de combate às perdas de água das prestadoras de serviços de saneamento.
4. Elabore um programa piloto de redução de perda de água a ser aplicado pela companhia de saneamento do seu estado.
5. Que ações de programa de redução de custo e combate às perdas de energia que você conhece?
6. Monte as estratégias que você considera eficientes para o combate às perdas de energia de uma prestadora de saneamento.

PLANOS DE AÇÃO DE COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA

Elaboração de Planos de Ação para o Combate às Perdas de Água e Energia

Para Marcka (2005), a elaboração de um plano de ação envolve as seguintes atividades:

- caracterização do problema;
- diagnóstico;
- ações: custos e benefícios;
- plano de ação;
- acompanhamento e controle.

Para o desenvolvimento de ações, integrante de um plano de ação, poderá ser utilizada as seguintes instruções (Procel Sanear, 2005):

- O que será feito? Título da proposta de ação.
- Para quem será feito? A quem se destina ou beneficiário direto.
- Porque será feito? Qual o intuito da proposta de ação ou o que a motivou.
- Quem a fará e/ou quem contribuirá para a proposta de ação (parceiros)? Responsáveis pela coordenação da ação.
- A quem afetará? Clientes intervenientes de cada meta estabelecida.
- Como será feito (etapas, fases etc.)? Principais passos e ações para a realização da ação.
- Quando será feito (cronograma)? Marcos críticos no desenvolvimento da ação.
- Quanto custará?
- Quais os indicadores de desempenho? Que medirão o desempenho na realização da proposta de ação.

Diagnóstico

Ostermayer e Gomes (2005) desenvolveram para o curso “Combate ao desperdício de energia e água em saneamento ambiental” da ABES/Eletróbrás-Procel, um aplicativo para auto-diagnóstico da gestão de combate a perdas de água e uso eficiente de energia, que poderá ser utilizado pelos prestadores de serviços de saneamento. As principais diretrizes desse aplicativo são:

- Para cada ação foram detalhadas as atividades, que serão pontuadas, considerando: 5=ótimo; 4=bom; 3=regular; 2=fraco; 1=inexistente (Tabela 18).
- Para visualização da gestão foi elaborado um radar da eficiência no combate a perdas de água e energia, onde são inseridos as ações e os pontos obtidos.

- Após a soma dos pontos, deverá ser utilizada uma tabela de interpretação do resultado (Tabela 19) para determinar o nível de gestão atual sob a ótica das vertentes: sistematização, abrangência, resultados.
- Para avaliação da gestão, cada ação terá um peso, resultando em valor total ponderado, e através de tabela de interpretação do resultado global (Tabela 20), obtém-se o resultado final do auto-diagnóstico da gestão de combate a perdas de água e uso eficiente de energia.

Tabela 18. Atividades das ações.

ITEM	AÇÃO
1.0 – Ações Administrativas	
1.1	Sistema de gerenciamento de contas de energia elétrica
1.2	Cadastro técnico de equipamentos de instalações
1.3	Conferência e análise das faturas de energia elétrica
1.4	Negociação com concessionárias para alteração de tensão de alimentação em unidades abaixo de 75kW
1.5	Opção pela melhor estrutura tarifária e correção de classe de faturamento
1.6	Encerramento de contratos de unidades desativadas
1.7	Ajustes para melhoria do fator de carga sem investimentos
1.8	Adequação de demandas contratadas
1.9	Estudos para controlar e ajustar fator de potência
1.10	Habilitação a financiamentos das concessionárias via Resolução Aneel
TOTAL DE PONTUAÇÃO	
2.0 – Estudos, Diagnósticos e Projetos	
2.1	Identificação de oportunidades de uso eficiente e projetos de intervenção
2.2	Estudos para melhoria do fator de carga das instalações
2.3	Estudos para alteração da tensão de alimentação de instalações
2.4	Estudos, testes ou análises para melhoria no rendimento do conjunto motobomba
2.5	Estudos e projetos para redução das perdas de carga nas tubulações
2.6	Projetos para limpar, revestir, substituir ou reforçar adutoras, redes primárias etc.
2.7	Estudos e identificação das causas de acúmulo de ar em pontos críticos
2.8	Alternativas para evitar o fechamento parcial de válvulas nas adutoras e redes
2.9	Estudos ou análises para redução de volumes bombeados e setorização
2.10	Identificação e projetos para evitar o extravasamento de reservatórios
TOTAL DE PONTUAÇÃO	
3.0 Controle Operacional e Automação	
3.1	Atualização do cadastro de redes e unidades operacionais em base gráfica integrada e georreferenciada
3.2	Macromedição do sistema e subsistema
3.2	Modelagem hidráulica do sistema
3.4	Diagnóstico de oportunidades de uso eficiente da energia e projetos de intervenção
3.5	Alteração no sistema bombeamento/reservação para evitar/minimizar operação no horário de ponta
3.6	Utilização de VRPs – Válvulas Redutoras de Pressão
3.7	Aplicação de controle de velocidade de motores para controle de vazões e pressões
3.8	Setorização física na rede de distribuidora para limitar pressões
3.9	Adequação operacional de ETAs (horário de ponta e reaproveitamento de água de lavagem de filtros)

3.10	Automação do funcionamento das unidades operacionais
TOTAL DE PONTUAÇÃO	
4.0	Combate a Perdas Reais (Físicas)
4.1	Atualização do cadastro de redes e unidades operacionais
4.2	Macromedição do sistema
4.3	Modelagem hidráulica do sistema
4.4	Diagnóstico de oportunidades de uso eficiente e projetos de intervenção
4.5	Setorização do sistema para limitação de pressões
4.6	Determinação de vazões mínimas noturnas
4.7	Pesquisa e combate de vazamentos
4.8	Substituição de redes e ramais comprometidos
4.9	Adequação de redes primárias
4.10	Instalação de descargas e ventosas
TOTAL DE PONTUAÇÃO	
5.0	Combate a Perdas Aparentes (Comerciais)
5.1	Diagnóstico do parque de hidrômetros
5.2	Política de micromedição
5.3	Instalação de micromedidores
5.4	Diagnóstico e cadastro de consumidores
5.5	Atualização e complementação cadastral
5.6	Revisão das políticas de comercialização
5.7	Adequação de tarifas de água
5.8	Regulamento de serviços
5.9	Combate a fraudes
5.10	Política de corte e religações
TOTAL DE PONTUAÇÃO	
6.0	Alternativas para Aquisição de Energia Elétrica
6.1	Estudos para geração de energia a partir de reaproveitamento de gás de esgoto, cogeração
6.2	Estudos de aproveitamento de geração a óleo diesel ou gás natural para operação em horário de ponta
6.3	Estudos para reaproveitamento de potenciais hidráulicos nos sistemas de adução
6.4	Estudos para aproveitamento de energia eólica ou solar
6.5	Estudos para migração de mercado cativo para mercado livre de energia
TOTAL DE PONTUAÇÃO	
7.0	Monitoramento e Avaliação
7.1	Atuação da comissão interna de gestão energética
7.2	Atuação da comissão de combate a perdas de água
7.3	Participação da alta direção nos programas de combate a perdas de água e energia
7.4	Participação do corpo de funcionários em programas de combate a perdas de água e energia
7.5	Eventos de capacitação e sensibilização do quadro funcional
TOTAL DE PONTUAÇÃO	

Fonte: OSTERMAYER e GOMES (2005).

Tabela 19. Interpretação do resultado dos itens analisados.

Valor total do item	Vertentes		
	Sistematização	Abrangência	Resultados
0 a 2	<ul style="list-style-type: none"> - Não há metodologia - Não há tratamento sistemático 	<ul style="list-style-type: none"> - Localizada - Um ou outro setor específico envolvido 	<ul style="list-style-type: none"> - Fracos ou inexistentes
2 a 5	<ul style="list-style-type: none"> - Início de tratamento sistemático da questão - Aplicação de alguma metodologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Algumas áreas importantes da empresa envolvidas na questão 	<ul style="list-style-type: none"> - Alguns resultados - Algumas tendências de melhorias
5 a 8	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamento sistematizado da questão envolvendo acompanhamento de dados - Metodologia de trabalho implantada 	<ul style="list-style-type: none"> - Maioria das áreas da empresa estão envolvidas na questão - áreas importantes e áreas de apoio 	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de resultados concretos - Tendências positivas em diversas áreas na questão analisada
8 a 10	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamento sistematizado da questão envolvendo controle, planejamento e melhorias - Metodologia de trabalho difundida e conhecida 	<ul style="list-style-type: none"> - Todas as áreas da empresa estão envolvidas e alinhadas com os propósitos buscados 	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de resultados significativos e motivadores - Tendências positivas na maioria das áreas da empresa

Fonte: Ostermayer e Gomes (2005).

Tabela 20. Interpretação do resultado final do autodiagnóstico.

Pontuação total da avaliação	Interpretação do resultado global - Combate a perdas de água e energia
0 a 25	Praticamente todos os quesitos avaliados não apresentam evidências de esforço para a melhoria da eficiência. A gestão da eficiência de energia e água é praticamente inexistente. Sugere-se a implantação imediata de um Plano de Ação básico, abrangendo inicialmente os principais pontos fracos da avaliação, para depois focar os demais quesitos analisados.
26 a 55	A maioria dos quesitos não apresenta evidência de esforço para a melhoria da eficiência e combate a perdas, com exceção de alguns aspectos específicos. A gestão da eficiência energética e de combate a perdas de água, mesmo com deficiências estruturais, já apresenta alguma conscientização, apesar de localizada. Sugere-se uma melhor estruturação das atividades voltadas ao combate ao desperdício de água e energia, visando uma atuação mais consistente e perene, não dependente de situações esporádicas e isoladas, mas sim implantada de forma continuada através de um Plano de Ação mais abrangente.
56 a 80	A maioria dos quesitos avaliados já apresenta evidência de esforço para a melhoria da eficiência e redução das perdas de água. O processo de gestão já apresenta uma seqüência de trabalho, com alguns resultados concretos obtidos. Sugere-se a adoção de um Plano de Ação mais aprofundado que garanta os resultados já atingidos e sua manutenção, e ataque os pontos fracos específicos no sentido de uma melhoria global do desempenho dos programas de combate a perdas. Sugere-se também a realização

	de diagnósticos técnicos para efficientização operacional
81 a 100	Praticamente todos os quesitos avaliados possuem evidências claras de esforço para a melhoria da eficiência e combate a perdas de água. O processo de gestão dos programas mostra-se estruturado e sistematizado, apresentando já resultados internos significativos. Dado o estágio atual da empresa em termos de gestão da eficiência energética e combate a perdas de água, sugere-se realizar um planejamento de longo prazo que possibilite perenizar os ganhos obtidos bem como divulgar e fomentar programas setoriais como forma de disseminar experiências de sucesso. A partir daqui, todos os projetos de nível II e III passam a ter viabilidade plena, pois a estrutura existente permitirá maximizar ganhos, corrigir rumos e avaliar os resultados adequadamente, trazendo resultados amplos e consistentes.

Fonte: OSTERMAYER e GOMES (2005).

Plano de ação para combate às perdas de água

Para cada ação a ser contemplada em um programa é importante a elaboração de uma base estruturada onde estão delineados as atividades, os métodos, os responsáveis, os prazos e os custos estimados. A Tabela 21 apresenta os planos de ação para o combate às perdas reais e aparentes, que podem ser utilizados pelos prestadores de serviços de saneamento.

Tabela 21. Plano de ação para redução de perdas reais e aparentes. Folha 1.

TIPO	AÇÃO	PRIORIDADE	ATIVIDADES	QUANTIDADE	CONTROLE		RESPONSABILIDADE	CRONOGRAMA												CUSTOS (xR\$1000)	FERRAMENTAS
					INDICADORES ESPECIFICOS	METAS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
PERDAS REAIS	Controle de Vazamentos		Pesquisa e detecção de vazamentos não-visíveis		Nº vazamentos / km pesquisado															<ul style="list-style-type: none"> Mapa de pressões / GIS Histórico de vazamentos Equipamentos 	
			Tempo efetivo de reparo (vazamentos visíveis e não-visíveis)		Tempo entre a localização e o reparo															<ul style="list-style-type: none"> Sistema operacional Tempo de aviso 	
			Redução do índice de retrabalho no reparo de vazamentos		Nº de reparos reincidentes / Nº de vazamentos reparados																<ul style="list-style-type: none"> Sistema operacional Amostragem
			Melhoria da qualidade da execução dos serviços de reparo e instalação de redes e ramais (mão-de-obra) - Treinamento e Certificação		Nº de funcionários treinados Nº de funcionários certificados Redução do retrabalho																<ul style="list-style-type: none"> Convênios Procedimentos Manuais Fiscalização Treinamentos
			Melhoria da qualidade da execução dos serviços de reparo e instalação de redes e ramais (mão-de-obra) - Execução		Nº de funcionários treinados Redução do retrabalho																<ul style="list-style-type: none"> Convênios Procedimentos Manuais Fiscalização Treinamentos
			Melhoria da qualidade da execução dos serviços de reparo e instalação de redes e ramais (mão-de-obra) - Fiscalização		Nº de funcionários treinados Redução do retrabalho																<ul style="list-style-type: none"> Convênios Procedimentos Manuais Fiscalização Treinamentos
			Melhoria da qualidade dos materiais		Prazo																<ul style="list-style-type: none"> Suprimentos Normas Inspeção Procedimentos

Tabela 21. Plano de ação para redução de perdas reais e aparentes. Folha 2.

TIPO	AÇÃO	PRIORIDADE	ATIVIDADES	QUANTIDADE	CONTROLE		RESPONSABILIDADE	CRONOGRAMA												CUSTOS (xR\$1000)	FERRAMENTAS				
					INDICADORES ESPECIFICOS	METAS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D						
PERDAS REAIS	Controle de extravasamentos/ vazamentos de reservatórios e aquedutos		Melhoria das condições operacionais e estruturais dos reservatórios e aquedutos		N° eventos de extravasamentos Tempo de extravasamento N° manutenções																			<ul style="list-style-type: none"> Inspeção local Recuperação estrutural Estimativa de volumes perdidos 	
	Controle de vazamentos em estações bombeamento		Redução de vazamentos nas estações de bombeamento		N° vazamentos/estação																			<ul style="list-style-type: none"> Inspeção local Ajustes nos equipamentos Estimativa de volumes perdidos 	
PERDAS APARENTES	Aumento da confiabilidade da macromedicação		Implantação do sistema de macromedicação		N° de medidores																			<ul style="list-style-type: none"> Cadastro Desenvolvimento do Sistema 	
			Operação e manutenção da macromedicação		Calibrações realizadas/Calibrações planejadas																			<ul style="list-style-type: none"> Cadastro Calibrações Pitometria 	
			Medição dos volumes produzidos		Volume macromedido/Volume total produzido																				<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico Instalação Operação
			Medição dos volumes dos setores de abastecimento		Volume macromedido/Volume total entregue																				<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico Instalação Operação
			Vistoria das ligações com taxa fixa		N° de vistorias / N° de atualizações																				<ul style="list-style-type: none"> Vistorias Cadastro

Tabela 21. Plano de ação para redução de perdas reais e aparentes. Folha 3.

TIPO	AÇÃO	PRIORIDADE	ATIVIDADES	QUANTIDADE	CONTROLE		RESPONSABILIDADE	CRONOGRAMA												CUSTOS (xR\$1000)	FERRAMENTAS
					INDICADORES ESPECIFICOS	METAS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
PERDAS APARENTES	Controle de volumes em áreas invadidas ou favelas		Áreas invadidas – medição ou estimativa de volumes consumidos		Consumo médio / Unidade habitacional														<ul style="list-style-type: none"> ▪ Macromedição ▪ Medições temporárias para estimativa 		
			Favelas – medição ou estimativa de volumes consumidos		Consumo médio / Unidade habitacional														<ul style="list-style-type: none"> ▪ Micromedição (quando possível) ▪ Macromedição (regra geral) ▪ Critérios para estimativa 		
	Combate a fraudes e irregularidades na ligação		Análise do consumo de água das ligações		Nº de distorções encontradas / Nº de análises														<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planejamento/seleção ▪ Histórico: banco de dados e tipo de ocupação (atividade) 		
			Detecção e regularização de imóveis com abastecimento irregular		Nº vistorias/programado Nº fraudes/vistoria Volume recuperado por fraude detectada														<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção ▪ Enquadramento ▪ Contrato de risco 		
			Ligações inativas e revisão cadastral		Nº de correções/Nº de inspeções															<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leiturista ▪ Sistema comercial 	

Fonte: TARDELLI FILHO (2004).

Plano de ação para combate às perdas de energia

Para o combate às perdas de energia elétrica, podem ser implementadas as ações administrativas e operacionais relacionadas em itens anteriores e apresentadas a seguir:

1) Ações administrativas

- Correção da classe de faturamento;
- Regularização da demanda contratada;
- Alteração da estrutura tarifária;
- Desativação das instalações sem utilização;
- Conferência de leitura da conta de energia elétrica;
- Negociação para a redução de tarifas com as companhias energéticas;

2) Ações operacionais

- *Ajuste de equipamentos*
 - Correção do fator de potência;
 - Alteração da tensão de alimentação.
- *Diminuição da potência dos equipamentos*
 - Melhoria no rendimento do conjunto motobomba;
 - Redução na altura manométrica;
 - Redução no volume de água.
- *Controle operacional*
 - Alteração no sistema de bombeamento-reservação;
 - Utilização do inversor de frequência;
 - Alteração nos procedimentos operacionais de ETAs.
- *Automação do sistema de abastecimento de água*
- *Alternativas para geração de energia elétrica*
 - Aproveitamento de potenciais energéticos;
 - Uso de geradores nos horários de ponta;
 - Uso de energia alternativa.

Um exemplo de plano de ação para combate a perdas de energia elétrica é apresentado na Tabela 22.

Tabela 22. Exemplo de plano de ação para combate a perdas de energia elétrica.

PLANO DE AÇÃO PARA COMBATE A PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA									
AÇÃO/OPORTUNIDADE (O QUÊ)								DATA	
Desligamento de grupos motobomba em horário de ponta com otimização da reservação									
PORQUÊ									
O custo de energia no horário de ponta é muito elevado. O ante-projeto identificou uma redução possível de 30% no custo de energia da unidade									
ONDE		Indicador		Unidade		Atual		Meta	
EAT004 - Elevatória de Água Tratada Parque Gigante		Preço Médio de Energia		R\$/kWh		0,32		0,22	
QUEM (Gestor)									
Nome do gestor									
Decomposição do Escopo				Cronograma Físico (Quando)				Custo Total (R\$)	
Item	Atividades (Como)	Prev/Real.	Mês ou Fração						Quanto
			1	2	3	4	5	6	
1	Confirmar dados das contas de energia dos últimos 24 meses	P							
		R							
2	Confirmar dados do nível do reservatório nos últimos 24 meses	P							
		R							
3	Confirmar capacidade das bombas para aumento de vazão no período fora de ponta	P							
		R							
4	Contratar consultoria para efetuar testes e ensaios nas bombas	P							
		R							
5	Receber e analisar relatório da consultoria	P							
		R							
6	Organizar testes com desligamento da EAT004 entre 18 e 21 horas	P							
		R							
7	Contatar a concessionária para revisão do contrato tarifário	P							
		R							
8	Assinatura do novo contrato em tarifa horo-sazonal verde	P							
		R							
9	Reforma no painel de medição - troca de caixa e aterramento	P							
		R							
10	Acompanhamento da mudança de rotina em horário de ponta	P							
		R							
11	Análise da primeira fatura de energia com nova tarifa	P							
		R							
12	Criar plano de contingência para ligações extraordinárias em horário de ponta	P							
		R							
13	Testar plano de contingência e avaliar impacto no horário de operação na ponta	P							
		R							
14	Análise da segunda fatura de energia - verificação de resultados	P							
		R							

Fonte: Adaptado de ABES/Eletrobrás-Procel (2005).

Gerenciamento de Projetos

Os planos de ação que são integrantes de um programa de combate às perdas de água e energia, constituem-se de projetos que necessitam serem desenvolvidos. Para o gerenciamento de projetos, a norma da ABNT – NBR ISO 10006 estabelece as diretrizes para a qualidade no gerenciamento de projetos, independentemente de serem pequenos ou de grande vulto, simples ou complexos, de pequena ou longa duração.

As diretrizes apresentadas resumidamente neste item podem necessitar de algumas adaptações para que sejam aplicadas em um projeto específico.

Conceitos básicos

Um projeto é um empreendimento único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos (NBR ISO 10006/2000). O projeto se caracteriza por ser:

- *Temporário*: todo projeto tem um início e um fim definidos, pois o projeto termina quando os objetivos para o qual foi criado são atingidos;
- *Único*: todo produto ou serviço gerado por um projeto é diferente de outros produtos e serviços;
- *Progressivo*: se o projeto for bem compreendido, maior é o seu detalhamento.

Programa é um grupo de projetos gerenciados de maneira coordenada para a obtenção de benefícios que não poderiam ser alcançados se gerenciados individualmente. Desta forma, enquanto cada projeto tem início e fim definidos, programas podem incluir vários projetos gerenciados de forma coordenada e integrada, podendo envolver também operações continuadas.

Ciclo de vida do gerenciamento do projeto

O ciclo de vida do gerenciamento do projeto descreve o conjunto de processos que devem ser seguidos para que o projeto seja bem gerenciado. Os processos de gerenciamento de projetos podem ser classificados em 5 grupos (DINSMORE *et al.*, 2003): iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento. É importante frisar que os processos não seguem esta seqüência linear, ou seja, eles se sobrepõem conforme o andamento do projeto.

Principais interessados no projeto

Os interessados no projeto são os indivíduos e as organizações ativamente envolvidas ou cujos interesses possam ser positiva ou negativamente influenciados pela execução do projeto ou pela sua conclusão. Portanto, os principais interessados são: gerente de projeto, cliente, organização executora, membros da equipe de projeto, patrocinador, sociedade, time ou equipe, usuário final e fornecedores.

Processos de gerenciamento de projetos

O Quadro 9 relaciona e resume os processos de gerenciamento de projetos, os quais são considerados aplicáveis para a maioria dos projetos.

Os processos de gerenciamento de projetos são agrupados de acordo com as afinidades entre si; por exemplo, todos os processos relacionados com o tempo são incluídos em um grupo. Dez grupos de processos de gerenciamento de projetos são apresentados. O primeiro é o processo estratégico, que dá legitimidade e indica a direção do projeto. O segundo grupo trata do gerenciamento das interdependências entre os outros processos. Os outros oito grupos são processos relacionados ao escopo, tempo, custo, recursos, pessoal, comunicação, risco e suprimentos.

Quadro 9. Descrição dos processos de gerenciamento de projetos.

PROCESSO	DESCRIÇÃO
Processo estratégico	
Processo estratégico	Define a direção do projeto e gerencia a realização de outros processos do projeto
Processos de gerenciamento de interdependências	
Iniciação do projeto e desenvolvimento do plano de projeto	Avaliação dos requisitos do cliente e outras partes interessadas, preparando um plano do projeto e iniciando outros processos
Gerenciamento das interações	Gerenciamento das interações durante o projeto
Gerenciamento das mudanças	Antecipação a mudanças e gerenciamento destas ao longo de todos os processos
Encerramento	Conclusão dos processos e obtenção de retroalimentação (feedback)
Processos relacionados ao escopo	
Desenvolvimento conceitual	Definição das linhas gerais sobre o que produto do projeto irá fazer
Desenvolvimento e controle do escopo	Documentação das características do produto do projeto em termos mensuráveis e controle dos mesmos
Definição das atividades	Identificação e documentação das atividades e etapas necessárias para se alcançarem os objetivos do projeto
Controle das atividades	Controle do trabalho efetivo realizado no projeto
Processos relacionados ao tempo	
Planejamento de dependência das atividades	Identificação das inter-relações, interações lógicas e dependência entre as atividades do projeto
Estimativa de duração	Estimativa da duração de cada atividade em conexão com atividades específicas e com os recursos necessários

Desenvolvimento do cronograma	Inter-relação dos objetivos de prazo do projeto, dependências das atividades e suas durações como estrutura para o desenvolvimento de cronogramas gerais e detalhados
Controle do cronograma	Controle da realização das atividades do projeto, para confirmação do cronograma proposto ou para realizar as ações apropriadas para recuperar atrasos

Processos relacionados ao custo

Estimativas de custos	Desenvolvimento de estimativa de custos para o projeto
Orçamento	Utilização de resultados provenientes da estimativa de custos para elaboração do orçamento do projeto
Controle de custos	Controle de custos e desvios ao orçamento do projeto

Processos relacionados aos recursos

Planejamento de recursos	Identificação, estimativa, cronograma e alocação de todos os recursos principais
Controle de custos	Comparação da utilização real e planejada de recursos corrigindo, se necessário

Processos relacionados ao pessoal

Definição de estrutura organizacional	Definição de uma estrutura organizacional para o projeto, baseada no atendimento às necessidades de projeto, incluindo a identificação das funções e definindo autoridades e responsabilidades
Alocação da equipe	Seleção e nomeação de pessoal suficiente com a competência apropriada para atender as necessidades do projeto
Desenvolvimento da equipe	Desenvolvimento de habilidades individuais e coletivas para aperfeiçoar o desempenho do projeto

Processos relacionados à comunicação

Planejamento da comunicação	Planejamento dos sistemas de informação e comunicação do projeto
Gerenciamento das informações	Tornar disponíveis as informações necessárias da organização do projeto aos membros e outras partes interessadas
Controle da comunicação	Controle da comunicação de acordo com o sistema de comunicações planejado

Processos relacionados ao risco

Identificação de riscos	Determinação de riscos no projeto
Avaliação de riscos	Desenvolvimento de planos para reação ao risco
Desenvolvimento de reação ao risco	Desenvolvimento de planos para reação ao risco
Controle de riscos	Implementação e atualização dos planos de risco

Processos relacionados a suprimentos

Planejamento e controle de suprimentos	Identificação e controle do que deve ser adquirido e quando
Documentação dos requisitos	Compilação das condições comerciais e requisitos técnicos
Avaliação dos fornecedores	Avaliação e determinação de quais fornecedores devem ser convidados a fornecer produtos
Subcontratação	Publicação dos convites à proposta, avaliação das propostas, negociação, preparação e assinatura do contrato
Controle do contrato	Garantia de que o desempenho dos fornecedores atende aos requisitos contratuais

Fonte: NBR ISO 10006/2000.

Ética e responsabilidade profissional

Ética é parte da filosofia que estuda os valores morais e os princípios ideais da conduta humana. Esses princípios deverão ser observados no exercício da profissão. Na busca do profissionalismo em gerenciamento de projetos, é vital para os gerentes de projetos conduzir seu trabalho de modo ético visando ganhar e manter a confiança dos membros da equipe, colegas, empregados, empregadores, clientes, público e comunidade em geral.

O gerente de projetos tem um dever de lealdade para com a sua organização e com clientes e interessados no projeto, devendo evitar situações em que sua lealdade possa ficar dividida entre os interesses destes interessados no projeto e os seus próprios. Espera-se que os gerentes de projeto evitem um conflito de interesse. Dentre as situações com potencial para geração de conflito de interesse estão (DINSMORE *et al.*, 2003):

- Trabalhar diretamente para concorrente, parceiro, fornecedor ou cliente;
- Atuação em conselhos consultivos e diretorias externas;
- Negócio próprio;
- Atividades voluntárias e ações beneficentes;
- Benefícios e ganhos pessoais provenientes de oportunidades comerciais, comissões, programas de fidelidade, negócios familiares;
- Participações financeiras em concorrentes, fornecedores ou clientes;
- Presentes, refeições, viagens e entretenimento relacionado a negócios ou obtenção de informações.

Na área de responsabilidade profissional há cinco tópicos básicos que enfatizam aspectos comportamentais do gerente de projetos. Estes tópicos apresentados a seguir, juntamente com as áreas de conhecimento específico e habilidades requeridas para cada um deles, são a base dos preceitos de responsabilidade profissional (DINSMORE *et al.*, 2003):

- Garantir a integridade e profissionalismo de cada indivíduo;
- Contribuir para a base de conhecimento em gerenciamento de projetos;
- Melhorar a competência dos indivíduos;
- Equilibrar os interesses dos envolvidos com o projeto;
- Interagir com os envolvidos de modo profissional e cooperativo.

Código de conduta profissional

As principais responsabilidades do gerente de projeto são:

- Apresentar o projeto de modo verdadeiro;
- Satisfazer o escopo acordado com o cliente;
- Responsabilidade com a profissão.

Código de ética

Integridade é a base da conduta profissional. Resulta na confiança da equipe do projeto em relação aos atos do gerente de projetos. É essencial que um profissional de gerenciamento de projetos conduza seu trabalho de maneira ética e dentro da legalidade.

A maioria dos preceitos incluídos no código de ética do profissional de gerenciamento de projetos está descrita nos cinco tópicos de responsabilidade com a profissão apresentado no subitem “Ética e responsabilidade profissional”. Além disso, deve-se acrescentar as seguintes considerações:

- O gerente de projeto deve assumir responsabilidade sobre suas ações;
- O gerente de projeto deve garantir que o ambiente de trabalho seja seguro.

O código de ética do engenheiro é estabelecido através da Resolução do Confea Nº 1002 de 26/11/2002.

QUESTÕES

1. Que atividades devem ser observadas para a elaboração de um plano de ação para o combate às perdas de água e energia?
2. Que metodologia você usaria para fazer um diagnóstico para um plano de ação de combate a perdas de água e uso eficiente de energia?
3. Que cuidados deve-se ter para o sucesso de um plano de ação de combate a perdas de água e uso eficiente de energia?
4. Elabore um esboço de um plano de ação para combate a perdas de energia elétrica.
5. Descreva os processos de gerenciamento de projeto.
6. Relacione a ética e a responsabilidade profissional com a gerência de projetos.

REFERÊNCIAS

- ABES. Combate ao desperdício de energia e água em saneamento ambiental. Programa do 10º Curso, Rio de Janeiro, 2006.
- ABES/Eletrobrás-Procel. Plano de ação para combate a perdas de água e eficiência energética. Curso de Combate ao Desperdício de Energia e Água no Saneamento Ambiental, 2005.
- ALEGRE, H. *et al.* Performance indicators for water supply services. IWA Publishing. 2ª Edition. London, 2006.
- ALVES, W. C. *et al.* Micromedição. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. DTA D3. Brasília, 1999.
- ALVES, W. C. *et al.* Macromedição. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – DTA D2, Revisão 2004. [http:// www.cidades.gov.br/pncda](http://www.cidades.gov.br/pncda) acessado em 18/04/2007.
- AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA. Auto-avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica. 43p. CESP. São Paulo, 1986.
- ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA). A evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2002.
- ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). Regiões hidrográficas do Brasil – caracterização geral e aspectos dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2002.
- ARIKAWA, K. C. O. Perdas reais em sistemas de distribuição de água – Proposta de metodologia para avaliação de perdas reais e definição das ações de controle. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G.A. Manual de Hidráulica. Editora Edgard Blücher, 7ª ed. São Paulo, 1986.
- BBL BUREAU BRASILEIRO. Catálogo de serviços de engenharia. São Paulo: BBL, 2004.
- BBL BUREAU BRASILEIRO. Curso de controle de pressão através de VRPs. São Paulo: BBL, 66P, 1999.
- CASSIANO FILHO, A.; FREITAS, F. V. Bombeamento de água com o uso do inversor de frequência para o abastecimento da zona alta da cidade de Lins, interior do Estado de São Paulo. Capítulo 7. In: Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. ABES. São Paulo, 2001.
- CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. Manejo de bacias hidrográficas. Apostila. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia Rural. Espírito Santo, 2006.
- CHAMA NETO, P. J. Ramal predial de água em polietileno. Curso de Combate ao Desperdício de Água e Energia Elétrica. Sabesp/Eletrobrás. São Paulo, 2006.

COELHO, L. E. S. Verificar em que Condições seria Viável a Utilização do Grupo Gerador na Ponta, Considerando a Redução no Valor da Conta e o Tempo Necessário para o Retorno do Investimento. Revista Saneas nº 11. XI Encontro Técnico AESABESP. São Paulo, Setembro 2000.

COPASA. Programa de redução de perda de água no sistema de distribuição. Belo Horizonte, setembro de 2003, 60p.

COSTA, R. H. P. G. Água: matéria-prima primordial à vida. Capítulo 1. In: Reúso da água: conceitos, teorias e práticas. 1ª edição. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

DAFFER, R. A.; PRICE, J. M. Pump Systems: What Price Inefficiency? Journal American Water Works Association, 72(6):338–343, June, 1980.

DINSMORE, P. C. *et al.* Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos: livro-base de “Preparação para Certificação PMP – Project Management Professional”. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2003.

ERCON. Catálogo, 1997.

EUROPUMP; HYDRAULIC INSTITUTE. Pump life cycle costs – A guide to LCC analysis for pumping systems. 194p. First Edition. New Jersey, USA, 2001.

EUROPUMP; HYDRAULIC INSTITUTE. Variable speed pumping – A guide to successful applications. 172p. Elsevier Ltd. Cornwall, Great Britain, 2004.

FERREIRA FILHO, S.S.; LAJE FILHO, F.A. Redução de Perdas e Tratamento de Lodo em ETA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. D 4. Brasília, 1999.

FIESP/CIESP. Conservação e reúso de água. Manual de orientações para o setor industrial. Volume 1. 92p. São Paulo, 2006.

GOTOH, K. *et al.* Instrumentation and computer integration of water utility operations. AWWARF/JWWA, 1993.

HAGUIUDA, C. *et al.* Gestão de energia na Sabesp. Apostila. Curso de Combate ao Desperdício de Água e Energia Elétrica. Sabesp/Eletróbrás. São Paulo, 18p, 2006.

KOELLE, E. Adutoras–Acessórios. Apostila. São Paulo, 1986.

LAMBERT, A. *et al.* A review of performance indicators for real losses from water supply systems. AQUA/IWA, 2000.

LITTLE, A D. Energy efficiency and electric motors. Final Rept. for FEA, May, 1976.

MACEDO, L. H. H.; RIBEIRO, L.C. Recuperação “in situ” de Tubulações de Ferro Fundido, do Sistema Distribuidor de Água Potável. 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Maceió–AL, Agosto de 1985.

MACÊDO, J. A. B. Águas & águas. 2ª Ed. Belo Horizonte: CRQ–MG, 2004.

- MARCKA, E. Gerenciamento de projetos e elaboração de planos de ação. Curso de Combate ao Desperdício de Energia e Água em Saneamento Ambiental. Volume 02. ABES, Eletrobrás/Procel Sanear, PMSS, 2005.
- MARQUES, M. Sensibilização. Módulo S. Curso de Combate ao Desperdício de Energia e Água em Saneamento Ambiental. Volume 01. ABES, Eletrobrás/Procel Sanear, PMSS, 2005.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Água na indústria: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- MIRANDA, E. C. Gerenciamento de perdas de água. Capítulo 17. In: Abastecimento de água para consumo humano. Léó Heller e Valter Lúcio de Pádua (Organizadores). Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
- NBR ISSO 10006. Gestão da qualidade – Diretrizes para a qualidade no gerenciamento de projetos. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Dezembro de 2000.
- NIIDA, O. I. Perdas em sistemas de abastecimento de água. Relatório interno. Sabesp, 1998.
- OLIVEIRA, R. M. Gerenciamento de energia elétrica no setor de saneamento ambiental. XI Encontro Técnico da AESABESP. Anais. São Paulo, 2000.
- ORMSBEE, L.E.; WALKI, J. M. Identifying efficient pump combinations. Journal American Water Works Association, 81(1):30–34, January, 1989.
- ORSINI, E. Q. Sistemas de Abastecimento de Água. Apostila da Disciplina PHD 412 – Saneamento II. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- OSTERMAYER, F.; GOMES, A. S. Auto-diagnóstico da gestão de combate a perdas de água e uso eficiente de energia. Curso de Combate ao Desperdício de Energia e Água no Saneamento Ambiental. ABES/Eletrobrás– Procel, 2005.
- PEREIRA, M. T. Medição de vazão de líquidos. Procedimentos de medição CNP–IPT–FINEP. São Paulo, 1987.
- PERETO, A. S. Aplicação de Grupo Gerador nos Horários de Ponta. Revista Saneas nº 10. VIII Encontro Técnico AESABESP. São Paulo, Setembro de 1997.
- PERETO, A. S. Revisão no Dimensionamento dos Motores Elétricos Instalados na SABESP (Economia nos Gastos com Energia Elétrica). Revista Saneas nº 09. IX Encontro Técnico da AESABESP. São Paulo. Setembro, 1998.
- PROCEL SANEAR. Plano de ação Procel Sanear 2006/2007. Eletrobrás, Setembro de 2005.
- QUINTELA, A. C. Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian, 2ª ed., Lisboa, 1981.
- RALIZE, C. H. C.; MARQUES, R. S. Elementos de automação. Modulo 1 – Conceitos. Departamento de Engenharia de Manutenção. Sabesp, 104p., 2006.
- RAVEN, P. H. *et al.* Environment. Saunders College Publishing. 579p. 1998.

- REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. Capítulo 1. In: Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.
- REHEIS, H. F.; GRIFFIN, M. K. Energy cost reduction through operational practices. Proc. of the American Water Works Association Annual Convention, Dallas, Texas, 1984.
- ROCHA FILHO, C. M. Relatório técnico. Sabesp, 2002.
- RODRIGUES, J. V. *et al.* Limpeza de Tubulações com Raspadores Hidráulicos. Revista DAE, 45(143):362–370, Dezembro de 1985.
- RONDEAU, S. Aspectos de mercado de gás natural no Brasil e a importação da Bolívia. Ministério de Minas e Energia. Câmara dos Deputados e Senado Federal. Brasília, 2006a.
- RONDEAU, S. Política nacional de Minas e Energia. Ministério de Minas e Energia. Escola Superior de Guerra. Rio de Janeiro, 2006b.
- SABESP. Dimensionamento de ramal predial de água e do hidrômetro. Norma técnica Sabesp NTS 181. 20p. São Paulo, Julho/2005.
- SABESP. Gestão operacional para a redução de perdas no sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo. Vice–Presidência Metropolitana de Distribuição. São Paulo: Sabesp, agosto de 1999.
- SABESP. Manual do usuário CEL. Departamento de sistemas de gestão corporativa. São Paulo, 2006.
- SABESP. Programa de redução de perdas da Diretoria Metropolitana – Plano 2004–2008. Superintendência de Planejamento e Apoio da Metropolitana. São Paulo, 77p, 2004.
- SABESP. Programa interno de redução de perdas na RMSP. São Paulo: Sabesp, janeiro de 1997.
- SABESP. Uso racional da água. <http://www.sabesp.com.br> acessado em 11/07/2007.
- SARON, A. Gerenciamento de Energia na ETA Guaraú – Redução de Custos para a Empresa, Economia de Energia Elétrica para o País. Revista Saneas, nº 09. AESABESP. São Paulo. Setembro 1998.
- SHIKLOMANOV, I. A. World fresh water resources. In: Water in crisis. Oxford University Press, New York, 1993.
- SHIKLOMANOV, I. A. World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st Century. IHP, Unesco, 37p., 1998.
- SHINTATE, L. *et al.* Hidrômetros. Capítulo 11. In: Abastecimento de Água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- SNIS Serviços de água e esgotos. Parte 1 – Texto. Visão geral de prestação de serviços. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Ministério das Cidades, Brasília, 2005.

SOUZA, R. F. *et al.* Bombeamento direto nas redes de abastecimento através de bombas de velocidade variável sem reservatório de distribuição. Revista DAE, n. 118, p. 186–195, 1978.

TAIRA, N. M. Equipamentos de monitoramento e controle de redes. Capítulo 5. In: Abastecimento de Água: o estado da arte e técnicas avançadas. Heber Pimentel Gomes, Rafael Pérez García, Pedro L. Iglesias Rey (Org.). Editora Universitária – UFPB. João Pessoa, 2007.

TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. Capítulo 10. In: Abastecimento de Água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

TEXEIRA, W. *et al.* Decifrando a Terra. Universidade de São Paulo. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

THORNTON, J. Water loss control manual. McGraw–Hill: New York, 2002.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

TSUTIYA, M. T. Redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de sistemas de abastecimento de água de pequeno e médio portes. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

TSUTIYA, M. T. Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. ABES, 1ª Edição, São Paulo, 2001. 185p.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.

UNESCO. Compartilhar a água e definir interesse comum. In: Água para todos: água para a vida. Edições Unesco, p. 25–26, 2003.

UNESCO. Água para todos: água para a vida. Informe das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos no mundo. 36p. 2004.

WEG. Guia de aplicação de inversores de frequência. 238p. Jaraguá do Sul, Santa Catarina, 2003.

WEG. Inversores de frequência. Apresentação em Power Point, 2004.

YASSUDA, E. R.; NOGAMI, P. S. Consumo de água. Capítulo 4. In: Abastecimento e Tratamento de Água. Vol. 1. Cetesb. São Paulo, 1976.

ZANIBONI, N.; SARZEDAS, G. L. Controle e redução de perdas. Relatório Técnico. Sabesp. 23p. São Paulo, 2007.