



*Ministério da Educação*

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

*Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de Abril de 2002*

**Pró-Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Engenharia da Energia**

**JOSIMAR CORNÉLIO DA PÁSCOA**

**ESTUDOS DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA E  
EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA NO SETOR DE  
SANEAMENTO**

**Itajubá  
2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**JOSIMAR CORNÉLIO DA PÁSCOA**

**ESTUDOS DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA E  
EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA NO SETOR DE  
SANEAMENTO**

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de  
Pós-graduação da UNIFEI – Universidade Federal  
de Itajubá, como requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Engenharia da Energia.

**Orientador:** Prof. Dr. Augusto Nelson de  
Carvalho Viana

**Co-orientador:** Prof. MSc. Mateus Ricardo  
Nogueira Vilanova

**Itajubá  
2009**

---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Jacqueline Balducci CRB\_6/1698

P281e

Páscoa, Josimar Cornélio da

Estudos de redução de perdas de água e eficientização energética  
no setor de saneamento / Josimar Cornélio da Páscoa. -- Itajubá,  
(MG) : [s.n.], 2009.

166 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson de Carvalho Viana.  
Co-orientador: Prof. Msc. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Perdas de água. 2. Eficiência energética. 3. Saneamento.  
I. Viana, Augusto Nelson de Carvalho, orient. II. Vilanova, Mateus  
Ricardo Nogueira, co-orient. III. Universidade Federal de Itajubá  
IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**JOSIMAR CORNÉLIO DA PÁSCOA**

**ESTUDOS DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA E  
EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA NO SETOR DE  
SANEAMENTO**

Dissertação aprovada por banca examinadora em ..... de ..... de 2009,  
conferindo ao autor o título de ***Mestre em Engenharia da Energia***

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Augusto Nelson de Carvalho Viana  
(Orientador) – IRN - UNIFEI

Prof. MSc. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova (Co-  
orientador) -

Profª Dra. Yvone de Faria Lemos de Lucca - CTH

Profª Dra. Regina Mambeli – IRN - UNIFEI

**Itajubá  
2009**

**Dedicatória:**

“Ao Divino Pai Eterno, Grande Arquiteto do Universo e a Virgem de Guadalupe”, por me guiarem sempre nos meus objetivos. A todos que influenciaram na minha formação moral, espiritual e acadêmica, desde as primeiras professoras pré-primárias até os professores que me acompanharam recentemente tornando esse trabalho possível.

## **Agradecimentos:**

Agradeço, imensamente, ao meu orientador Prof. Dr. Augusto Nelson de Carvalho Viana, por quem tenho profunda admiração, pela sua sabedoria, simplicidade, bom humor, e atenção, disposto sempre a ensinar com sua enorme competência.

Aos professores e funcionários da UNIFEI pela educação e gentileza que sempre me atenderam, e em especial a Margarete Ferreira Corrêa e demais funcionários da PRPG o meu muito obrigado.

Aos colegas André Queles e Luiz Antônio Andreatta Ayres por dividir viagens, angústias e realizações.

*“Enquanto uma parte do mundo sustenta um mercado de designers de garrafas de água que não trazem qualquer benefício tangível para a saúde, outra parte enfrenta graves riscos de saúde pública porque as pessoas são obrigadas a beber água de valas ou de lagos e rios partilhados com os animais e contaminados com bactérias nocivas.”*

*Relatório do Desenvolvimento Humano – PNUD, 2006  
(Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento)*

## RESUMO

PÁSCOA, J. C. **Estudos de redução de perdas de água e eficientização energética no setor de saneamento.** 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.

As perdas de água em sistemas de abastecimento de água ou saneamento ambiental no Brasil representam 45% de um sistema, o que significa que, de um modo geral, a eficiência operacional dos sistemas operados no país é baixa. O controle e redução de perdas de água têm sido a principal prioridade operacional das prestadoras de serviço de saneamento no Brasil e no exterior. A conscientização do problema de perdas, o conhecimento das técnicas e o envolvimento de todos os profissionais são fundamentais para reverter esse quadro, na maioria dos sistemas de abastecimento. O sucesso das ações para redução de perdas adia a necessidade de novos investimentos para ampliação dos sistemas de produção, adução, e reservação de água. Economiza em insumos que são usados no tratamento de água, inclusive energia elétrica, pois a produção de água está diretamente associada ao consumo de energia elétrica, que correspondente em geral, ao segundo maior item entre as despesas operacionais das empresas de saneamento, salvo despesas com a folha de pagamento. Além do exposto, a redução nas perdas de água proporciona a melhoria da imagem das empresas perante os consumidores e sociedade de modo geral, assim como torna possível a prática de uma tarifação mais baixa aos clientes por queda do custo operacional.

Este estudo visa a conhecer as perdas de água nas empresas de saneamento e fazer um diagnóstico do potencial de energia elétrica que poderia ser economizado se conseguíssemos baixar os níveis para patamares aceitáveis, “20% como defendem muitos técnicos do setor no país”, segundo Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS, 2007). Buscar ações de eficientização energética por meio da redução das perdas de água e dimensionamento correto de bombas, motores, adutoras, subadutoras e redes de distribuição no setor de saneamento no Brasil. Pesquisar e apresentar método científico de identificar, e sanar perdas de água e energia. Apresentar estudo de caso onde utilizou-se o método de pesquisa de vazamentos por meio da vazão mínima noturna, fator de pesquisa e geofonamento acústico. Métodos de avaliação e controle de perdas. Proporcionar elementos e soluções para o desenvolvimento de medidas que sejam aplicáveis ao saneamento, visando ao controle e redução de perdas em sistema de abastecimento de água ou saneamento ambiental.

Palavras chaves: Perdas de água, eficiência energética, saneamento.

## **ABSTRACT**

PÁSCOA, J. C. **Studies of reduction of water losses and energy efficiency in the sanitation sector.** 2009. 165 f. Dissertation ( Ms in Energy Engineering) Federal University of Itajubá, Itajubá, 2009.

Losses of water in water supply systems or environmental sanitation in Brazil represent 45% of a system, which means that, in general, the operational efficiency of the systems operated in the country is low. The control and reduction of the water losses have been the main operational priority of the providers of sanitation services in Brazil and abroad. The understanding of the problem of losses, the knowledge of techniques and the involvement of all the professionals are the key to reverse this situation in the most water supply systems. The success of the actions for the reduction of losses postpones the need for new investments for the expansion of the production systems, water supply, and reservation of water. It saves in inputs that are so used in the water treatment, including the electric energy, because the production of water is directly associated with the consumption of electrical energy which corresponds in general to the second largest item amidst the operational expenses of the sanitation companies ,except expenses with payroll. In addition to the above, the reduction in the losses of water provides the improvement of the image of the companies in the presence of consumers and society in general, and makes possible the practice of a lower pricing to customers due to the fall of the operational cost. This study aims to know the losses of water in the companies of sanitation and make a diagnosis of the electric power potential that could be saved if we could lower the levels to acceptable levels, 20% as many technicians of the country support, according to the Sistema Nacional de Informações em Saneamento (National System of Information on Sanitation) SNIS, 2007. To search for actions of energy efficiency through the reduction of losses of water and correct sizing of pumps, motors, pipelines, subpipelines and distribution networks in the sanitation sector in Brazil. To research and present a scientific method of identifying and correcting the energy and water losses. To present the case study where a method of research of leaks through minimum night flow, factor of research and geophone acoustic were utilized. Methods of evaluation and control of losses. To provide elements and solutions for the development of steps to be applicable to sanitation, aiming at controlling and reducing losses in the system of water supply or environmental sanitation.

Key words: Losses of water, energy efficiency, sanitation

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Aqueduto das Águas Livres (Tipo Romano) Lisboa Portugal	21
Figura 2.2 – Reserva da Mutuca (Copasa, 2009).	44
Figura 2.3 - O mapa indica a participação da Copasa no Estado de Minas Gerais em setembro de 2008 (COPASA, 2008)	45
Figura 3.1 - Válvula redutora de pressão auto-operada.	53
Figura 3.2 - Haste de escuta.	66
Figura 3.3 - Geofone eletrônico.	66
Figura 3.4 – Correlacionador de ruído.	67
Figura 3.5 – Data logger	68
Figura 3.6 – Permalog.	68
Figura 3.7 – Localizador de massa metálica.	69
Figura 3.8 - Localizador de tubulação metálica.	69
Figura 3.9 - Trena.	69
Figura 3.10 - Manômetro aferido.	70
Figura 3.11 - Válvula pulsadora (geradora de ondas).	70
Figura 3.12 – Consumo médio ligações	76
Figura 3.13 – Descrição de “água e Energia”.	88
Figura 3.14 – Motor elétrico Trifásico em corte.	96
Figura 3.15 – Bomba hidráulica de fluxo.	99
Figura 3.16 – Croqui instalação de estação de bombeamento.	100
Figura 3.17 – Diagrama de Moody.	105
Figura 4.1 – Vista Parcial de Lavras.	109
Figura 4.2 – ETA (Estação de Tratamento de Água) de Lavras.	110
Figura 4.3 – Esquema hidráulico do Sistema de Lavras.	112
Figura 4.4 – Esquema hidráulico do Sistema de Lavras.	113
Figura 4.5 – Subestação elétrica e Casa de Bombas EAB001 Água Limpa.	114
Figura 4.6 – Casa de Bomba EAB002 Santa Cruz.	116
Figura 4.7 – Implantação Adutora Água Bruta EAB002 Santa Cruz.	118
Figura 4.8 - Fachada da casa de máquinas da EEAB Rio Grande - Lavras (Alto Recalque).	119
Figura 4.15 – Tela do Supervisório do 3T de Lavras.	129
Figura 4.16 – Igreja matriz da cidade de São Tiago MG.	138
Figura 4.17 – ETA (Estação de Tratamento de Água) de São Tiago.	140
Figura 4.18 – Esquema hidráulico do Sistema de São Tiago.	142
Figura 4.19 – Válvula Redutora de Pressão auto operada 2”.	145
Figura 4.20 – ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) de São Tiago.	148
Figura 4.9 - Subestação elétrica EEAB Rio Grande – Lavras.	158
Figura 4.10 - Plataforma onde localiza-se o guindaste de manutenção da balsa e conjuntos do baixo recalque.	160
Figura 4.11 - Quadro de comando para motores 3 x 40cv x 220 v usado no acionamento dos conjuntos do Baixo Recalque.	161
Figura 4.12 - Balsa flutuante e conjuntos do Baixo Recalque.	162
Figura 4.13 - Quadro de comando 3 x 4,16 kV usado para acionamento do Alto Recalque.	163
Figura 4.14 - Alto Recalque da EEAB Rio Grande 3 x 550CV x 4,16 KV.	164

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Prestadores de serviço SNIS – 2006.	28
Tabela 2.2 - Distribuição da quantidade de municípios e respectivas populações, cujas informações constam do SNIS 2006, por abrangência do prestador de serviços, segundo a região geográfica.	35
Tabela 2.3 - Domicílios com acesso a abastecimento de água e esgotamento sanitário.	36
Tabela 2.4 - Municípios de esgotamento sanitário e proporção, segundo bacias hidrográficas.	37
Tabela 2.5 - Reservas ambientais da Copasa localizadas na RMBH.	42
Tabela 2.6 - Reservas ambientais da Copasa localizadas no interior de Minas Gerais.	43
Tabela 2.7 - Municípios com abastecimento de água da Copasa.	45
Tabela 2.8 - Municípios servidos por esgotamento sanitário da Copasa.	46
Tabela 2.9 – Indicadores Operacionais da Copasa.	46
Tabela 3.1 - Indicador Percentual de Perdas (COPASA, 2008).	75
Tabela 3.2 - Indicadores Percentual de Perdas / Influência do consumo per capita no valor das Perdas Reais expresso em termos percentuais (COPASA, 2008).	75
Tabelas 3.3 - Componentes do Balanço de Água (IWA).	77
Tabela 3.4 - Balanço de Água RMBH – 07/2008 a 08/2008 (COPASA, 2008).	79
Tabela 3.5 - Rugosidade das paredes dos tubos	103
Tabela 3.6 - Valores de K	106
Tabela 4.1 – Dados cadastrais do Sistema de Lavras	111
Tabela 4.2 - Consumo específico energia elétrica EAB001 Água Limpa – Lavras.	115
Tabela 4.3 - Consumo específico energia EAB002 Santa Cruz e Aeroporto - Lavras	117
Tabela 4.4 - Consumo específico energia elétrica EAB004 Rio Grande - Lavras	120
Tabela 4.5 - Dados de vazão do Setor abastecimento Cohab e Nova Era I	127
Tabela 4.6 - Consumo específico de energia elétrica total do Sistema de Lavras.	135
Tabela 4.7 - Relação Consumo específico e Energia perdida, embutida nas perdas no Sistema de Lavras.	148
Tabela 4.9 – Dados Cadastrais do Sistema de São Tiago	143
Tabela 4.8 - Consumo Específico de energia elétrica do Sistema de São Tiago.	146
Tabela 4.10 - Relação Consumo específico e Energia perdida, embutida nas perdas no Sistema de São Tiago.	147

## **LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIATURAS**

AAB – Adutora de Água Bruta.

AAT – Adutora de Água Tratada.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

AGESPISA – Companhia de Água e Esgoto do Piauí.

ANCR - Água não convertida em receita.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Água e Esgoto.

BNH – Banco Nacional da Habitação.

CAEMA – Companhia de Água e Esgoto de Roraima.

CAER – Companhia de Água e Esgoto de Roraima.

CAERD – Companhia de Água e Esgoto de Roraima.

CAERN – Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte.

CAESA – Companhia de Águas e Esgotos do Amapá.

CAESB – Companhia de Saneamento do Distrito Federal.

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba.

CASAL – Companhia de Abastecimento de Água e Saneamento.

CASAN – Companhia Catarinense de Água e Saneamento.

CEDAE – Companhia Estadual de Água e Esgoto (Rio de Janeiro).

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

CESAN – Companhia Espírito-Santense de Saneamento.

CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia.

COMAG – Companhia Mineira de Água e Esgoto.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

CORSAN – Companhia de Saneamento do Rio Grande do Sul.

COSAMA – Companhia de Água e Esgoto do Amazonas.

COSAMPA – Companhia de Água e Esgoto do Pará.

CV – Cavalo Vapor.

DEMAE – Departamento Municipal de Águas e Esgoto.

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe.

DHTML – Dynamic Hipertext Markup Language – HTML Dinâmica.

EAB – Elevatória de Água Bruta.

EAT – Elevatória de Água Tratada.

EMBASA – Companhia Baiana de Águas e Saneamento.

EOE – Estação de Operação de ETE.

EOP – Estação de Operação de Produção/ETA.

ETA – Estação de Tratamento de Água.

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto.

FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde.

GIS - Sistema de Informações Geográficas.

GPRS – General Packet Rádio Service – Serviços Gerais de Pacotes via Rádio.

HTTP – Hipertext Transfer Protocol.

IBG – Indicadores Básicos Gerenciais – Copasa.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBO – Indicadores Básicos Operacionais – Copasa.

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

IWA – international Water Association.

LAN – Local Área Network – Rede Local.

OMS – Organização Mundial de Saúde.

PIB – Produto Interno Bruto.

PIB – Produto Interno Bruto.

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento.

PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento.

PNAD - Pesquisa Nacional por amostras Domiciliares – IBGE.

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.

PNSB – Pesquisa Nacional do Saneamento Básico – IBGE.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PROCEL – Programa de Conservação de Energia da Eletrobrás.

RAP – Reservatório Apoiado.

REL – Reservatório Elevado.

RSE – Reservatório Semi enterrado.

SABESP – Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo.

SANASA – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento.

SANEAGO – Companhia de Saneamento de Goiás.

SANEATINS – Companhia de Saneamento Tocantins.

SANEMAT – Companhia de Saneamento do Mato Grosso.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná.

SANESUL – Companhia de Saneamento do Mato Grosso do Sul.

SCADA – Sistema de Aquisição e Controle de Dados.

SCADA – Sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados – (Supervisory Control and Data Acquisition).

SEDU – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano.

SEPURB – Secretaria de Política Urbanas.

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.

TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá.

UTR – Unidade Terminal Remota.

VRP – Válvula Redutora de Pressão.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1. Objetivo do trabalho.....	16
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Plano de trabalho.....	17
<b>2. SITUAÇÃO GERAL DO SANEAMENTO NO BRASIL – ENFOQUE MINAS GERAIS – COPASA – PREFEITURAS.....</b>	<b>18</b>
2.1 Considerações iniciais.....	18
2.2 História do saneamento no Brasil.....	20
2.3 Histórico do saneamento no Brasil.....	23
2.4 Situação atual do saneamento no Brasil.....	27
2.4.1 Alguns números do saneamento no Brasil.....	33
2.5 O saneamento em Minas Gerais.....	39
2.6 A Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa.....	41
<b>3. ESTUDOS DE PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA.....</b>	<b>48</b>
3.1 Introdução.....	48
3.2 Definição de perdas de água.....	49
3.2.1 Perdas físicas de água – perdas reais.....	50
3.2.2 Perdas não físicas de água (Perdas aparentes).....	51
3.2.3 Macromedição.....	52
3.2.4 Micromedição.....	53
3.3 Indicadores e gerenciamento de perdas.....	53
3.3.1 Gerenciador de pressão.....	53
3.3.2 Gerenciador de infra-estrutura.....	54
3.3.2.1 Perdas na captação e adutora de água bruta.....	54
3.3.2.2 Perdas na ETA (Estação de Tratamento de Água).....	55
3.3.2.3 Perdas de reservação.....	55
3.3.2.4 Perdas em adutoras e subadutoras de água tratada.....	56
3.3.2.5 Perdas em redes de distribuição.....	57
3.3.4 Métodos para avaliação de perdas.....	58
3.4.1 Soluções para o controle e redução de perdas reais e aparentes.....	58
3.4.2 Estratégia para a redução do ANCR.....	59
3.4.2.1 Implementação do <i>software</i> OPNET.....	59
3.4.3 Ações gerais que devem ser desenvolvidas pelas empresas de saneamento no controle de perdas.....	60
3.4.4 Sensibilização para a redução do ANCR.....	61
3.5 Gerenciamento e controle de perdas.....	66
3.5.1 Tecnologias usadas para o controle e redução de perdas.....	66
3.6 Importância da medição de vazão.....	71
3.6.1 Tipos de medidores, características, vantagens e desvantagens.....	72
3.7 Indicadores de perdas.....	74
3.7.1 Indicador percentual de perdas.....	74
3.7.2 Indicadores de perdas: IWA, AGHTM, AESBE, ASSEMAE.....	76
3.7.3 Passos para calcular água não faturada e perdas de água.....	78
3.7.4 Componentes do balanço da água e cálculos relativos.....	80
3.8 Eficientização energética no saneamento.....	82
3.8.1 Introdução.....	82

3.8.2 Identificando oportunidades para a redução do consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.....	84
3.8.3 A comissão interna de conservação de energia - CICE.....	89
3.8.4 Relação entre energia e água.....	92
3.8.5 Eficiência energética em sistemas de bombeamento.....	92
3.8.5.1 Motor elétrico padrão e motor elétrico de alto rendimento.....	95
3.8.5.2 A bomba Hidráulica de fluxo.....	99
3.8.5.3 A instalação hidráulica.....	100
3.8.5.4 Automação para melhoria da eficiência.....	107
<b>4. EQUACIONAMENTO E ESTUDO DE CASO I E II.....</b>	108
4.1 Introdução.....	108
4.2 Estudo de Caso I – Perdas de água e energia em Lavras MG – Copasa.....	108
4.2.1 O município de Lavras.....	108
4.2.2 O Sistema de abastecimento de água de Lavras.....	109
4.3 Fontes de Produção do Sistema de Lavras.....	114
4.3.1 Sistema produtor do Ribeirão Água Limpa – EAB001 Água Limpa.....	114
4.3.2 Sistema produtor do Ribeirão Santa Cruz – EAB002 Santa Cruz.....	116
4.3.3 Sistema produtor do Rio Grande – EAB004 Rio Grande.....	119
4.4 Utilização e análise da vazão noturna.....	121
4.4.1 Atividades de combate às perdas desenvolvidas em Lavras.....	123
4.4.2 Dados do Setor 08 Cohab/Nova Era I para levantamento de perdas.....	124
4.4.2.1 Cálculo de vazão ideal e reservação.....	125
4.4.2.2 Medições de vazão noturna.....	127
4.5 A automação como aliado no combate as perdas de água – o “3T” de Lavras....	129
4.5.1 Considerações iniciais.....	129
4.5.2 Concepção do sistema.....	130
4.5.3 Telemetria – o primeiro “T”.....	131
4.5.4 Vazão.....	131
4.5.5 Nível.....	131
4.5.6 Pressão.....	132
4.5.7 Parâmetros operacionais de estação de bombeamento de água.....	132
4.5.8 Telecomando – o Segundo “T”.....	133
4.5.9 Telesupervisão – o Terceiro “T”.....	134
4.6 Estudos de água e energia do sistema de Lavras.....	134
4.7 Conclusão do estudo de caso I.....	137
4.8 Estudo de Caso II – Perdas de água e energia em São Tiago Mg – Copasa.....	138
4.8.1 O município de São Tiago.....	138
4.8.2 O sistema de abastecimento de água de São Tiago.....	140
4.8.3 Ações visando à redução de perdas no sistema de São Tiago.....	144
4.8.4 Estudos de água e energia o sistema de São Tiago.....	146
4.8.5 Oportunidades de melhorias no sistema de São Tiago.....	148
4.8.6 O sistema de esgotamento sanitário de São Tiago.....	148
4.8.7 Oportunidades de melhorias no esgotamento sanitário de São Tiago.....	149
4.8.8 Conclusão do estudo de caso II.....	149
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	150
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	152
<b>ANEXOS.....</b>	156

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Objetivos do trabalho**

- ✓ Fazer uma análise das perdas de água segundo indicadores oficiais e os adotados por empresas de saneamento básico e entidades governamentais e não governamentais brasileiras e mundiais.
- ✓ Enfatizar a importância do uso da água para todos os seres vivos e para o meio ambiente. Definir e classificar os tipos de perdas.
- ✓ Avaliar a eficiência de métodos e ações utilizados para o controle e a redução de perdas.
- ✓ Relacionar os indicadores de perdas de água em empresas de saneamento com eficientização energética e enfatizar a importância do combate às perdas e relacioná-las com a economia de energia elétrica.
- ✓ Analisar práticas e métodos de eficientização hidráulica e elétrica em sistemas de saneamento ambiental visando à economia de energia elétrica.

## **1.2 Justificativa**

O setor de saneamento no Brasil tem se apresentado como um dos mais ineficientes através dos números apresentados principalmente com relação a perda de água tratada. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a perda média brasileira pode chegar a 44% (perda percentual), e 290 litros /ligação/dia (Perda específica). O elevado indicador de perda no Brasil, traz prejuízos para as empresas que perdem junto com a água, faturamento, e todo tipo de insumo investido no seu tratamento, entre eles energia elétrica. Perde o meio ambiente que sofre cada vez mais com a pressão dos núcleos urbanos e da super exploração. O custo do serviço cresce cada vez mais porque se cobra também, a ineficiência para pagar o custo operacional.

As condições de saneamento da população brasileira ainda são deficientes. Cerca de 3,7 milhões de residências no Brasil, em que moram mais de 16 milhões de pessoas não tem sanitários. Do total da população, 137 milhões (81%) vivem nas cidades e 31,3 milhões (19%) na zona rural. Dos 44,7 milhões de residências, 77% estão ligadas à rede geral de abastecimento de água, mas 6,9 milhões que correspondem a 28 milhões de pessoas se abastecem de poços ou fontes. Restam ainda 2,3 milhões de domicílios ou mais de 10 milhões de brasileiros sem abastecimento de água, sendo 6,9 milhões nas zonas rurais. (IBGE, 2005).

Nos grandes centros urbanos as empresas buscam água cada vez mais longe para suprir suas necessidades tanto de volume a ser tratado quanto de qualidade a fim de abastecer as populações cada vez maiores, fato que poderia ser adiado ou postergado se diminuíssem as perdas e fossem disponibilizados esses volumes recuperados, para consumo das pessoas.

### 1.3 Plano de trabalho

- ✓ Baseado nas referências bibliográficas apresentar um panorama dos serviços de água e esgoto no Brasil oferecido pelas várias Companhias de Saneamento Básico;
- ✓ Relacionar alguns métodos e ações práticas utilizadas nas Companhias de Saneamento Básico do Brasil e do exterior para a redução e controle das perdas em sistemas de abastecimento de água potável, com isto verifica-se que os resultados positivos são temporários devido ao tratamento das perdas não ter ainda caráter permanente em algumas prestadoras de serviços;
- ✓ Apresentação da terminologia International Water Association – IWA, segundo exemplos fornecidos pela Cia. Saneamento de Minas Gerais – COPASA;
- ✓ Relação entre as perdas de água e a eficientização da energia elétrica por meio de conceitos e valores numéricos obtidos em estudos de caso;
- ✓ Estudos de caso realizados no sistema de distribuição de água da cidade de Lavras (MG) e São Tiago (MG) utilizando dois métodos de combates às perdas. Em Lavras o estudo utilizou o método da vazão noturna utilizando o fator de pesquisa, e em São Tiago a instalação de VRPs (Válvulas Redutoras de Pressão).

## **2. SITUAÇÃO ATUAL DO SANEAMENTO NO BRASIL**

### **- ENFOQUE MINAS GERAIS – COPASA –**

### **PREFEITURAS**

#### **2.1 Considerações iniciais**

Nas últimas décadas, a questão ambiental vem adquirindo importância crescente nas atividades realizadas pelo homem, e a sociedade tem se mostrado cada vez mais preocupada em como tratar essa situação.

Frente a essa realidade, o homem necessita repensar seus conceitos de desempenho econômico e seu comportamento em relação ao meio ambiente, através de uma análise mais acurada dos efeitos que os produtos e seus processos de fabricação podem causar ao meio ambiente. A geração de rejeitos, o desperdício dos recursos naturais, são problemas que devem ser encarados para poder reverter o atual e complexo quadro de degradação do meio ambiente.

A dificuldade de acesso à água faz com que muitas operadoras de serviço de saneamento (água e esgoto) transportem água a longas distâncias e utilizem intensamente o bombeamento, que geralmente implicam em altos custos operacionais. As empresas que operam em grandes capitais, vêm enfrentando grandes desafios para manter a população abastecida com água em quantidade e qualidade adequadas. O adensamento populacional, somado a perda da qualidade dos mananciais ou da rejeição de fontes existentes, resultam em problemas quase irreversíveis ao atendimento com água potável nos grandes centros urbanos, levando ao uso intenso das reservas existentes de água. Os custos de projetos e obras para captação de águas superficiais ou para a exploração das águas subterrâneas, incluindo transferências e transposição de outras bacias para satisfazer as necessidades em curto, médio e longos prazos são onerosos, especialmente nas metrópoles.

A gestão eficiente dos recursos hídricos é fator preponderante para o desenvolvimento das cidades, pois todas as atividades humanas dependem da disponibilidade de água e do acesso a ela. A escassez de água impede o desenvolvimento econômico e social, além de limitar alternativas econômicas. Muitos fatores contribuem para a escassez desse precioso líquido: contaminação de rios, lagos, represas, poluição difusa, enchentes, aquecimento global, desmatamento, e disposição inadequada de resíduos sólidos, produzindo impactos econômicos em razão da perda de atividade promovida pelos usos dos recursos hídricos.

Além desses aspectos fundamentais na gestão das águas, deve-se considerar o valor econômico total dos serviços proporcionados pelos ecossistemas aquáticos e os custos das perdas nos sistemas de produção e distribuição.

As empresas e os consumidores devem administrar o uso da água de modo responsável, para assegurar o desenvolvimento sustentável. As concessionárias e prestadoras de serviços que atuam no saneamento e meio ambiente devem ter como meta prioritária o “Programa de Controle e Redução de Perdas de Águas” envolvendo ações e articulações inter e intra-institucional em vários segmentos e implantando medidas preventivas, corretivas, preditivas e de conservação, bem como, a adequada previsão de recursos financeiros e logísticos, no sentido de incorporá-lo como um programa estratégico no rol dos seus serviços.

O treinamento dos técnicos da empresa é de grande importância, além de outros recursos para conseguir um alto nível de eficiência operacional; sabe-se que o combate às perdas é custoso e deve ser feito com muita racionalidade, e com bons diagnósticos e medição contínua dos resultados.

Essas medidas tornam possível a conservação dos recursos hídricos disponíveis, postergando a construção ou ampliação de sistemas de abastecimento de água, a expansão dos níveis de cobertura dos serviços e, eventualmente, a redução dos valores das tarifas praticados. Torna-se possível também, o que é o objeto desse trabalho, economizar energia, seja ela elétrica ou outra fonte qualquer que seja usada para o acionamento das estações de bombeamento, em razão de não ser preciso produzir volumes para atender a demanda real mais as perdas decorrentes da ineficiência do sistema.

É importante que as empresas de saneamento desenvolvam estudos no sentido de utilizar tecnologias modernas em seus sistemas de tratamento e distribuição de água implementando programas de redução de perdas. Também, contemplem uma infra-estrutura de redes e ramais de boa qualidade, visto que, na grande maioria dos municípios, a rede encontra-se em situação precária, e algumas localidades com redes com tempo superior a 50 anos de uso. Uma maneira para a redução das causas primárias dos vazamentos seria a reabilitação e substituição dos trechos comprometidos, nos quais haja a comprovação de que o material encontra-se fadigado.

Quanto à medição de água, é importante investir e adotar melhorias tecnológicas, tanto na macromedição, quanto na micromedição, substituindo hidrômetros que apresentam elevado nível de submedição.

Todos nós devemos, de forma individual ou coletiva, lutar pela preservação da água, seja em pequenas ações, como uma simples explicação sobre o desperdício e perdas aos

consumidores, seja por meio de grandes ações junto aos governantes ou ao poder judiciário. Não é preciso impedir o progresso econômico para que haja proteção ao meio ambiente, só é preciso à conscientização do homem para que o desenvolvimento seja sustentável.

Essa é a tônica desse trabalho, um estudo sobre perdas de água no setor de saneamento no Brasil, sua comparação com sistemas eficientes em outros continentes, e a perda de energia como consequência, e todo potencial que seria possível economizar tanto de energia quanto de água, caso consiga-se reduzir os números já conhecidos, para níveis toleráveis, em torno de 15%.

Essas são as direções que devem guiar os esforços de inovação tecnológica para a área energética daqui em diante, para um futuro com menores impactos ambientais.

## **2.2 História do saneamento**

Obras hidráulicas de certa importância remontam à antiguidade. Na Mesopotâmia existiam canais de irrigação construídos na planície situada entre os rios Tigre e Eufrates e, em Nipur (Babilônia), existiam coletores de esgoto desde 3750 a.C. (AZEVEDO NETO e ALVAREZ, 1985).

Os primeiros escritos da humanidade sobre saneamento básico foram feitos pelos Sumérios. Tratava-se de instruções para a irrigação de terraços. No Egito o fluxo no Rio Nilo, era controlado por dispositivos administrativos, gerindo as partes a montante e a jusante e projetando os níveis de água durante os períodos anuais, nessa época foram desenvolvidas técnicas importantes de irrigação, construção de diques, canalizações exteriores e subterrâneas. Também no Egito, a água era armazenada em potes de barro durante vários meses, sofrendo decantação até que fosse destinada ao consumo humano. Esse método de tratamento era utilizado há mil quatrocentos e cinqüenta anos antes da era cristã (GONÇALVES, 2008).

Importantes empreendimentos de irrigação também foram executados no Egito, vinte e cinco séculos antes de Cristo, sob a orientação de Uni. Durante a XII dinastia, realizaram-se importantes obras hidráulicas, inclusive o lago artificial Mérис, destinado a regularizar as águas do baixo Nilo. (AZEVEDO NETO e ALVAREZ, 1985).

Documentos em Sânscrito (2000 a.C) aconselhavam o acondicionamento da água em vasos de cobre, exposição ao sol, filtragem em carvão, areia ou cascalho, imersão de barra de ferro aquecida (GONÇALVES, 2008).

Há milênios antes de Cristo os chineses e japoneses utilizavam filtração por capilaridade para obter água potável (GONÇALVES, 2008).

O primeiro sistema público de abastecimento de água de que se tem notícia, é o aqueduto de Jerwan, foi construído na Assíria no ano de 691 a.C. Grandes aquedutos romanos foram construídos em várias partes do mundo, a partir de 312 a.C. (AZEVEDO NETO e ALVARES, 1985).



*Figura 2.1 – Aqueduto das Águas Livres (Tipo Romano) Lisboa – Portugal*  
Fonte: <http://www.pbase.com/diasdosreis/aqueduto>

No que diz respeito às construções, materiais e instituições partem-se do ano de 38 da nossa Era, quando foi criado o aqueduto de Cláudia, na Itália, passando pelos estudos de Ateneo, que recomendava para a purificação da água o uso de filtração simples e múltipla (GONÇALVES, 2008).

Preocupações com medidas sanitárias já poderiam ser observadas no séc. III a.C o tratado de Hipócrates – Ares, águas e lugares – procurou informar o médico sobre a relação entre o ambiente e a saúde (GONÇALVES, 2008).

No séc. IV a.C, havia em Roma 856 banhos públicos e 14 termas com o consumo de 750 milhões de litros de água por dia. As ruas possuíam encanamentos que serviam as fontes públicas e lares de cidadãos ricos que pagavam pelo privilegio. Foram construídos grandes aquedutos que traziam a água de muito longe até chegarem a grandes reservatórios que

descarregavam em outros menores, com vazões controladas por comportas, de modo a privilegiar, primeiramente, as fontes públicas, depois os banhos e finalmente os lares ricos. Por volta de 50 d.C, Roma possuía 10 aquedutos (87% enterrados, 2% em estruturas baixas, 11% em arcos) (GONÇALVES, 2008).

Na idade média, o abastecimento era feito através de captação direta dos rios, afastando das práticas romanas de captar água a longas distâncias. Há um retrocesso considerável do ponto de vista sanitário, baixo consumo de água com graves consequências à saúde. A titularidade da água é redefinida e se fragmenta nas mãos da aristocracia laica e dos eclesiástas. A água deixa de ser um recurso público, gerenciado pelo governo como foi em Roma republicana e imperial. No séc. XII as fontes artificiais eram locais de sociabilidade urbana e mantida coletivamente pelos cidadãos, sendo que parte do consumo diário de uma família era garantida através da compra de água transportada pelos “carregadores”. A maior parte da população escava poços no interior das casas, mas a presença de fossas e estercos de animais em suas proximidades contaminava quase todas essas fontes de água contribuindo para o avanço das doenças. Foi um período marcado por grandes epidemias; Peste (séc. XIV – metade da população da Europa infectada e morte de quase um terço, na Índia, 1896, matou 10 milhões de pessoas em 12 anos, ainda hoje não erradicada); cólera; lepra; tifo (GONÇALVES, 2008).

No ano de 1126, em Artois, França, foi projetado e construído o primeiro poço artesiano (GONÇALVES, 2008).

Entre 1630 e 1660 foram desenvolvidos os primeiros conceitos de hidráulica, metodologias de medição de velocidade de escoamento e das vazões, assim como bombas hidráulicas e seu rendimento. O modelo de abastecimento de água baseado na aristocracia laica e nos eclesiásticos, entra em falência em Paris, no final do séc. XV. Controlava-se a distribuição de água através de canalizações e uma dezena de fontes, sob vigilância da municipalidade. Em 1664, a fabricação de tubos de ferro fundido possibilitaria um aumento considerável na distribuição de água canalizada (GONÇALVES, 2008).

Já na idade contemporânea, com a revolução termodinâmica (Revolução industrial), possibilitada pela máquina a vapor (1764), houve a aceleração do processo produtivo, causando um forte impacto sócio-econômico ambiental. A partir dos meados do séc. XIX, inicia-se a implantação do saneamento, bem como da administração e legislação destes e de outros serviços públicos. Na Inglaterra, ocorre a introdução do sistema de rede de esgoto transferindo as águas servidas aos cursos d’água; resíduos industriais foram os primeiros a serem incluídos na lei britânica de controle de poluição das águas (1833). Na França

implanta-se uma medicina urbana, para sanear os espaços das cidades, disciplinando a localização dos cemitérios e hospitais, arejando as ruas e construções públicas e isolando áreas “miasmáticas”. Estudos de Edwin Chadwick (“The Sanitary Conditions Of the Labouring Population Of Great Britassem”), fornecem as bases para o desenvolvimento das relações entre saneamento e saúde (publicação em 1842 do relatório propondo o saneamento do meio como a drenagem de áreas pantanosas). Ao final do séc. XIX e início do séc. XX, com os avanços da microbiologia, assiste-se a um novo deslocamento na compreensão do processo saúde-doença, com reforço no sentido de individualizar as ações preventivas e curativas, responsabilizando-se o doente pela contaminação e instaurando-se a “política sanitária”, com a finalidade de controlar os focos de contaminação nas cidades. No setor de saneamento ainda há muito por se fazer, porque 1 bilhão de pessoas no mundo não tem acesso a água potável e cerca de 80% de todas as doenças do mundo ainda se relaciona com o controle inadequado da água (GONÇALVES, 2008).

### **2.3 Histórico do saneamento no Brasil**

No Brasil, quando os primeiros aglomerados urbanos se constituíram, a ausência de uma estruturação sanitária e de abastecimento permitiu a formação de um pequeno mercado para serviços privados, principalmente ao que tange a distribuição de água. Caracterizados a princípio por trabalhadores individuais que, em geral prestavam basicamente serviços de entrega de água, atualmente os serviços de saneamento são prestados por grandes empresas (OLIVEIRA, 2005).

Esta transformação de prestadores de serviços individuais para grandes empresas especializadas se deu de acordo com a evolução das demandas, que foram se tornando mais complexas. As preocupações iniciais eram relacionadas somente a captação e distribuição da água, com o decorrer do tempo, foram se estendendo aos problemas sanitários, que tiveram grande crescimento em virtude da disposição inadequada de dejetos humanos. Podemos afirmar ainda que além das necessidades de investimentos em coleta de esgotos também passou a ser exigido destes prestadores investimento em desenvolvimento de técnicas e de aplicação das mesmas em tratamento de esgotos (OLIVEIRA, 2005).

Estácio de Sá, 61 anos depois do início do domínio de Portugal (1500), no Rio de Janeiro, manda escavar o primeiro poço para abastecimento de água de uma cidade. Em 1673, era dado início às obras de saneamento no Rio de Janeiro e, em 1723, construía-se o primeiro

aqueduto transportando águas do rio Carioca, os Arcos Velhos, em direção ao chafariz. Na cidade de São Paulo, o primeiro chafariz data de 1744 (em 1842, havia na cidade quatro chafarizes) (CEDAE, 2007).

Em 1746, eram construídas e inauguradas linhas adutoras para os conventos de Santa Tereza, no Rio de Janeiro, e da Luz, em São Paulo. Entre 1857 e 1877, o governo de São Paulo, após a assinatura de contrato com a empresa Achilles Martin D'Estudens, constrói o primeiro sistema Cantareira de abastecimento de água encanada. O de Porto Alegre (RS) fica pronto em 1861. E o da cidade do Rio de Janeiro, construída por Antônio Gabrielli, em 1876, com a invenção do Decantador Dortmund é a pioneira na inauguração em nível mundial de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), com seis Filtros Rápidos de Pressão Ar/Água (CEDAE, 2007).

A história do Saneamento no Brasil pode ser dividida em seis fases:

**Primeira:** no período colonial, as ações do Saneamento eram definidas com as soluções individuais. Resumiam à drenagem dos terrenos e à instalação de chafarizes em algumas cidades (PEREIRA, 2007).

**Segunda:** meados do século 19 e início do século 20, quando se inicia a organização dos serviços, quando as províncias entregaram as concessões a companhias estrangeiras, principalmente inglesas (PEREIRA, 2007).

**Terceira:** início do século 20. Neste período começa-se a vincular o Saneamento a seus recursos. Basicamente em decorrência da insatisfação geral da população em função da péssima qualidade dos serviços prestados pelas empresas estrangeiras, quando se dá a estatização dos serviços (PEREIRA, 2007).

**Quarta:** a partir dos anos 40 inicia a comercialização dos serviços. Neste período os orçamentos do Saneamento são destacados do orçamento geral das cidades. Surgem autarquias e mecanismos de financiamento para abastecimento de água (PEREIRA, 2007).

**Quinta:** anos 50 a 60 são criadas as empresas de economia mista, quando têm destacada participação dos empréstimos do Banco Interamericano de Desenvolvimento, que previam o reembolso via tarifas e exigiam autonomia cada vez maior das companhias (PEREIRA, 2007)

**Sexta:** com o Regime Militar, em 1971, é instituído o Plano Nacional de Saneamento – PLANASA. Neste período foram consolidados os valores que surgiram nos anos 50 – autonomia e auto-sustentação por meio das tarifas e financiamentos baseados em recursos retornáveis. Houve extrema concentração de decisões, com imposições das companhias estaduais sobre os serviços municipais e uma separação radical das instituições que cuidam da saúde no Brasil e as que planejam o Saneamento (PEREIRA, 2007).

Os serviços de saneamento básico no Brasil são historicamente constituídos pela atuação de instituições públicas e de instituições privadas.

A iniciativa pública passou a atuar no Brasil, em alguns municípios, na área do saneamento entre o final do século XIX e início do XX com a ampliação do acesso à água através de distribuições de chafarizes e bicas públicas e, principalmente na implantação das primeiras estruturas sanitárias destinadas à coleta de esgotos, com fins a solucionar problemas de epidemias advindas das precárias condições urbanas.

As instituições públicas são aquelas criadas pelo poder do Estado, principalmente representadas pelas instâncias estaduais e municipais e já nascem possuindo um caráter mais sistêmico em relação ao saneamento, considerando que sua atuação original estaria atrelada às tentativas de desenvolvimento de soluções aos problemas relacionados ao esgotamento sanitário e ao abastecimento de água (OLIVEIRA, 2005).

As pequenas empresas distribuidoras atuam no Brasil desde o Brasil Colônia, quando entregavam, ainda em carroças, a água vendida em cântaros ou em pequenos tanques aos compradores, como preconiza Aristides de Almeida Rocha (1997). Hoje ainda é possível verificarmos este tipo de comércio de entrega de água em galões mesmo em grandes cidades, especialmente em localidades em que pesam dúvidas sobre a qualidade da água distribuída em redes, a água é vendida como mineral. Porém, nem sempre a qualidade desta água vendida como potável é boa, o que sujeita seu consumidor a contrair doenças. Estas empresas se distribuem amplamente pelo território nacional e não é rara a ausência da licença para o exercício deste tipo de atividade, assim como predomina a falta de controle sanitário sobre a qualidade da água comercializada (OLIVEIRA, 2005).

A história do abastecimento da cidade de São Paulo foi construída a partir da participação destes diversos agentes, desde o pequeno distribuidor de água em cântaros, evoluindo para a empresa Cantareira de Água e Esgotos que permaneceu responsável pelos serviços de saneamento até novembro de 1892, até a mesma ser encampada pelo governo Estadual através de diferentes instituições o que culminou com a criação da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo – SABESP, em finais da década de 1960, perdurando até os dias atuais (OLIVEIRA, 2005).

O início da década de 1970 foi marcado por grandes pressões por parte da população e de representantes da indústria e comércio, reivindicando maiores investimentos no setor de saneamento básico, tais como extensão das redes de abastecimento, redes de coleta e tratamento de esgotos, já que os déficits estariam impedindo o crescimento econômico e

social das cidades, levando um grande número de empresas a abandonar os grandes centros urbanos em virtude dos custos implicados em sua manutenção.

Neste período foi criado o Plano Nacional de Saneamento – PLANASA, em que o poder federal concentrou o poder de decisão e financeiro no Banco Nacional da Habitação, através do referido plano, direcionando grandes investimentos para o setor de saneamento. Caberia, portanto, ao Estado e aos Municípios aderirem ou não a este Plano para obterem recursos, que por sua vez tinha origem no Fundo de Garantia do Tempo de Serviço – FGTS. Neste sentido, foram criadas em todos os Estados, Companhias de Saneamento Básico, tais como a SABESP em São Paulo, COPASA em Minas Gerais (OLIVEIRA, 2005).

Entre 1971 e início da década de 1980 segundo levantamento efetuado por Marcos T. Abicalil (1998) o setor de saneamento teve grande impulso, crescendo 43% em cobertura de água e 122% em coleta de esgotos (OLIVEIRA, 2005).

A partir de meados da década de 1980 o setor foi perdendo força, culminando com a extinção do órgão central do sistema – o Banco Nacional da Habitação e com a pulverização das funções exercidas pelo PLANASA (OLIVEIRA, 2005).

A década de 1990, por sua vez, concretiza a possibilidade da privatização dos serviços de saneamento básico aos moldes das grandes empresas. A princípio este modelo de gestão era opcional, surgindo no primeiro mandato do governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso. Porém, no segundo mandato do mesmo, a imposição de reajuste econômico do Fundo Monetário Internacional - FMI, como lembra Brito (2001), induziu o governo federal a impedir a contratação de novos financiamentos por parte de empresas públicas e a disponibilizar grandes somas às empresas privadas no setor de saneamento básico. Com isto as empresas públicas estaduais e municipais que já se encontravam enfraquecidas pela queda de investimentos, teriam que assumir sozinhas o ônus de novos investimentos necessários ou ceder às pressões pela concessão dos serviços à iniciativa privada. Por outro lado, as resistências a esta forma de Estado não esmorecem, as contradições urbanas se multiplicam, e as diversas facetas com que se apresentam as consequências de uma estrutura deficitária de saneamento básico coloca em xeque as tendências às formas de elitização de serviços essenciais (OLIVEIRA, 2005).

Problemas sanitários e difusão de doenças via veiculação hídrica não obedecem a fronteiras, e apesar de atingirem sempre com mais força as populações mais empobrecidas, a água contaminada pode chegar à locais distantes de sua origem, causando doenças como o cólera, hepatite, meningite, entre outras. Assim, o comprometimento de cursos d'água pela falta de investimento em saneamento básico, principalmente para o tratamento de esgoto,

demonstra “a ponta do iceberg” de decisões de gestão dos serviços de saneamento que vão na contra mão do que se espera de um sistema sanitário e de saúde voltado para o bem comum.

O saneamento básico é um serviço que tem por objetivo principal a manutenção da vida com qualidade através da oferta de água potável e do desenvolvimento de soluções para o esgotamento sanitário com sua coleta e tratamento. Devendo ser, portanto, um direito de todos, conforme rege a Constituição brasileira de 1988. Se o Estado através do abandono do setor público privilegia o privado ele está negando sua própria constituição, seja esta compreendida como aparato legal, regulador, seja esta compreendida como própria instância representativa de seu povo e neste segundo caso, não haveria mais Estado (OLIVEIRA, 2005).

## **2.4 Situação atual do saneamento no Brasil**

Os serviços de saneamento básico são considerados serviços de utilidade pública passíveis de delegação (A Lei nº. 11.445/07 é definida como o marco regulatório do Saneamento Básico no Brasil; estabelece a universalização dos serviços de abastecimento de água, rede de esgoto e drenagem de águas pluviais, além da coleta de lixo para garantir a saúde da população brasileira. Neste enfoque, as políticas públicas de saneamento básico, conforme a Lei, deverão criar mecanismos de controle social, ou seja, formas de garantir à sociedade informações e participação no processo de formulação das medidas relacionadas ao setor). Assim, esses serviços tanto podem ser prestados diretamente pelo governo, quanto por meio de concessão a entidades públicas ou privadas. Atualmente no Brasil, o arranjo institucional do setor de saneamento contempla as seguintes naturezas jurídicas dos prestadores de serviços: a) órgão da administração direta; b) autarquias; c) sociedade de economia mista; d) empresa pública; e) empresa privada; e f) associações comunitárias. Essa divisão se dá em função das características peculiares que cada prestador de serviço possui em termos de personalidade jurídica, regime jurídico, forma de criação, de organização e de extinção (SNIS, 2006).

No Brasil, os prestadores de serviços de saneamento estão sujeitos ou às disposições contidas nas normas de direito público (constitucional, administrativo ou tributário), ou as normas do direito privado (comercial, trabalhista e cível). Estão sob a tutela do direito público os órgãos da administração direta e as autarquias. Os demais tipos de prestadores são regidos pelas normas de direito privado. Algumas normas do direito público são exigidas dos prestadores de serviços regidos pelas normas do direito privado como, por exemplo, a

exigência de que a contratação de empregados e realização de compra de bens e serviços das empresas públicas e sociedades de economia mista, entidades de direito privado, sejam feitas, respectivamente, por meio de concurso público e de licitações (SNIS, 2006).

O mercado para os serviços de saneamento básico está concentrado na população urbana do país (147,9 milhões de habitantes em 2006 – SNIS, 2006), que representa 97,1% da população total. A oferta de saneamento está restrita ao atendimento de 86% da população urbana no que se refere ao abastecimento de água, e 49% no que se refere à coleta de esgoto por rede, sendo que apenas 20% do esgoto coletado é tratado, ou seja, apenas 10% do esgoto produzido.

Os municípios, detentores de poder concedente são atualmente cerca de 4516 (SNIS, 2006), em torno de 3936 (87,15%) são atendidos por concessionárias estaduais e os 580 restantes têm seus serviços operados de forma autônoma (SNIS, 2006), sendo metade instituídos sob forma de departamentos municipais e outra metade por intermédio de autarquias, enquanto as companhias municipais não alcançam 1% dos casos.

**Tabela 2.1 – Prestadores de serviço SNIS – 2006.**

Prestador de serviços		População urbana dos municípios atendidos		Quantidade de municípios atendidos	
Abrangência	Quantidade	Água	Esgotos	Água	Esgotos
Regional	26	112.116.467	83.805.434	3.936	958
Microrregional	7	615.719	551.444	21	14
Local	559	35.200.591	30.928.753	559	279
Total	592	147.932.777	115.285.631	4.516	1.251

**Fonte:** SNIS (*Secretaria Nacional de Informações Sobre Saneamento*), 2006.

Mais de 80% dos municípios tem população máxima de 20 mil habitantes, porém a população urbana concentra-se nos 157 municípios com mais de 100 mil pessoas, onde se localizam 61% dos domicílios brasileiros (SNIS, 2006).

Em 2005, as companhias estaduais de saneamento eram as concessionárias de serviços em 3191 municípios. Neste universo, as companhias estaduais atendiam com abastecimento de água o equivalente a 72% da população urbana do país (85 milhões de pessoas). Todavia, a oferta de serviços de coleta de esgotamento sanitário, por essas companhias se restringe a apenas 20% dos municípios onde elas atuam. Nos demais municípios o serviço por rede coletora simplesmente não é oferecido pela companhia, sendo a coleta de esgotos feita por

fossas, ou inexistente. Em alguns casos o próprio município arca com o serviço de coleta (SNIS, 2006).

Entre os municípios que operam seus próprios serviços de saneamento básico (cerca de 1300), a metade não oferece serviços de esgotamento sanitário por rede coletora. Nestes a cobertura é feita por fossas ou simplesmente inverte. No conjunto de municípios autônomos vale destacar a atuação da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e as concessões ao setor privado (PNSB/IBGE, 2000).

A FUNASA é subordinada ao Ministério da Saúde e entre suas atribuições está o investimento em soluções de saneamento com tecnologias e administração compatível com o porte dos municípios onde opera: tem convênio com 267 municípios, cuja população totaliza cerca de 5 milhões de habitantes, sendo 94% até 50 mil habitantes. Atua principalmente no Nordeste 44% dos convênios (PNSB/IBGE, 2000).

Os municípios autônomos com população acima de 70 mil habitantes (Totalizando cerca de 12 milhões de pessoas) podem ser considerados atrativos para a atuação de empresas privadas, de médio e grande porte, em serviços de saneamento. Trata-se de 55 municípios, 42 deles concentrados na Região Sudeste, sendo 27 localizados em São Paulo e 10 em Minas Gerais.

Os obstáculos que entravam à expansão da cobertura dos serviços de saneamento no Brasil vão muito além da escassez de recursos. Os déficits de atendimento de água e esgoto são resultados de um emaranhado de falhas que inclui, ineficiência, inexistência de regulação e carência de planejamento. O diagnóstico é de que os recursos disponibilizados para o setor estão aquém do necessário para universalizar o atendimento em 20 anos, mas atribui a “morosidade” dos avanços no setor também à situação financeira dos prestadores de serviços, à não-priorização dos serviços por parte das três esferas de governo; à ineficiência na aplicação dos recursos e às decisões administrativas tomadas em função de “outros interesses que não meramente, técnicos econômicos e ambientais”. Também há responsabilidade da população na desatenção ao setor. “Se por um lado não há priorização por parte dos governos para o saneamento, por outro a população também colabora para essa situação, quando não comprehende a importância do setor e não o valoriza”. Como exemplo, pode-se citar as constantes reclamações da população em função das tarifas praticadas para o abastecimento de água e esgotamento sanitário, sendo possível ouvir que é um absurdo o custo de R\$ 2,00 para um metro cúbico [1 mil litros] de água. Entretanto, esse mesmo indivíduo paga mais de R\$ 2,00 por uma latinha de refrigerante ou cerveja, ou mesmo em um pacote de cigarros, sem nenhuma reclamação. A mudança do entendimento do que seja o setor, por parte da

população, é fundamental. É consenso entre os especialistas que o saneamento requer investimentos elevados e que os resultados só são perceptíveis no médio prazo. Esse alto custo das obras no setor às vezes é apontado como justificativa para os déficits de cobertura no Brasil. Paralelamente a isso, no cenário político-eleitoral, o saneamento quase nunca aparece como prioridade nos planos de governo, como foi a fome e, mais recentemente, a educação. Nesse sentido, o saneamento no Brasil não avança por falta de vontade política ou por que o país não tem dinheiro para isso? Foram criados e/ou implementados programas no intuito de proporcionar eficiência para os prestadores de serviços (PMSS, RECESA, Água para Todos etc.). O saneamento pode não estar avançando no Brasil quando se levantam os índices operacionais, mas certamente está havendo um enorme esforço no sentido de estruturá-lo no aspecto institucional e de gestão e regulação.

Apesar desse esforço, os recursos disponibilizados para o setor são inferiores às necessidades para garantir a universalização em um período de 20 anos. Mas a morosidade no avanço dos indicadores ocorre, também, em função de outros fatores:

- ✓ Situação financeira dos prestadores de serviços, que não permite investimentos de montantes significativos com recursos próprios e contração de empréstimos;
- ✓ Não-priorização dos governos (federal, estaduais e municipais);
- ✓ Ineficiência na aplicação dos recursos (há inúmeras obras inacabadas, unidades implantadas que não produzem benefícios à população e unidades com problemas operacionais);
- ✓ Obras implantadas por outros interesses que não meramente os técnicos, econômicos e ambientais.

Pelo que se observa o saneamento no Brasil não avança tanto por carência de recursos financeiros quanto por vontade política, mas também por ineficiência na aplicação dos recursos, inexistência de regulação, carência de planejamentos a longo prazo. Os próprios governos são os responsáveis por diversas dessas situações, destacando-se a interrupção no repasse de recursos financeiros, a celebração de convênios sem projetos adequados e a deficiência no acompanhamento da execução das obras. Outro fato importante que ocorre com certa freqüência é alocação de recursos públicos de maneira incorreta e inadequada, sem a fiscalização das suas aplicações e muito menos a avaliação dos seus resultados. Ressalte-se, ainda, outra situação freqüente: a paralisação de obras em função da não-prestação de contas por parte do conveniado. Além da magnitude do desperdício, observa-se a indiferença e irresponsabilidade com que as obras inacabadas vêm sendo tratadas ao longo do tempo pelas autoridades públicas, principalmente pela não-alocação de recursos orçamentários necessários

às suas conclusões, enquanto outras obras são iniciadas. Uma obra inacabada representa um enorme prejuízo ao país e principalmente à sua população, tanto em função do desperdício de recursos sabidamente escassos quanto da possibilidade de manipulação político-eleitoral, com promessas de busca de novos recursos para sua conclusão. Se o problema é, pelo menos em parte, a falta de recursos, a necessidade de solucioná-lo justifica mudanças em outras áreas, como, por exemplo, uma possível alteração da política econômica a fim de disponibilizar mais recursos para o acesso à água e saneamento. Sem dúvida nenhuma que o setor necessita de mais recursos, mas somente o aporte desses recursos não é suficiente para que realmente se tenham sistemas eficientes, regulares e eficazes.

Há necessidade de ações que atinjam outros objetivos, como por exemplo, programas de educação sanitária e ambiental que visem a:

- ✓ Conscientizar a população no que se refere à utilização sustentável dos recursos hídricos, à utilização adequada dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais urbanas e manejo de resíduos sólidos;
- ✓ A ampliação da visão do setor saneamento, que atualmente se restringe a intervenções físicas para a maioria da população, possibilitando uma visão que englobe os aspectos de operação, manutenção, sustentabilidade econômica e ambiental, além dos aspectos sociais e de saúde pública.
- ✓ Criação de fóruns de discussões que possibilitem a participação da sociedade, das prefeituras, dos prestadores de serviços e dos órgãos ambientais envolvidos nas discussões e priorizações das ações a serem desenvolvidas, bem como a adoção de soluções integradas no intuito de racionalizar a aplicação dos recursos financeiros disponíveis.

Fortalecimento institucional, incluindo melhoria das estruturas operacionais dos prestadores de serviços, com o desenvolvimento dos seguintes pressupostos:

- ✓ Automação dos sistemas;
- ✓ Instalação de macromedição;
- ✓ Universalização da micromedição;
- ✓ Programas de educação sanitária;
- ✓ Programas de qualificação da mão-de-obra utilizada pelas prestadoras de serviços objetivando a ação rápida do operador local, por exemplo, no controle de vazamentos nas unidades de distribuição de água, bem como extravasamentos nas unidades de coleta de esgotos.

Se por um lado tem-se necessidade de ampliar os recursos disponíveis para o setor, por outro tem-se a obrigação de melhorar a eficiência e a eficácia na prestação dos serviços, com a redução dos custos operacionais. Por todo o exposto anteriormente, não há dúvidas de que os investimentos realizados necessitam de um maior controle, planejamento, acompanhamento etc., para que se tenha reduzida a ineficiência da sua aplicação. Os principais obstáculos para a expansão dos índices de atendimento de esgotamento sanitário são: a baixa capacidade de pagamento da população (as tarifas mal cobrem os custos da prestação dos serviços); a ineficiência na aplicação dos recursos financeiros; os conflitos na prestação dos serviços entre municípios e entidades detentoras da concessão; os indícios de irregularidades na aplicação de recursos, que vão desde o processo licitatório até o desvio de recursos com a aplicação em outras atividades não previstas no objeto de contrato, proporcionando paralisação das obras; os projetos megalômanos ou pequenas obras não inseridas em um planejamento macro e de interesse coletivo; a falta de controle que se verifica em órgãos dos governos, decorrentes da desorganização geral do Estado, em que as funções de controle são relegadas a segundo plano; e os recursos financeiros insuficientes. A inexistência de uma Política Nacional de Saneamento Básico e de um marco regulatório para o setor proporcionam situações das mais diversas em cada unidade da Federação. O primeiro passo para garantir condições mínimas para o avanço sustentável para o setor é a existência de uma política nacional associada a ações de regulação, gestão, planejamento e controle social. Não somente replicar, mas adaptá-las às realidades de cada unidade da Federação. Implementar uma política nacional de saneamento básico, instituir um marco regulatório para o setor, investir no fortalecimento institucional dos prestadores de serviços, divulgar e aplicar as experiências exitosas na prestação dos serviços, possibilitar a participação da população no planejamento das ações e ampliar os recursos disponibilizados para o setor, tanto na elevação dos montantes quanto na redução dos gastos. A Política Nacional de Saneamento deverá estabelecer “as diretrizes gerais aplicáveis a todos os serviços de saneamento básico, e, também, diretrizes específicas do abastecimento de água, do esgotamento sanitário, do manejo de resíduos sólidos e do manejo de águas pluviais urbanas. Essas diretrizes deverão fixar caminhos para o planejamento, regulação e fiscalização, complementaridade de serviços, delegação (ou seja, concessão), aspectos econômico-financeiros (isto é: critérios para definir tarifas), ao mesmo tempo em que explicita os direitos dos usuários, inclusive os de fiscalizar os serviços e receber e ter acesso a serviços permanentemente fiscalizados”. A implementação dessas diretrizes certamente contribuirá para a melhoria dos prestadores de serviços, dos serviços prestados e para a ampliação de suas coberturas. A solução dessa questão passa

necessariamente pelo entendimento entre as partes envolvidas: titulares dos serviços, prestadores de serviços e população envolvida. Uma parte considerável da água captada pelas empresas não chega ao consumidor final, por falha de manutenção nas tubulações. Os índices de perdas de distribuição nos prestadores de serviços são: abrangência regional (44,5%); abrangência microrregional (46,8%); abrangência local de direito público (38,5%), abrangência local de direito privado (41,9%), abrangência local empresa privada (47,5%), e quem paga por essa ineficiência, é a população, por meio das tarifas.

#### **2.4.1 Alguns números do saneamento no Brasil**

Segundo o SNIS 2006, a amostra de prestadores de serviço analisada é constituída por 592 entidades e está distribuída da seguinte forma: 26 prestadores regionais (composto na maioria por empresas estaduais de saneamento), 7 microrregionais e 559 locais. Em relação ao ano de 2005, houve um incremento de 40,3 na quantidade de prestadores de serviço.

Em termos gerais, a amostra para dados municipais, presentes no SNIS em 2006, totalizou 4.516 municípios brasileiros. No total esses municípios possuem uma população urbana de 143,6 milhões de habitantes (94,2% da população urbana do país).

Segundo a abrangência, os prestadores de serviços do SNIS enquadram-se em uma das seguintes três classes:

- ✓ **Prestador de serviço de abrangência regional:** São entidades legalmente constituídas para administrar serviços e operar sistemas, atendendo a vários municípios com sistemas isolados e integrados. Estão aí compreendidas as companhias estaduais; (SNIS, 2006).
- ✓ **Prestador de serviço de abrangência microrregional:** São entidades legalmente constituídas para administrar serviços e operar sistemas, atendendo a mais de um município, com sistemas isolados e integrados, normalmente adjacentes e agrupados numa pequena quantidade. Estão aí compreendidos os consórcios intermunicipais; (SNIS, 2006).
- ✓ **Prestador de serviço de abrangência local:** São as entidades legalmente constituídas para administrar serviços e operar sistemas no município em que estão sediadas. Eventualmente e quase sempre em caráter não oficial, atendem a frações de municípios adjacentes. Estão aí compreendidos os serviços municipais públicos ou privados (SNIS, 2006).

Segundo a natureza jurídico-administrativa são considerados no SINS, sete categorias:

- ✓ **Administração pública direta centralizada:** secretarias, departamentos ou outros órgãos da administração pública direta e centralizada (SNIS, 2006).

- ✓ **Autarquia:** Entidade com personalidade jurídica de direito público, criada por lei específica, com patrimônio próprio, atribuições públicas específicas e autonomia administrativa, sob controle estadual ou municipal (SNIS, 2006).
- ✓ **Empresa pública:** Entidade paraestatal, criada por lei, com personalidade jurídica de direito privado, com capital exclusivamente público, de uma só ou de várias entidades, mas sempre capital público (SNIS, 2006).
- ✓ **Sociedade de economia mista com gestão pública:** Entidade paraestatal, criada por lei, com capital público e privado, maioria público nas ações com direito a voto, gestão exclusivamente pública, com todos os dirigentes indicados pelo poder público (SNIS, 2006).
- ✓ **Sociedade de economia mista com gestão privada:** Entidade paraestatal, criada por lei, com capital público e privado, com participação dos sócios privados na gestão dos negócios da empresa, um ou mais dirigentes escolhidos e designados por sócios privados (SNIS, 2006).
- ✓ **Empresa Privada:** Empresa com o caráter predominante ou integralmente privado, administrado exclusivamente por particulares (SNIS, 2006).
- ✓ **Organização social:** Entidade da sociedade civil organizada, sem fins lucrativos, à aquela que tenha sido delegada a administração dos serviços (Associação de moradores, por exemplo), embora conhecida como categoria, não há nenhum prestador de serviço no SNIS com essa configuração (SNIS, 2006).

Pela primeira vez, mais da metade dos domicílios do país tem acesso à rede de esgoto. Em 2007, a Pesquisa nacional por amostras de domicílio - PNAD (IBGE, 2007), estimou em 56,345 milhões os domicílios particulares permanentes no país, 1,735 milhões de unidades a mais que no ano anterior. A quantidade de domicílios próprios cresceu em 0,7 pontos percentuais, destacando-se o percentual de domicílios próprios quitados (69,8%), que aumentou em todas as regiões. No Sudeste houve o maior aumento de unidades (665 mil) e a região Norte apresentou o maior crescimento percentual: 2,8 pontos percentuais em relação ao ano anterior. É, também, a região Norte, a que apresenta a maior parcela de domicílios próprios já quitados (79,3%).

*Tabela 2.2 - Distribuição da quantidade de municípios e respectivas populações, cujas informações constam do SNIS 2006, por abrangência do prestador de serviços, segundo a região geográfica.*

Regiões	Quantidade de municípios				
	Atendidos por regionais e microrregionais	Atendidos por locais	Total	Existentes na região	Percentual alcançado (%)
Norte	280	51	331	449	73,7
Nordeste	1.431	121	1.552	1.793	86,6
Sudeste	1.075	183	1.258	1.668	75,4
Sul	876	72	948	1.189	79,7
Centro-Oeste	295	132	427	466	91,6
Brasil	3.957	559	4.516	5.565	81,2
Regiões	População urbana atendida (Em milhões)				
	Atendidos por regionais e microrregionais	Atendidos por locais	Total	Existentes na região	Percentual alcançado (%)
Norte	3,8	4,5	8,3	10,5	78,4
Nordeste	31,5	3,1	34,6	35,9	96,2
Sul	48,5	19,3	67,8	72	94,2
Centro-Oeste	16,4	5,1	21,5	22,4	96,9
Sul	8,2	3,2	11,3	11,5	98,4
Brasil	108,4	35,2	143,6	152,4	94,2

*Fonte: SNIS (Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento, 2006).*

O percentual de domicílios atendidos por rede geral de abastecimento de água (83,3%) cresceu 0,1 pontos percentuais (ou mais 1,498 milhão de unidades) em relação a 2006. Destaca-se a evolução no Centro-Oeste, com mais 1,2 ponto percentual no período. Entretanto, Norte e Sudeste reduziram suas proporções de domicílios atendidos em 0,2 e 0,3 pontos percentuais, respectivamente.

**Tabela 2.3 – Domicílios com acesso a abastecimento de água e esgotamento sanitário.**

Domicílios com acesso a Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário											
Ano	Regiões	Abastecimento de água				Esgotamento sanitário					
		Rede geral		Outra forma		Rede coletora		Fossa séptica		Outros ou não tinham	
2006		Un. mil	(%)	Un. mil	(%)	Un. mil	(%)	Un. mil	(%)	Un. mil	(%)
	Brasil	45.441	83,2	9.168	16,8	26.472	48,5	11.963	21,9	16.173	29,6
	Norte	2.118	56,1	1.658	43,9	186	4,9	1.780	47,1	1.810	47,9
	Nordeste	10.351	75,1	3.436	24,9	3.862	28	2.829	20,5	7.097	51,5
	Sudeste	22.569	92	1.961	8	18834	76,8	2.665	10,9	3.032	12,4
	Sul	7.251	84,8	1.301	15,2	2.246	26,3	4.381	51,2	1.926	22,5
	Centro-Oeste	3.151	79,5	810	20,5	1.344	33,9	309	7,8	2.308	58,3
2007	Brasil	46.943	83,3	9.401	16,7	28.921	51,3	12.558	22,3	14.865	26,4
	Norte	2.179	55,9	1.721	44,1	381	9,8	1.754	45	1.766	45,3
	Nordeste	10.792	75,7	3.460	24,3	4.227	29,7	3.619	25,4	6.405	44,9
	Sudeste	23.077	91,8	2.074	8,2	19.661	79,4	2.513	10	2.677	10,7
	Sul	7.533	84,8	1.346	15,2	2.905	32,7	4.153	46,8	1.821	20,5
	Centro-oeste	3.362	80,8	801	19,2	1.448	34,8	518	12,4	2.197	52,8

**Fonte: PNAD (Pesquisa nacional por amostras de domicílio IBGE – 2007)**

Em relação a 2006, na região Norte o número médio de moradores por domicílio teve pequena redução (de 4,0 para 3,9). No Sul e o Centro-Oeste também houve quedas de 0,1 ponto percentual, apresentando médias de 3,1 e 3,2 moradores por domicílio, respectivamente. Nordeste e Sudeste mantiveram-se estáveis.

Conforme a tabela 2.3, a participação de domicílios atendidos por rede coletora de esgoto aumentou 2,8 pontos percentuais e, dessa forma, o Brasil passou a ter mais da metade (51,3%) dos seus domicílios ligados a rede coletora de esgotamento sanitário. Na região Norte, a quantidade de domicílios ligados à rede coletora mais que dobrou de 2006 para 2007, passando de 186 mil para 381 mil. Mesmo assim, essa região continuou com a menor parcela de domicílios ligados à rede de esgoto (9,8%). Em 2007, o Sudeste tinha 19,961 milhões de domicílios ligados a rede coletora (contra 18,834 milhões no ano anterior) e manteve-se como a única região a apresentar um percentual (79,4%) superior ao do Brasil.

*Tabela 2.4 – Municípios de esgotamento sanitário e proporção, segundo bacias hidrográficas.*

Bacias hidrográficas	Municípios, por condição de esgotamento sanitário total e proporção, segundo bacias hidrográficas, 2000.					
	Total	Com coleta		Com tratamento		
		absoluto	Relativo (%)	absoluto	Relativo (%)	
1. Bacia hidrog. do Rio Amazonas	246	17	7	17		7
2. Bacia hidrog. do Rio Tocantins	407	27	7	23		6
3. Bacia hidrog. do Rio Parnaíba	259	6	2	6		2
4. Bacia hidrog. Rio São Francisco	444	279	63	247		56
5. Bacia hidrog. do Prata	1802	1128	63	1078		60
6. Bacias costeiras do Norte	10	2	20	2		20
7. Bacias costeiras Nordeste ocidental	180	4	2	4		2
8. Bacias costeiras Nordeste oriental	1211	690	57	658		54
9. Bacias costeiras do Sudeste	535	509	95	501		94
10. Bacias costeiras do Sul	412	200	49	187		45

Fonte: IBGE pesquisa nacional saneamento básico 2000.

**Fonte: PNAD (Pesquisa nacional por amostras de domicílio IBGE – 2007)**

O Nordeste, mesmo apresentando a maior redução no número de domicílios sem acesso a rede coletora ou fossa séptica, (menos 693 mil, ou queda de 6,6 pontos percentuais), permaneceu com o maior número de domicílios nesta condição (6,405 milhões).

Quando se observam as tabelas 2.3 e 2.4, evidenciam-se as desigualdades em sua difusão espacial. Enquanto as redes de água e os serviços de coleta de lixo e limpeza urbana se encontram na maioria dos municípios brasileiros, as redes de esgotamento sanitário estão especialmente concentradas na região Sudeste e nas áreas mais urbanizadas das demais regiões do país.

Sabe-se que o abastecimento de água constitui questão fundamental e demanda solução, em razão dos riscos que a ausência ou o fornecimento inadequado de água representam para a saúde pública, mas o esgotamento sanitário também representa um grande problema.

Levando-se em conta as estimativas da produção média de esgoto por habitante da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), é possível verificar que, na grande maioria das bacias hidrográficas, o volume de esgoto coletado é bastante baixo em relação ao produzido pelos municípios ali situados. O maior número percentual de distritos-sede que coletam esgoto encontra-se nas bacias costeiras do Sudeste (95%) e nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco e da Prata (ambas com 63%), seguidas pelas bacias costeiras do Nordeste oriental (57%) e do Sul (49%). As demais apresentam valores iguais ou inferiores a 20%. A situação é mais grave quando se considera que, nas grandes bacias hidrográficas, menos de 50% do esgoto coletado recebe tratamento.

Em 2000, havia 116 municípios brasileiros sem serviço de abastecimento de água por rede geral (2% do total de municípios), a maior parte dos quais situada nas regiões Norte e Nordeste. Nestas regiões, embora tenha havido redução do número de municípios sem abastecimento desde 1989, registrou-se em 2000 um aumento de seu peso proporcional: passaram de 50% para 56% no Nordeste, e de 21,7% para 23,3% na região Norte, indicando que o investimento aí realizado na expansão da rede geral de abastecimento de água não ocorreu na mesma proporção que nas demais regiões. Esses municípios que não contam com rede distribuidora de água utilizam, como alternativa, chafarizes e fontes, poços particulares e abastecimento por caminhões-pipas, bem como uso direto de cursos d'água.

Outro fato novo que vem mudando o saneamento no Brasil são as chamadas PPP – Parcerias Públco-Privadas que está possibilitando que empresas privadas façam investimentos no setor junto com as empresas de saneamento públicas, com isso o setor privado conseguiu chegar em 2008 a 9,8% do atendimento do saneamento básico no país, serviço historicamente concentrado nas companhias estaduais. Em 2007 esse percentual era de 7,5% e até 2006 a participação vinha se mantendo estacionada em 6%. O ano significa a passagem de 3,2 mil pessoas à prestação de serviço das companhias privadas. A expectativa das empresas é de representar 30% no mercado em 10 anos. Hoje, o setor privado atua em 10 estados. Tocantins é o que mais possui cidades com serviço privado de água e esgoto (124 municípios) e a empresa estatal é privatizada. Em seguida, o Mato Grosso, com 28 cidades, São Paulo, com 23, e o Rio de Janeiro, com 15 cidades.

Os índices de atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil estão ainda distantes da universalização pretendida e necessária. Em que pesem os incrementos verificados na oferta dos serviços nas últimas décadas, persiste uma demanda não atendida, especialmente nos extratos sociais de mais baixa renda, nas periferias de grandes cidades, nos menores municípios, nas pequenas localidades e na área rural. Apesar do grande déficit existente, não se pode deixar de observar que o incremento da cobertura dos serviços nas últimas décadas é expressivo, ainda mais se considerando o forte incremento populacional e a crescente urbanização. Por exemplo, entre 1970 e 1980, enquanto a população urbana brasileira crescia de 52 milhões para 80 milhões, a cobertura urbana dos serviços de água cresceu de 60,5% para 79,2%, incorporando aos serviços aproximadamente 31,9 milhões de pessoas. Entre 1980 e 1991, a população urbana passou para 111 milhões, e a cobertura urbana dos serviços urbanos de água passou a 86,3%, representando a incorporação de 32,4 milhões de pessoas. Na última década do século XX, a cobertura urbana dos serviços de água alcançou 89,8%, representando a incorporação de 28,1 milhões de pessoas na década (ABICALIL, 2002).

## 2.5 O saneamento em Minas Gerais

Até o ano de 1963, Minas Gerais não tinha uma política de saneamento. As condições dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário estavam longe do ideal. Foi nessa época e com a finalidade de definir e executar essa política, que o governo do Estado criou a COMAG - Companhia Mineira de Água e Esgotos (COPASA, 2008).

Em 1973, mais um importante passo foi dado nessa história: o governo federal criou o Plano Nacional de Saneamento – Planasa, sendo regulamentado somente anos mais tarde pela Lei nº. 6.528, de 11 de maio de 1978 e pelo Decreto nº. 82.587 de 6 de novembro de 1978. O Planasa definia metas a serem alcançadas pelo país nas áreas de saneamento e destinava recursos financeiros para a construção dessa política. O Departamento Municipal de Águas e Esgoto – Demae, que cuidava do saneamento em Belo Horizonte na época, aderiu à Comag, beneficiando-se dos recursos federais a serem repassados através do Planasa. A adesão do Demae e as modificações introduzidas pelo Planasa, somadas com o incremento do suporte técnico-financeiro ao trabalho desenvolvido pelas empresas estaduais de saneamento, trouxeram um grande impulso à Comag. A partir daí a Comag começou a passar por uma série de modificações, dentre elas a alteração de seu nome para Companhia de Saneamento de

Minas Gerais - Copasa MG através da Lei 6.475, de 14 de novembro de 1974 (COPASA, 2008).

Hoje, é um dos exemplos do esforço do Governo de Minas Gerais em melhorar a infra-estrutura e as condições de saúde no Estado. A empresa agora trabalha com o planejamento estratégico, combate às perdas de água, inova tecnologicamente, prioriza a melhoria do relacionamento com seus clientes, entre várias mudanças em curso.

A exemplo do Brasil, também no estado de Minas Gerais o setor de saneamento é muito diversificado quanto a constituição e natureza jurídica. Os estados de Minas Gerais conta atualmente com 853 municípios, desses municípios, 584 estão enquadrados na classe prestadores de serviço de abrangência regional do SNIS, para qual a Copasa detém a concessão de serviços de água de 584 sedes de municípios, 89 concessões de esgoto também para sedes de municípios, e 271 concessões de água para localidades como distritos, vilas e povoados (SNIS, 2006). Na classe, prestadores de abrangência local de direito público do SNIS, 63 municípios, organizam-se como autarquias municipais, regidas pela lei 4320/64. Municípios importantes como polos regionais como: Uberaba, Uberlândia, Sete Lagoas, Ponte Nova, Poços de Caldas, Passos, Itaúna, Ituitaba, João Monlevade, Campo Belo, Formiga, Governador Valadares, Guanhães, Itabira, Itabirito, Araguari e Barbacena estão enquadrados nesta categoria.

Na categoria Prestadora de serviço de abrangência local com natureza jurídica de direito privado (LEP), com administração pública, empresas privadas com atuação no nível municipal, somente o município de Juiz Fora está enquadrado nesta categoria no estado de Minas Gerais de acordo com a SNIS, 2006. Na categoria Prestadora de serviço de abrangência local de direito privado, empresas privadas, administração privada, somente o município de Paraguaçu no sul do estado, está enquadrado nesta categoria conforme SNIS (2006).

O estado de Minas Gerais é composto por 853 municípios, repassaram informações para a SNIS 649 municípios, somando-se os 584 da empresa estatal de economia mista, Copasa. Os 63 municípios cujos serviços são prestados por autarquias municipais, o município de economia mista municipal e o município atendido por empresa privada. E os demais 204 municípios como é prestado o serviço? Isso é preocupante porque não se sabe a respeito da qualidade da água distribuída e nem dos serviços prestados. As desigualdades regionais também estão caracterizadas nas carências dos serviços de saneamento básico. Os índices de atendimento verificados nas regiões mais pobres são bastante inferiores àqueles das regiões mais ricas.

Para orientar a política de saneamento básico e programas de investimentos estaduais e municipais, Minas Gerais vai ter um banco de dados com informações detalhadas sobre abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta e tratamento de resíduos sólidos em todas as cidades, distritos, vilas e povoados.

O Sistema Estadual de Informações sobre Saneamento (Seis-MG) será implantado pelo Governo de Minas, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Regional e Política Urbana (SEDRU), e pretende, além de levantar dados sobre o setor, captar e atualizar características e investimentos planejados e em andamento nos municípios do Estado.

O levantamento dos sistemas de captação de água, coleta de esgoto e destinação do lixo, inclusive em pequenas comunidades, é primordial para a definição de novas metas de investimentos.

Outros objetivos do Seis são acompanhar a evolução da prestação de serviços municipais de saneamento e de sua gestão, subsidiar programas estaduais e municipais e possibilitar a ampliação do sistema de informações, abrangendo outros aspectos da gestão urbana municipal (SEDRU, 2008).

## **2.6 A CIA de Saneamento de Minas Gerais - COPASA**

Pensar e agir de forma ambientalmente correta foi o legado que a COPASA recebeu daqueles que projetaram a capital mineira. Deles herdamos grandes áreas no entorno da capital mineira que hoje são refúgio e abrigo de importantes espécimes de nossa fauna e de parcelas substanciais de variados tipos de vegetação. Este patrimônio único tem sido o norte das ações ambientais da COPASA, fazendo com que suas reservas preservadas em torno dos mananciais perfaçam hoje, algo em torno de 25 mil hectares espalhadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH, na região de Montes Claros/Juramento, no vale do Jequitinhonha nas proximidades de Diamantina e em Pedra Azul e Medina.

Ampliar sua atuação na preservação dos nossos recursos hídricos na sua forma mais ampla tem sido a tônica de suas atividades ambientais, aliando a isto, as atividades de sensibilização, adequação de processos produtivos, e incentivos à preservação ambiental nas comunidades abastecidas, no que se refere ao conhecimento destes importantes redutos da vida silvestre.

*Tabela 2. 5 – Reservas ambientais da Copasa localizadas na RMBH.*

Reservas ambientais localizadas na região metropolitana de B. Horizonte.					
Denominação	Município	Legislação e jurisdição estadual		Área de domínio da Copasa (há)	Área da APE (há)
Bálamo (1) (2)	Ibirité	Decreto 22.110 de 14/06/82	de	391	738
Barreiro (1) (2)	B. Horizonte	Decreto 22.091 de 08/06/82	de	880	1.327
Catarina (1) (2)	Brumadinho	Decreto 22.096 de 05/11/90.	de	387	497
Cercadinho (2) (4)	B. Horizonte	Decreto 32.017, de 05/11/90..	de	151	247
Fechos (2) (3)	Nova Lima	Decreto 22.327 de 08/09/82	de	1.074	476
Mutuca (1) (2)	Nova Lima	Decreto 21.372, de 01/07/81	de	1.250	1.250
Rio Manso	Rio Manso, Bomfim, Brumadinho, Crucilândia, Itatiaiuçu	Decreto 22.110 de 14/06/82	de	9.000	67.000
Rola Moça (1) (2)	Ibirité	Decreto 22.110 de 14/06/82	de	112	Incluído na área de Bálamo
Serra Azul	Mateus Leme, Igarapé, Itaúna, Juatuba.	Decreto 20.792, de 08/07/80	de	3.200	25.600
Taboões (1) (2)	Ibirité e Sarzedo	Decreto 22.109 de 14/06/82	de	247	890
Várzea das Flores(5)	Contagem e Betim	Decreto 20.793, de 08/09/80	de		12.263

*Fonte: www.copasa.com.br*

1)-Mananciais incluídos do Parque Estadual da Serra do Rola Moça  
 2)-Áreas incluídas na APA-SUL (Área de Proteção Ambiental Sul RMBH).

3)-Estação ecológica.

4)-Estação ecológica – Lei Estadual 15.979/2006.

5) - APA (Área de Proteção Ambiental) - Lei Estadual 16197/2006.

A educação para o consumo sustentável, as soluções integradas de proteção dos pequenos mananciais e as ações integradas com parceiros tem permitido recuperar mananciais em todo o estado de Minas Gerais (COPASA, 2008).

A instituição de Áreas Proteção Especial (APE) foi prevista na Lei Parcelamento Solo Urbano (Lei Federal 6.766 19/12/1979). Segundo esta lei, caberá aos Estados disciplinar a aprovação municipal loteamento em terrenos considerados interesse especial, entre eles os destinados à proteção de mananciais do patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico, assim definidos por legislação estadual ou federal (COPASA, 2008).

**Tabela 2.6 – Reservas ambientais da Copasa localizadas no interior de Minas Gerais.**

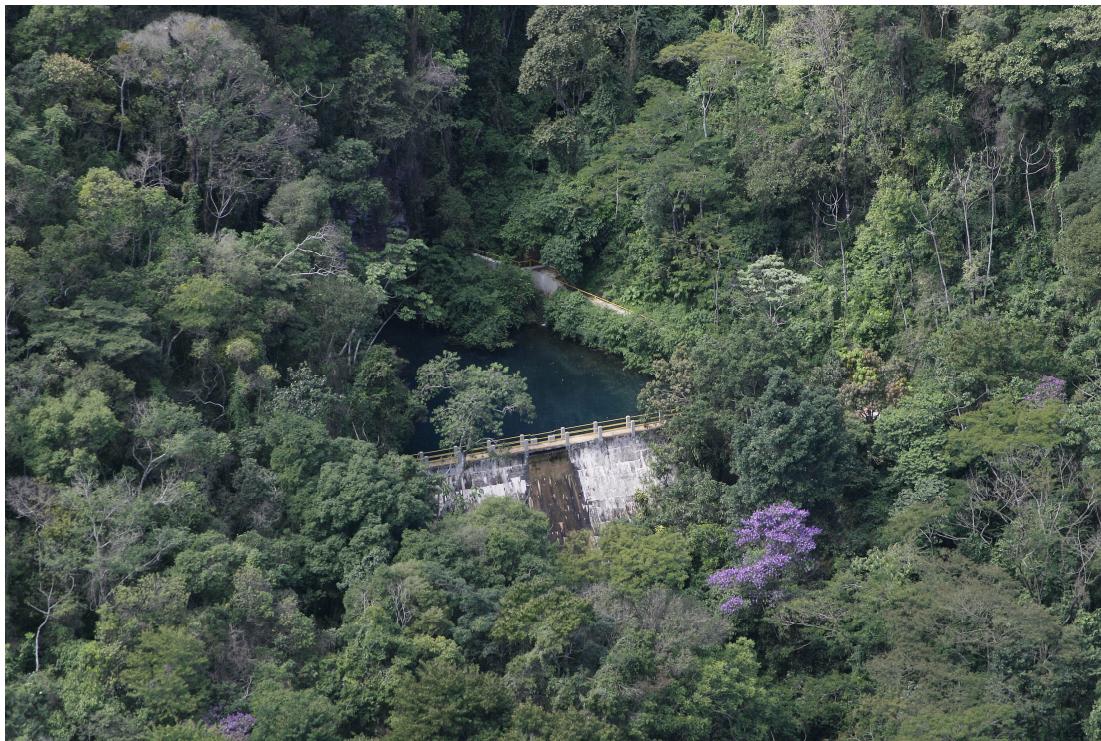
<b>Reservas ambientais localizadas no interior do estado de Minas Gerais</b>				
<b>Denominação</b>	<b>Município</b>	<b>Legislação e jurisdição estadual</b>	<b>Área de domínio da Copasa (há)</b>	<b>Área da APE (há)</b>
Confusão	São Gotardo	Decreto 31.095, de 11/10/90		2.768
Córregos Feio, Fundo e Areia	Araxá	Decreto 29.586, de 08/06/89		14.800
Santa Isabel e Espalha	Paracatu	Decreto 29.587 de 08/06/89.		21.600
Soberbo e Retiro	Pedra Azul e Cachoeira do Pajeú	Decreto 29.589, de 08/06/82.		10.300
Todos os Santos	Teófilo Otoni, Poté	Decreto 29.589, de 08/06/89.		37.800
Veríssimo	Ouro Branco	Decreto 22.055, de 05/05/82		2.000
Juramento	Juramento	-	3.180	-

*Fonte: www.copasa.com.br*

Todas estas áreas apresentam uma diversidade de espécies da fauna e flora que comprovam o seu excelente estágio de preservação, abrigando espécies ameaçadas de extinção, relatadas no "Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais" e na "Lista das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora do Estado de Minas Gerais" (COPASA, 2008).

A preservação dessas áreas vem garantir a perpetuidade das características qualitativas e quantitativas dessas fontes de abastecimento. Os mananciais Fechos, Mutuca, Cercadinho e Barreiro integrantes da Bacia do Rio das Velhas, foram enquadrados segundo deliberação normativa COPAM N20/97, como mananciais de classe especial, nos trechos compreendidos entre a nascente até os limites de suas área de proteção. Já os mananciais Taboões, Bálsmo e Rola Moça integrantes da Bacia do Paraopeba também foram enquadrados como classe especial segundo deliberação normativa COPAM N14/95 (COPASA, 2008).

Os mananciais de Rio Manso e Serra Azul, também da bacia do Paraopeba, foram enquadrados como classe 1, conforme COPAM N14/95. Nas áreas de Serra Azul, Rio Manso, Pedra Azul, Medina e Juramento a Copasa desapropriou todas as áreas vertentes ao reservatório, criando uma unidade de conservação cercada e vigiada, que visa a preservação da fauna e flora silvestres, bem como prolongamento da vida útil do reservatório.

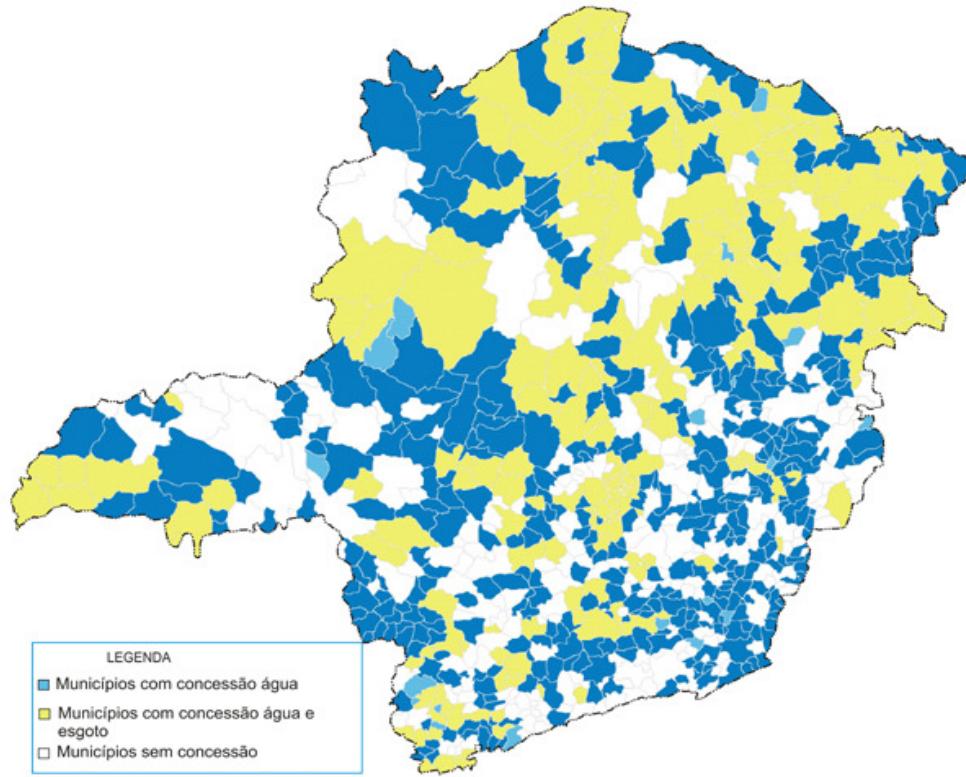


**Figura 2.2 – Reserva da Mutuca (Copasa, 2009)**

**Fonte:**[www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br)

Ao longo dos anos a Empresa vem desenvolvendo diversos trabalhos em parceria com renomadas instituições técnico-científicas, objetivando o amplo conhecimento dos aspectos físicos e bióticos das áreas de proteção, que resultaram em um relevante banco de dados das espécies da fauna e da flora locais.

É por isso que a Empresa está ampliando seus investimentos na preservação dos recursos hídricos de Minas Gerais. Para exemplificar a grandeza desse trabalho, basta mencionar que a Copasa preserva mais de 25 mil hectares de áreas de proteção de mananciais, visando garantir a continuidade do abastecimento público, com uma água de qualidade e a sobrevivência de centenas de espécies da fauna e flora nativas. Além disso, a Empresa prioriza obras de tratamento de esgotos nas cidades onde atua e promove ações de educação ambiental para a formação de cidadãos mais conscientes. Esse é um passo importante para colocar a Copasa em sintonia com o futuro, aliando desenvolvimento econômico com respeito ao meio ambiente. No mundo atual, onde questões urgentes como o efeito estufa, a elevação da temperatura do planeta e a escassez da água estão na pauta do dia, a Copasa sente-se orgulhosa de contribuir, com sua ação séria, consciente e persistente, para a construção de um mundo melhor para se viver.



*Figura 2.3 - O mapa indica a participação da Copasa no Estado de Minas Gerais em setembro de 2008 (COPASA, 2008).*

*Fonte:*[www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br)

A COPASA é uma sociedade de economia mista, sediada no município brasileiro de Belo Horizonte, que presta serviços de saneamento no Estado de Minas Gerais, que é o seu maior acionista.

A empresa atende com serviços de água em todo estado, uma população urbana de 12.804.889, e com serviços de esgoto uma população de 6.898.908 de pessoas (IBO/IBG COPASA 02/2009).

**Tabela 2.7 – Municípios com abastecimento de água da Copasa.**

Abastecimento de Água	Números
Nº. de Municípios com Concessões de Serviços (1)	611
Nº. de Municípios com prestação de serviços (1)	600
População atendida (1.000 habitantes) (2)	12.402
Índice de atendimento (3)	97,3
Atendimento à população total do estado (4)	63,7
Unidades abastecidas (Economias faturadas)	3.997.536
Extensão de redes (km)	40.716

*Fonte:*[www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br)

**Tabela 2.8 – Municípios servidos por esgotamento sanitário da Copasa.**

Esgotamento Sanitário	Números
Nº. de Municípios com Concessões de Serviços (1)	192
Nº. de Municípios com prestação de serviços (1)	141
População atendida (1.000 habitantes) (2)	6.731
Índice de atendimento (3)	80,8
Atendimento à população total do estado (4)	34,9
Unidades abastecidas (Economias faturadas)	2.150.482
Extensão de redes (km)	14.725

*Fonte: www.copasa.com.br*

- 1) Inclui sedes, vilas, povoados e outros.
- 2) População conectada à rede de água.
- 3) População atendida em relação à população das localidades com prestação de serviços.
- 4) População atendida em relação à população total (urbana + rural) do estado posição em: Dezembro/2008.

**Tabela 2.9 - Indicadores Operacionais da Copasa.**

Indicadores operacionais	Números
Nº. de empregados	11.116
Empregado/1000 ligações (A + E)	2,27
Volume produzido de água (1.000 m <sup>3</sup> ) (1)	71.688
Volume consumido de água (1.000 m <sup>3</sup> ) (1)	47.049
Volume faturado (1.000) (1)	
Água	49.554
Esgoto	27.200
Total	76.754
Índice de perdas de faturamento (%) (1)	30,9
Água não convertida em receita – ANCR – (l/ligação/dia) (1)	246,62
Índice de macromedição (%) (1)	93,5
Índice de hidrometação (%)	99,64
Índice de tratamento de esgoto (%) (1) (2)	49,0

*Fonte: www.copasa.com.br*

- 1) Média mensal dos últimos 12 meses.
  - 2) Relação entre o volume de esgoto tratado e o volume de esgoto coletado.
- Posição: Dezembro/2008.

As áreas de atuação da Copasa são: Abastecimento de água, Esgotamento sanitário; e Cooperação técnica.

**Abastecimento de água:** captação, adução, tratamento, preservação, distribuição.

A água tratada é um produto industrial que exige altos investimentos para a sua produção, reservação, distribuição e controle de qualidade. Para garantir sua quantidade e

qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a Copasa exerce um rigoroso controle e investe em programas de preservação dos mananciais de onde a água é retirada para abastecimento público.

**Esgotamento Sanitário:** coleta, transporte, disposição final.

Em 141 localidades mineiras, além de cuidar do abastecimento de água tratada, a Copasa cuida da coleta e destinação final dos esgotos.

**Cooperação técnica:** atendimento a clientes, controle da qualidade da água, análise da água para particulares, perfuração de poços artesianos, montagem e manutenção de poços artesianos, projetos e obras, assistência comunitária, assistência técnica, manutenção de hidrômetros, comercialização do sicom – sistema comercial, educação sanitária e ambiental, caminhão-pipa, publicações técnicas.

A Copasa também vem ao longo dos anos desenvolvendo diversos trabalhos em parcerias com renomadas instituições técnico-científicas, objetivando o amplo conhecimento dos aspectos físicos e bióticos das áreas de proteção que resultam num relevante banco de dados das espécies da fauna e da flora locais. A copasa trabalha para se tornar uma grande empresa de saneamento e contribuir para que Minas Gerais seja o estado brasileiro com a melhor qualidade de vida. Prova disso são os vários prêmios do setor de saneamento que a empresa vem obtendo ao longo da sua evolução, além de outros ligados a excelência da gestão.

### 3. ESTUDOS DE PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA

#### 3.1 Introdução

A questão energética é a que causa mais nervosismo nos mercados internacionais, tanto no sentido político, quanto no sentido econômico e ambiental e agora recentemente moral, com a polêmica de se produzir matéria prima para biocombustíveis, em detrimento de se produzir alimentos.

Os desafios para se continuar a expandir as necessidades energéticas da sociedade com menores efeitos ambientais são enormes. É praticamente impossível eliminar os impactos ambientais de sistemas energéticos. A literatura oferece alternativas no sentido de buscar escolhas para a sociedade visando facilitar seu acesso a esse tipo de informação. No entanto, o problema energético não se reduz a uma escolha entre tecnologias para atender a crescente demanda de energia. Essa é uma matéria de grande complexidade, que envolve não só a discussão de aspectos técnicos, mas também de preferências, padrões de conforto desejados pela sociedade e custos de energia. Existe a necessidade premente de questionar os principais condicionantes da demanda de energia: o sistema de urbanização, as atividades econômicas e estilos de vida. Somente mudanças nessas áreas possibilitarão maior utilização de tecnologias mais limpas e eficientes, fontes renováveis e descentralizadas.

O avanço em escala comercial de tecnologias avançadas que reduzem a utilização de energia e emissões ainda é muito tímida, especialmente no Brasil. Para que seja possível conceber um futuro mais sustentável do ponto de vista energético é necessária maior participação de fontes renováveis e maior eficiência para produção e uso de energia. É fundamental maior compromisso e esforço por parte do setor público e privado, seja em nível local ou internacional.

Esse cenário de disparidade oferta/demanda complica-se, sobretudo na análise de fatores. Primeiro, a indústria de eletricidade no Brasil precisa de uma reestruturação, passando de uma matriz extremamente hidrelétrica, altamente dependente das variações climatológicas, para uma matriz competitiva, capaz de atender à demanda e ao crescimento econômico em tempo hábil. Sem a definição dessa transformação, fica difícil prever as características estruturais e operacionais do mercado elétrico para os próximos anos. Sabe-se que a produção de eletricidade depende das unidades geradoras que serão retiradas, reestruturadas e construídas entre hoje e os próximos anos. Enquanto a demanda cresce de modo acentuado,

a oferta vem crescendo muito pouco. Isto devido ao modelo adotado pelo governo ser de concorrência. Assim sendo, se não houver expansão da oferta de energia, os preços associados a esse insumo essencial, serão elevados, estrangulando de modo geral os consumidores, tendo em vista que os custos dos bens de consumo também sofrerão elevação em seus valores. Outro fator preocupante é que não há grandes recursos hidrelétricos disponíveis e o governo já vem investindo no que pode ser feito.

Essas são as direções que deverão guiar os esforços de inovação tecnológica para a área energética daqui em diante, para um futuro com menores impactos ambientais.

Tão importante quanto descobrir e desenvolver novas fontes de energia é melhorar a eficiência dos sistemas produtores e sistemas consumidores existentes. Nesse contexto o Setor de Saneamento, entra como vilão, por apresentar números de envergonhar gestores, pesquisadores e ecologistas.

No Brasil, não existe, formalmente, uma política nacional de racionalização e combate ao desperdício do uso da água. O que existe são ações pontuais como, por exemplo, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), que está sob a responsabilidade da Eletrobrás, criado em 30 de dezembro de 1985 pela Portaria Interministerial 1.877 com o objetivo de promover o uso racional de energia elétrica combatendo o desperdício.

Esse programa tem um viés para o setor de saneamento: a capacitação de pessoal com a proposta de redução de perdas de água evitando-se, consequentemente, o desperdício de energia elétrica. Outras ações importantes são conduzidas com o auxílio do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), mas não tem uma linha de financiamento específica, somente apoio técnico.

É importante lembrar que a redução das perdas de faturamento em 20%, considerando o volume produzido em 2005 (13,4 bilhões de metros cúbicos), resultaria em uma economia de cerca de R\$ 4,7 bilhões com as tarifas das prestadoras regionais e de R\$ 2,9 bilhões com as das prestadoras locais. Esses valores poderiam gerar, no mínimo, entre 155 mil e 250 mil novos postos de trabalho (PMSS, 2005).

### **3.2 Definições das perdas de água**

Perda de água é “toda perda real ou aparente ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita

operacional”. Divide-se em perdas reais de água (Físicas), correspondem ao volume que não chega ao consumidor. Ela é proveniente de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes e ramais ou, ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios (Conceito adotado pela International Water Association - IWA, 2008).

Já as perdas aparentes de água (Não físicas), consistem nos volumes consumidos, mas não contabilizados, decorrentes de fraudes (Roubo de água), falhas de cadastro, ligações clandestinas, ou na imprecisão dos equipamentos dos sistemas de macromedidação e micromedidação (IWA, 2008).

Perda de água é “toda perda física ou não física de água ou todo consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”. Perda de água = volume de entrada – consumo autorizado (COPASA, 2002).

### **3.2.1 Perdas físicas de águas (reais)**

É o 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 setoriais (IWA, 2008).

Perdas físicas de água são todas as perdas reais de água provenientes de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes e ramais ou, ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios (COPASA, 2002).

São aquelas decorrentes de vazamentos nas tubulações, que podem ser perdas visíveis e perdas não visíveis, ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Para reduzir as perdas reais, as Empresas de Saneamento atuam em trabalhos voltados à pesquisa de vazamentos não visíveis, agilidade e qualidade nos consertos, gerenciamento de pressões da rede e da infra-estrutura. Algumas empresas utilizam técnicas de localização de vazamentos não visíveis, que utilizam geofones eletrônicos (correlacionadores de ruídos, armazenadores de dados de ruídos), para detectar perdas. Os sistemas funcionam como se o Técnico auscultasse o asfalto para identificar o vazamento. Outro fator importante no controle de perdas reais é a agilidade e qualidade no conserto de vazamentos, diminuindo o tempo de reparo das instalações para evitar desperdício e problema no abastecimento.

Quando o assunto é perda de água nos sistemas de abastecimento, a imagem mais comum para representá-lo são os vazamentos e extravasamentos na rede e reservatórios, ou

seja, água tratada sendo desperdiçada e não faturada. Mas, quando se entra nos detalhes é possível descobrir que há muito mais coisas envolvidas com essa perda classificada pela IWA como real. Compreende macromedição, automação, sistema cadastral técnico e modelagem hidráulica, por exemplo. É por isso que as perdas reais devem ser trabalhadas em três subsetores: Macro Medição e Automação; Sistema Cadastral Técnico e Modelagem Hidráulica e Controle e Redução de Perdas Reais.

### **3.2.2 Perdas não físicas de água (Perdas aparentes)**

É o volume de água consumido, mas não contabilizado pelo prestador de serviço, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. É a água efetivamente consumida, mas não faturada (IWA, 2008).

Perdas não físicas de água ou aparentes consistem nos consumos não autorizados (roubo) ou na imprecisão dos equipamentos de medição de vazão dos sistemas de macromedição de vazão e micromedição (COPASA, 2002).

Perdas aparentes são aquelas perdas que são causadas por fraudes ou erros na medição do consumo, são também conhecidas como perdas comerciais porque, a água é usada, mas não é contabilizada no caixa das empresas. Os prejuízos são financeiros já que existe o consumo de água, porém, não há faturamento. As atividades das empresas neste caso devem ser voltadas para a substituição dos medidores defeituosos, combate às fraudes e ligações clandestinas e melhoria no sistema do cadastro comercial.

Mencionar perdas em um sistema de abastecimento de água é ter em mente, à primeira vista, que se trata de água produzida que se perdeu pelo caminho entre a captação e o hidrômetro do usuário. Neste caso, a empresa perdeu algo que consegue medir em volume. Comparando a água a outro bem produzido, uma garrafa, por exemplo, é como se esse objeto saísse da fábrica e chegasse ao consumidor sem que houvesse o faturamento. No entanto, o conceito de perdas em um sistema de abastecimento de água, assim como para uma indústria, é mais amplo, pois envolve outros aspectos como o faturamento desse bem.

Do ponto de vista empresarial, se um produto for produzido e entregue, ele deve ser faturado. Se por alguma ineficiência isso não ocorrer, todos os custos empregados na sua produção – matéria-prima, pessoal capacitado, impostos, etc. – não são contabilizados como

receita para a empresa e sim como prejuízo, perda. Esse é o aspecto comercial que faz parte do todo e interfere no balanço hídrico do prestador de serviço.

Mas o cadastro de consumidores, a micromedição e todo o conjunto de regras relacionadas com o faturamento e a cobrança não devem ser praticados apenas na perspectiva comercial, ignorando-se a lógica da gestão do sistema de abastecimento. “Pelo contrário, a gestão comercial deve andar junta com a gestão operacional uma vez que são totalmente interdependentes. Esta interdependência pode ser vislumbrada quando se tentar montar o balanço hídrico para um determinado sistema. Percebe-se a necessidade dos dados serem agregados na mesma base geográfica ou unidade de controle, coisa para a qual os sistemas de gestão comercial estão geralmente despreparados”. Essa interdependência não se limita a esses exemplos, pois a gestão comercial está relacionada também com a gestão da demanda que, por sua vez, relaciona-se com a gestão de perdas de água.

### **3.2.3 Macromedição**

Macromedição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até os pontos de entrada para distribuição. Como exemplos citam-se: medições de água bruta captada ou medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medições de água tratada entregue por atacado a outros sistemas públicos. Esses medidores são normalmente de maior porte.

As ações de macromedição e automação nos prestadores de serviço básico em saneamento devem começar com a reavaliação dos dados apresentados no Diagnóstico Situacional Técnico-Operacional, setorização das redes de abastecimento e a escolha das células de controle. Essa estratégica é importante, quanto a perspectiva de se obter os resultados esperados, já que dependendo do porte do sistema de abastecimento de água é impossível atuar em toda a rede de distribuição.

A macromedição e a setorização têm forte ligação porque definida a área setorizada (isolada), é possível afirmar quanto de água entrou na área controlada (ZMC – Zona de Medição e Controle), por meio da macromedição instalada na entrada.

### 3.2.4 Micromedição

Entende-se por micromedição a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independente de sua categoria (residencial, comercial, industrial, etc.) ou faixa de consumo. Medidores parados ou com indicações inferiores às reais, além da evidente perda do faturamento, elevam erroneamente os indicadores de perdas do sistema, pois apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, parte dela não está sendo contabilizada. Por outro lado, o uso de medidores envolve custos algumas vezes elevados e a otimização na escolha dos locais onde a medição deve ser aplicada e a escolha dos medidores de modelos e tamanhos que produzam o melhor retorno econômico não devem ser esquecidas.

De acordo com os institutos internacionais, em Saneamento não existe perda zero. Países como o Japão, que possuem tubos em aço inoxidável, apresentam pequenos volumes de vazamentos. Para especialistas, os maiores esforços das empresas de saneamento devem ser para reduzir o máximo possível à quantidade de água perdida.

## 3.3 Indicadores e gerenciamento de perdas

### 3.3.1 Gerenciamento de pressões

A pressão é uma das variáveis mais importantes na ocorrência de vazamentos. Para controlar a pressão, as empresas instalam válvulas redutoras de pressão.



**Figura 3.1 - Válvula redutora de pressão auto-operada**  
**Fonte:** <http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br>

Também conhecidas como VRP's elas possibilitam modular a pressão da rede de abastecimento fazendo com ela fique dentro da faixa de valor desejada, dependendo das características de rede e topográficas de onde elas estão instaladas. Trata-se de uma tecnologia inteligente para regular e controlar a pressão em função da variação do consumo.

### **3.3.2 Gerenciamento da infra-estrutura**

As empresas de Saneamento, além de criar normas rígidas para especificações dos produtos, mantendo um departamento de controle de qualidade eficiente, também devem investir em treinamento para formação de funcionários e terceirizados, em que métodos de trabalho, normas técnicas e de segurança devam ser colocadas em prática buscando minimizar os riscos de vazamentos.

#### **3.3.2.1 Perdas na captação e na adutora de água bruta**

As perdas físicas na captação e na adução de água bruta correspondem à água utilizada para a limpeza geral, incluindo o poço de sucção, sendo em geral, pequena e função das características hidráulicas do projeto e da qualidade da água bruta (PNCDA, 2008).

O componente que merece mais atenção são os vazamentos na adução, função do estado da tubulação e do material utilizado; sua idade; pressão; adequada execução da obra; elementos de proteção contra golpes de aríete e consequentes rompimentos em casos de interrupção do fornecimento de energia.

Trata-se de um componente crítico do sistema de abastecimento, merecendo especial atenção no que diz respeito à manutenção sistemática de caráter preventivo. Ressalte-se que a manutenção preventiva, elétrica ou hidráulica, como o conserto da tubulação obstruída por incrustações ou reparos de vazamentos. Muitas vezes, não é feita ou é adiada para se evitar o desconforto junto à população, pois paradas no sistema produtor provocam interrupções no fornecimento de água por muitas horas.

Tal procedimento, no entanto, acaba comprometendo o comportamento do sistema, aumentando muitas vezes as perdas de carga e o consumo de energia, bem como as perdas e os riscos de interrupções mais demoradas por falhas e rompimentos.

A magnitude das perdas na adução de água bruta é variável, função do estado das instalações e das práticas operacionais e de manutenção preventiva, sendo normalmente pouco expressivas no contexto geral, a não ser em adutoras de grande extensão e/ou deterioradas (PNCDA, 2008).

### **3.3.2.2 Perdas na Estação de Tratamento de Água (ETA)**

A principal característica das perdas físicas nas Estações de Tratamento de Água (ETA's) é que, mesmo que sejam percentualmente pequenas, em termos de vazão são significativas. Deve-se lembrar que parte das vazões retidas nas ETA's são inerentes ao processo de tratamento, não sendo possível eliminá-las totalmente, mas sim reduzi-las até o ponto em que se eliminem os desperdícios (PNCDA, 2008).

A recuperação da qualidade da água de lavagem mediante tratamento de lodo é benéfica ao meio ambiente e indiretamente à conservação da água, mesmo que não haja reciclagem para abastecimento público. O lançamento de efluentes tratados representa, do ponto de vista dos recursos hídricos, uma ação conservacionista, no que diz respeito às disponibilidades de água bruta no sistema hídrico. As perdas na ETA podem estar associadas ao processo ou a vazamentos. As perdas por vazamentos podem se dar, entre outros motivos, por falhas na estrutura (trincas), na impermeabilização e na estanqueidade insuficiente de comportas. As perdas de processo correspondem as águas descartadas na lavagem e limpeza de floculadores, decantadores, filtros e nas descargas de lodo, em quantidade excedentes à estritamente necessária para a correta operação da ETA. A magnitude das perdas é significativa, podendo variar entre 2% e 10%, função do estado das instalações e da eficiência operacional (PNCDA, 2008).

Assim sendo, melhorias operacionais ou reparos estruturais podem propiciar retornos rápidos em termos de redução de perdas e de custos de produção (PNCDA, 2008).

### **3.3.2.3 Perdas de reservação**

Podem ter origem em procedimentos operacionais, por exemplo, na limpeza programada de reservatórios; em operações inadequadas, provocando extravasamentos; ou, ainda, em deficiências estruturais da obra, como trincas ou impermeabilização mal feita. No caso de extravasamentos, a introdução de alarmes ou controle automático de níveis e vazões

pode corrigir esse problema operacional (PNCDA, 2008). No caso de deficiências estruturais, a correção do problema afeta também a avaliação econômica e de retorno do investimento. É importante ressaltar que os problemas estruturais devem ser avaliados por especialistas que atestem a estabilidade da obra. A magnitude das perdas em reservatórios é variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional, mas, em geral, tem pouca importância no contexto geral do sistema.

No entanto, sob o aspecto de recuperação de perdas, não se deve menosprezá-las, devendo-se ter a perspectiva de que se trata de um trabalho permanente, no qual os resultados positivos são frutos da somatória de pequenos sucessos.

### **3.3.2.4 Perdas em adutoras e subadutoras de água tratada**

São as perdas por vazamentos e rompimentos nas tubulações das adutoras e subadutoras, que transportam vazões elevadas para serem distribuídas pela rede de distribuição (PNCDA, 2008). Outra forma de perda física na adução de água tratada é o caso das descargas, seja para esvaziar a tubulação para reparos, seja para melhorar a qualidade da água. Nesses casos, apenas serão consideradas perdas em sentido estrito, as vazões excedentes ao necessário para a correta operação do sistema.

No caso de vazamentos, pelo fato de as vazões veiculadas serem elevadas, estes são geralmente localizados e prontamente reparados. Ressalte-se que se tais rompimentos não forem detectados e controlados em curto prazo, grandes danos materiais podem ocorrer decorrentes de o seu alto poder erosivo e destrutivo.

A manutenção preventiva e a adoção de procedimentos operacionais, e do treinamento de pessoal para a realização de manobras adequadas é vital para que se evitem rompimentos causados por aumentos súbitos de pressão. Tais aumentos podem ocorrer em cascata, refletindo-se por meio de múltiplos rompimentos, principalmente nas redes de distribuição. A falta de instalação ou manutenção de ventosas pode ser um importante fator que propicia a ocorrência de transientes de pressão e consequente rompimento de adutoras, devendo merecer especial atenção. Em sistemas pressurizados por bombeamento, também deve-se prestar especial atenção à instalação de elementos aliviadores de pressões, em casos de paradas de funcionamento da bomba.

A magnitude das perdas pode variar significativamente, função do estado das tubulações, das pressões e da eficiência operacional.

### **3.3.2.5 Perdas em redes de distribuição**

São as perdas decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais e de descargas. As perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica.

Nesse caso também, encaixam-se as perdas decorrentes de descargas para melhoria da qualidade da água ou esvaziamento da tubulação para reparos. A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

As experiências de técnicos do ramo indicam que a maior quantidade de ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações da rede distribuidora. O uso de materiais adequados, associados à execução da obra com pessoal treinado e equipado com ferramentas compatíveis com os materiais utilizados, incluindo a realização de testes de estanqueidade, são pré-requisitos para a existência de baixos níveis de perdas.

Ressalte-se que geralmente o recebimento de obras em novos loteamentos é feito sem que ocorra fiscalização durante a construção. Tal fato decorre da cultura de parte do setor privado em executar obras apressadamente, simultaneamente à fase de elaboração e aprovação do projeto, e há casos em que o projeto simplesmente inexiste. Esse fato, com certeza, se repete em todo o país, onde novas redes são recebidas consciente ou inconscientemente pelos prestadores de serviços, com altos níveis de perdas. Para os sistemas já implantados, os aspectos considerados a seguir apontam para a priorização da redução de pressões na rede de distribuição, para que haja redução de perdas. As perdas por vazamentos na rede de distribuição, sejam decorrentes de falhas construtivas, defeitos em peças especiais e conexões, rupturas, materiais inadequados, etc., aproximam-se ao escoamento em orifícios e fendas.

Para tubos metálicos em geral, a vazão perdida ( $Q$ ) é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica ( $H$ ), ou seja,  $Q = f(H^{1/2})$ .

Dessa forma, especial atenção deve ser dada ao controle de cargas hidráulicas na rede, pois sua simples redução leva a substanciais reduções nas perdas nos vazamentos existentes, além de restringir o risco de novas rupturas.

Exemplificando, a instalação de uma válvula redutora de pressão, dimensionada para reduzir as cargas em 60% (por exemplo, de 100 mca para 40 mca), em um setor com perdas físicas conhecidas de 50%, acarretará uma redução de 37% nas perdas existentes, as quais passarão de 50% para 31,5%, com uma redução efetiva de 18,5%. O fato de diminuir a pressão num determinado sistema sem comprometer o abastecimento é muito importante, pois se diminui a pressão, diminui-se também a possibilidade de surgir vazamentos e rompimentos nas tubulações e conexões.

Portanto, é possível quantificar previamente as reduções de perdas esperadas por meio de reduções de pressões e, com isso, avaliar economicamente o retorno dos investimentos a realizar para atingir os objetivos.

### **3.4 Métodos para a avaliação de perdas**

#### **3.4.1 Soluções para o controle e redução de perdas reais e aparentes**

A maioria dos sistemas de abastecimentos de água são bombeados, sendo assim, a redução das perdas de água se traduz em reduzir o consumo de energia elétrica. O cruzamento das informações do volume disponibilizado para a rede de distribuição com o somatório dos volumes apurados nos medidores dos clientes, permite de forma sistemática conhecer o valor dessa perda. No entanto, nem toda perda é física oriunda de vazamento ou consumo próprio. Uma parte importante deve-se a imprecisão dos próprios medidores; outra deve-se aos consumidores clandestinos; e outra parte deve-se a aqueles que violam o medidor, de várias formas (Fraude). Assim parte da perda se corrigida ou minimizada, não representará redução no consumo de energia elétrica, mas redução ou aumento de faturamento do serviço de água considerado.

Para reduzir perdas físicas sugerem-se as seguintes medidas:

- ✓ Reduzir a pressão da rede pelo uso de válvulas redutoras de pressão.
- ✓ Promover a setorização da rede de distribuição.
- ✓ Fazer automação e controle da rede, visando detectar mais rapidamente as perdas e providenciar sua correção.

- ✓ Realizar pesquisa de vazamentos de forma planejada e freqüente.

### **3.4.2 Estratégia para redução do indicador de perdas ANCR (Água não convertida em receita)**

- ✓ Preventivo em intervalos definidos.
- ✓ Manutenção por inspeção
- ✓ “Prevention Strategy”, “Inspection Strategy”, “Breakdow Strategy”, (Berliner Wasser Bertriebe – Companhia de água de Berlim – 2005).

Dependendo dos incidentes, além de contribuir para a conservação da água, uma estratégia efetiva de redução nas perdas tem uma série de vantagens:

- ✓ Melhora a imagem da empresa perante a sociedade em geral.
- ✓ Reduz os custos operacionais.
- ✓ Aumenta a receita da empresa.
- ✓ Reduz o custo do produto água tratada para o cliente final.
- ✓ Minimiza os danos causados por vazamentos na infra-estrutura urbana.
- ✓ Diminui o número de conexões clandestinas.

No Brasil, os sistemas de abastecimento de água operam geralmente com perdas elevadas, incompatíveis com uma gestão eficiente dos recursos hídricos. De acordo com o relatório do SNIS de 2005, a perda de faturamento média no país foi de 39%, ou aproximadamente 5 bilhões de m<sup>3</sup> por ano.

### **3.4.2.1 Implementação do *Software OPNET***

- ✓ Análise estatística de dados históricos.
- ✓ Prognóstico do desenvolvimento de rupturas nas tubulações.
- ✓ Programa de reabilitação rentável da rede.

**Active Leakage Control - (Berliner Wasser Bertriebe – Companhia de água de Berlim – 2005)**

- ✓ Vídeo-inspeção.
- ✓ Rotina de controle de válvulas e hidrantes.
- ✓ Calibração periódica de macro e micro medidores.
- ✓ Medições especiais em áreas sensíveis.

**Passive Leakage Control** - (Berliner Wasser Bertriebe – Companhia de água de Berlim – 2005).

- ✓ Intervenção rápida.
- ✓ 24 horas *Call Service*.

As equipes que trabalham com redução de perdas devem ter como premissas:

- ✓ O enfoque integrado
- ✓ Redução do indicador de perdas água não convertida em receita (ANCR).
- ✓ Ações gerais.
- ✓ Gerenciamento de rede.
- ✓ Perdas reais.
- ✓ Perdas aparentes registradas.
- ✓ Perdas aparentes geral.

A redução do ANCR é um problema das empresas de saneamento, por isso é necessário um plano estratégico que:

- ✓ Coordene.
- ✓ Controle.
- ✓ Gerencie.
- ✓ Seja efetivo.
- ✓ Seja eficiente.

### **3.4.3 Ações gerais que deveriam ser desenvolvidas pelas empresas de saneamento no controle de perdas**

- ✓ Grupo especial, responsável pela redução do ANCR.
- ✓ Macromedição correta.
- ✓ Central de atendimento ao cliente.
- ✓ Reparos de vazamentos.
- ✓ Programa de sensibilização para redução do ANCR.
- ✓ Redução do consumo não contabilizado.

**A equipe de redução do ANCR deve ser uma equipe interdepartamental:**

- ✓ Focada
- ✓ Dedicada e comprometida com o alcance de metas.

**Foco dentro da empresa:**

- ✓ Coordenação

- ✓ Cooperação
- ✓ Peritos técnicos

**Leituras de produção:**

- ✓ A leitura deve ser acurada.
- ✓ O hidrômetro deve ser instalado corretamente.
- ✓ O hidrômetro deve ser calibrado periodicamente.
- ✓ As leituras devem ser confiáveis
- ✓ As medidas de produção devem ser exatas (água não contabilizadas exatas)

**Serviço de atendimento ao cliente:**

- ✓ Devem ter funcionamento efetivo, recebendo todas as reclamações técnicas, especialmente aquelas sobre rupturas na tubulação.
- ✓ Gerenciamento dos relatórios de informações, controlando o funcionamento da manutenção da rede.

**Reparo de vazamentos:**

- a. Certificar-se que todos os vazamentos visíveis estejam sendo relatados (leitura dos hidrômetros), serviços de atendimento ao cliente 24 horas, campanha pública de informação de vazamentos.
- b. Estabelecer um setor de manutenção competente, para reparo imediato de vazamentos, com material adequado e equipe bem treinada.
- c. Criar banco de dados de vazamentos com referências geográficas e causas dos mesmos.

### 3.4.3 Sensibilização para redução do ANCR

**Internamente:**

- ✓ ANCR é um grande problema para toda empresa e, assim sendo, cada um pode ajudar, tanto os funcionários do setor administrativos como, por exemplo, os leitistas realizando uma leitura de qualidade, quanto os operacionais principalmente funcionários da manutenção de água fazendo os reparos rapidamente evitando desperdícios.
- ✓ Tão logo se acorde um plano estratégico, devem ser preparados e implementados planos individuais.

**Externamente:**

- ✓ A cobrança do ANCR ao público, desperta a consciência e ajuda a empresa.

### **Gerenciamento da Rede**

- ✓ Medições regulares do fluxo e da pressão
- ✓ Monitoramento da ANCR por zona de distribuição
- ✓ Gerenciamento da pressão

### **Medições regulares de fluxo e pressão**

- ✓ Vazamentos não podem ser gerenciados até que sejam medidos
  - ✓ Vazamentos que não podem ser gerenciados também devem ser medidos
- Para isto são essenciais medições regulares e registro dos resultados em banco de dados.

### **Monitoramento de ANC por Zonas de Distribuição**

- ✓ Testes de vazamentos dentro por zona de distribuição irão identificar áreas da rede com maior cota de vazamentos
- ✓ Aparelhos de detecção acústica devem ser então usados nos vazamentos pré-identificados
- ✓ Comparações das medições por zonas de distribuição com dados das contas possibilitarão a preparação de balanços de água para o distrito e determinação da redução específica da ANC para o respectivo distrito

### **Gerenciamento da Pressão na rede**

- ✓ A pressão varia durante o período de fornecimento (Pressão estática e dinâmica) e também entre as estações do ano (Período seco e período chuvoso).
- ✓ A pressão aumenta em períodos nos quais a demanda foi satisfeita (por ex., períodos noturnos)
- ✓ O aumento de pressão pode aumentar o número de vazamentos
- ✓ Avaliação de distritos fornecedores com maior pressão (especialmente durante a noite)
- ✓ Instalação de válvulas redutoras de pressão

### **Perdas Reais**

- ✓ Vazamentos visíveis
- ✓ Vazamentos não visíveis

- ✓ Pesquisa de vazamentos na tubulação primária
- ✓ Reabilitação da rede & Desconexão de tubulação

### **Perdas Visíveis**

- ✓ Todas as perdas visíveis devem ser relatadas.
- ✓ Devem ser usados todos os recursos:
- ✓ Leitura dos hidrômetros.
- ✓ Pessoal responsável pela distribuição.
- ✓ Campanha pública de conscientização dos clientes.
- ✓ Garantia de reparo imediato dos vazamentos registrados.

### **Perdas Não Visíveis**

Em distritos fornecedores de água, com altos índices comprovados de perdas (medidas) são executados programas de detecção dessas perdas, usando diferentes dispositivos técnicos (dispositivos acústicos, “correlators”, etc.). Reparar imediatamente os vazamentos encontrados, com material correto e pessoal qualificado.

### **Reabilitação da rede e desabilitação da tubulação**

A reabilitação de tubos antigos reduzirá o potencial de perdas de água. Os benefícios devem ser mensuráveis e sustentáveis. Um grande potencial para futuros vazamentos é causado já durante uma incorreta instalação inicial da tubulação. Contratos de supervisão e controle de qualidade são muito importantes. Tubulação duplicada deve ser removida da rede.

Para reduzir perdas não físicas, sugerem-se as seguintes medidas:

- ✓ Promover campanha de aferição de medidores.
- ✓ Realizar instalação de macro medição, para setorizar as perdas e identificar as áreas críticas.
- ✓ Fazer monitoramento e cadastramento de consumidores em regiões de maiores perdas (Favelas) e de consumidores desativados (COPASA, 2008).

### **Perda Aparente causada por diferenças em medições**

- ✓ Troca do Hidrômetro
- ✓ Alinhamento do Hidrômetro
- ✓ Seleção do Hidrômetro

- ✓ Envelhecimento do Hidrômetro

### **Troca do Hidrômetro**

Hidrômetros defeituosos devem ser relatados:

- ✓ Solicitação e agilidade de ordens de serviço.
- ✓ Hidrômetros devem ser trocados antes da próxima leitura.
- ✓ Substituição de todos os hidrômetros defeituosos ou susceptíveis a defeitos.

### **Alinhamento do Hidrômetro**

Hidrômetros instalados verticalmente ou inclinados estão propensos a fazer um registro menor que o real

### **Seleção do Hidrômetro**

O hidrômetro está dimensionado adequadamente ao consumo do cliente? O hidrômetro é do tipo correto? O uso de hidrômetros da classe C é recomendado, se a qualidade de água permitir sua utilização.

### **Envelhecimento do Hidrômetro**

À medida que vão envelhecendo, ou são submetidos a volumes excessivos, os hidrômetros tendem a começar a fazer um registro a menor.

Desgastes e rachaduras são normalmente causados por:

- ✓ Água abrasiva ou de baixa qualidade
- ✓ Problemas ambientais como muito calor ou frio
- ✓ Entrada de ar, causando alta velocidade.
- ✓ Instalação incorreta, causando desgaste do eixo/rolamento.

Por isso: Testar e calibrar os hidrômetros em forma regular e recomendado pelo setor ou divisão de medição e hidrometria da empresa, conforme normas estabelecidas pelas entidades regulamentadoras e fabricantes.

### **Perdas Aparente – Geral**

- ✓ Uso / conexão ilegal
- ✓ Redução do consumo zero
- ✓ Redução da cobrança por estimativa.

### **Uso Ilegal / Consumo não autorizado**

Uso efetivo do pessoal que faz a leitura dos hidrômetros. São eles o contato mais próximo entre a empresa e os clientes, de acordo com o padrão do imóvel, pode-se estimar um perfil de consumo. Eles devem ser devidamente treinados e receber incentivos por relatar conexões ilegais.

- ✓ Checar segmentos desconectados durante as rotas de leitura dos hidrômetros
- ✓ Checar e reduzir a possibilidade de fraude (roubo de água)

### **Redução do consumo zero**

Clientes com consumo zero ou muito baixo são suspeitos. Consequentemente, realizar exames regulares em clientes com consumo zero e reduzí-los.

### **Redução de contas por estimativa**

A experiência mostra que cobranças por estimativa de gasto são menores que o consumo real (Balbino, Copasa 2008 – Informação Verbal). Consequentemente, analisar os clientes com contas por estimativa de consumo e reduzí-los:

- ✓ Monitoramento efetivo
- ✓ Gerenciamento com foco nos consumos por estimativa.

### **Recursos disponibilizados**

1. Operacionais
2. Serviços Técnicos
3. Serviços de atendimento ao cliente

## **3.5 Gerenciamento do controle de perdas**

### **3.5.1 Tecnologias usadas para o controle e redução de perdas**

Para uma eficiente localização de vazamentos devem-se usar os seguintes equipamentos:

#### **A ) Principais:**

Na figura 3.2 observa-se que a haste de escuta consiste em uma barra metálica com diafragma de alta sensibilidade para percepção de ruídos de vazamentos não visíveis.



**Figura 3.2 - Haste de escuta**

- ✓ Ideal para triagem inicial dos locais onde há suspeita de vazamentos de água.
- ✓ Auxilia na localização de furtos de água.
- ✓ Utilizado para confirmar o local com suspeita de vazamento não visível.



**Figura 3.3 - Geofone eletrônico**

Conforme figura 3.3 os geofones são instrumentos acústicos que servem para escutar a terra, (similar aos estetoscópios usados pelos médicos). A detecção de vazamentos em tubos enterrados por escuta começou já no início do século passado, ainda com geofones mecânicos e com hastes de escuta. Um geofone moderno é composto de um sensor piezoeletrônico, um amplificador eletrônico, fones de ouvido estéreo e uma tela para visualizar dados. Os geofones mais sofisticados ainda possuem filtros eletrônicos para eliminar ruídos ambientais

que possam prejudicar a eficácia de uma busca. O geofone normalmente é utilizado de madrugada quando há menos barulhos ambientais e uma pressão hidráulica maior devido a um consumo de água que normalmente é menor durante a noite.



\* Imagem de Palmer.Co.Uk

*Figura 3.4 - Correlacionador de ruído.*

Pelo fone de ouvido, um operador de geofone experiente consegue qualificar um ruído como ruído de vazamento, e pelo indicador de intensidade do ruído, ele consegue localizar o ponto onde a frequência é maior, onde provavelmente encontra-se o vazamento. O equipamento mais sofisticado da família de geofones é o correlacionador de ruídos, que também funciona pela escuta. Um correlacionador é composto de dois ou mais sensores de geofones que façam medições de ruídos simultaneamente em diversos pontos da rede. Via rádio os sensores transmitem os ruídos para um processador central, que faz a correlação dos ruídos, conseguindo calcular com uma precisão de poucos centímetros o local exato dos vazamentos.



**Figura 3. 5 - Data logger.**

O equipamento da figura 3.5 é um registrador de pressão e vazão, que usa um programa de computador próprio, é dotado de sensor interno, *display* de cristal líquido e bateria com vida útil estimada pelo fabricante em cinco anos. Um dos diferenciais desse equipamento é ter sido desenvolvido exclusivamente para o setor de saneamento, já que toda a programação foi ajustada para atender às necessidades de redes de abastecimento.



**Figura 3.6 - Permalog**

A atividade voltada para a Pesquisa de Vazamentos não Visíveis é desenvolvida por meio de processos acústicos. A razão consiste no fato de que o vazamento através de alguma ruptura da tubulação, gera som, que pode ser captado por meio de sensores específicos. Esta tecnologia é utilizada para localizar tais vazamentos, através de sensores de ruídos muito sensíveis chamados Permalog.

#### **B ) Auxiliares:**



*Figura 3.7 - Localizador de massa metálica.*

*Fonte:* [www.lamon.com.br](http://www.lamon.com.br)



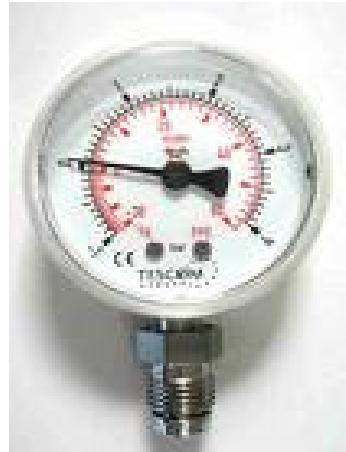
*Figura 3.8 - Localizador de tubulação metálica.*

*Fonte:* [www.lamon.com.br](http://www.lamon.com.br)



*Figura 3.9 - Trena.*

*Fonte:* [www.francaferramentas.com.br](http://www.francaferramentas.com.br)



*Figura 3.10 - Manômetro aferido.*

*Fonte:[www.webdelprofessor.ula.ve](http://www.webdelprofessor.ula.ve)*



*Figura 3.11 - Válvula pulsadora (geradora de ondas).*

*Fonte:[www.apg.cc](http://www.apg.cc)*

### **3.6 Importância da medição de vazão**

A medição de vazão é de vital importância na maioria dos processos industriais, pode-se citar inúmeras aplicações e ainda assim, corre-se o risco de esquecer algumas delas, devido à complexidade e às variações existentes nos processos. Com relação às tecnologias aplicadas, isso não é diferente e, dentro do seu campo de aplicações, existem soluções mais adequadas a determinados processos sem, no entanto, tirar os méritos das outras tecnologias.

A macromedição tem por objetivo oferecer o ferramental necessário à avaliação dos volumes de água produzidos pelos sistemas públicos de abastecimento.

De uma maneira mais geral, no entanto, a macromedição tem outros campos de aplicação. As necessidades de cada caso orientam o papel preponderante da macromedição. Entre essas aplicações, citam-se:

- ✓ Controle de produção: Permite medir parâmetros técnicos importantes como vazão e volumes durante um determinado período de tempo. Tais elementos são importantes e essenciais para um acompanhamento da evolução do sistema e subsistemas tais como (adução de água bruta, tratamento, reservação, adução de água tratada, distribuição e controle de perdas), dando margem ao estabelecimento de séries históricas de desempenho do sistema (PNCDA, 2007).
- ✓ Operação do sistema: A macromedição e a micromedição permite medir parâmetros técnicos importantes, possibilitando a intervenção de forma a controlá-los visando adequar a operação do sistema aos níveis de eficiência desejáveis (PNCDA, 2007).
- ✓ Planejamento: Oferece subsídios importantes que permitem estabelecer margens e disponibilidades existentes, demandas não atendidas ou reprimidas, limites de exploração do sistema, e outros aspectos como: expansão do sistema, readequações de setores de distribuição, informações para planejamentos que requerem projetos detalhados (PNCDA, 2007).
- ✓ Fornecimento de água por atacado: Venda de água bruta ou tratada a grandes consumidores como empresas. E, em regiões metropolitanas venda de água dos sistemas produtores centralizados para municípios que possuem serviços autônomos, mas que não contam com produção própria de água potável (PNCDA, 2007).
- ✓ Controle de gastos com energia: Permite deslocar consumos durante horários de ponta ou picos de consumo de água de regiões ou grandes consumidores utilizando da capacidade de reservação visando principalmente a economia de energia e eficiência na utilização dos sistemas produtores (PNCDA, 2007).
- ✓ Controle de dosagens de produtos químicos: Outra aplicação particular que requer a utilização da macromedição ocorre quando se deseja adicionar produtos químicos, cloro, flúor, coagulantes, polímeros e alcalinizantes. Todos requerem medidas precisas e usam a vazão com variável no cálculo de dosagens e concentrações pré-estabelecidas para cada produto químico (PNCDA, 2007).

### **3.6.1 Tipos de medidores, Características técnicas, vantagens e desvantagens**

Medidores são instrumentos usados para medir permanentemente vazões ou volumes de águas captadas (bruta), tratadas e distribuídas no sistema de abastecimento. Para controle de perdas físicas de água e perda de faturamento, controle operacional, avaliação das demandas e desempenho de setores de abastecimento (PNCDA, 2007).

**Medidor eletromagnético tipo tubular:** Proporciona exatidão de até + ou - 1% do valor medido, requer pouca manutenção, entretanto de maior custo de instalação. Pode ser utilizado para grandes volumes ou vazões e em locais onde exista energia elétrica disponível.

**Desvantagem:** Exige parada da adutora para retirada e recolocação no caso de manutenção. Exige cuidados na instalação, principalmente na parte elétrica e eletrônica, sobretudo na proteção contra surtos elétricos. Caso não estejam devidamente instalados podem apresentar erros significativos.

**Locais de instalação:** Medição de água bruta e medição de água tratada (SANASA, 2007).

**Medidor ultrassônico não intrusivo:** Tem boa exatidão, até + ou - 2% do valor medido, requer pouca manutenção. Possui custo de instalação menor, quando comparado aos medidores que necessitam intervenção na rede. Não necessitam de intervenções e paradas nas adutoras tanto na instalação como na manutenção. Indicado para grandes vazões e diâmetros. Não há necessidade de proteção dos transdutores contra surtos. A maior vantagem é a versatilidade.

**Desvantagem:** A grande desvantagem dos medidores ultrassônicos reside em sua calibração. Como eles medem na prática, a velocidade média, qualquer erro ou inexatidão na determinação da seção média, pode acarretar erros grosseiros de medição. São mais sensíveis a perfis de fluxo irregulares ou turbilhonados (Massa de água que redemoinha rapidamente, formando uma espécie de funil).

**Locais de instalação:** Medição de água bruta e medição de água tratada (SANASA, 2007).

**Medidor “Woltmann” de rotor (Turbina) horizontal:** Utilizado em medições de água tratada de setores de abastecimento, áreas isoladas e derivações de menor porte. Exatidão de até + ou - 2% do valor medido (+ ou - 5% na faixa de medição abaixo da transição). Custo de aquisição bem menor que medidores eletromagnéticos e ultrassônicos. Não necessita de energia elétrica e aterramento, e possui custo de manutenção baixo.

**Desvantagem:** Requer instalação a montante de filtro “Y” (O filtro tipo Y é basicamente utilizado para a proteção de equipamentos como: bombas, medidores de vazão, bicos spray, sistemas de refrigeração e outros. Possui crivo interno para impedir que objetos sólidos danifiquem peças móveis internas e acesso lateral para limpeza). Introduz perda de carga considerável (medidor mais filtro). Sujeito a travamento devido a objetos estranhos que possam entrar na rede de abastecimento.

**Local de instalação:** Medição de água tratada, principalmente poços produtores, setores de abastecimento e áreas isoladas (SANASA, 2007).

**Medidor Calha Parshall, com medidor de nível por ultrassom:** Possui custo relativamente baixo para grandes vazões ou volumes. O sensor de nível da Lâmina não possui contato com o fluido passível de conter sólidos em suspensão. Trabalha com baixas velocidades e possui grande faixa de medição de vazão.

Desvantagem: Maior incerteza na medição + ou – 3% do valor lido.

**Local de instalação:** Medição de água bruta (SANASA, 2007).

#### **Instalação de medidores.**

Na instalação de medidores, é importante observar a seleção correta do medidor verificando sempre, o volume que se deseja medir e o intervalo de medição e a instalação do mesmo. Toda confiabilidade e precisão exigidas poderão ficar comprometidas, caso não se faça uma correta instalação. Deve-se observar as orientações contidas nos manuais dos fabricantes e principalmente, as distâncias mínimas para trecho reto de tubulação. As distâncias de trecho reto recomendadas existem para garantir a exatidão da medição, além de permitir a instalação de ponto de pitometria para aferir os medidores em campo.

#### **Demais cuidados na instalação:**

- ✓ Manter os medidores eletromagnéticos e suas fiações distantes da influência de campos magnéticos causadas por redes, subestações, fiações elétricas, motores, transformadores e transmissores de rádio.
- ✓ Manter os medidores eletromagnéticos adequadamente aterrados e referenciados.
- ✓ Atentar para o diâmetro interno do medidor e do diâmetro do tubo adjacente, principalmente o diâmetro de montante (Eletromagnéticos/Wotmann).
- ✓ Manter os medidores tanto os eletromagnéticos quanto os mecânicos, protegidos por caixas e de fácil instalação ou remoção.
- ✓ Se instalados em caixas subterrâneas, promover a ventilação das mesmas.

Em situações de submergências ou excesso de umidade, especificar o medidor com proteção IP 68 (Trata-se do grau de proteção (IP), apresentado na norma NBR IEC 60529 - “Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos - Protegidos contra efeitos de imersão contínua”), e promover correta interligação e proteção dos cabos de alimentação e cabos de sinal com o medidor.

- ✓ Eliminar qualquer presença de ar no fluxo do fluído.

Deve-se atentar ao fato da instalação e manutenção ser executada sempre por pessoal treinado e envolvido no processo, garantindo com isso a confiabilidade dos dados obtidos e fornecendo embasamento para a tomada de decisões da média e alta administração.

### **3.7 Indicadores de perdas**

#### **3.7.1 Indicador Percentual de Perdas**

De uma forma clara, o indicador percentual de perdas refere-se ao conceito traduzido pela equação (3.1):

$$\text{IP\%} = \frac{\text{Volume Produzido} - \text{Volume Consumido}}{\text{Volume Produzido}} \times 100 \quad (3.1)$$

Em que IP = Índice de perdas (%)

Destaca-se a seguir alguns pontos importantes referentes a este indicador de perdas:

- ✓ Não permite a comparação de desempenho, quanto às perdas de água entre sistemas e outros serviços;
- ✓ Não leva em consideração as variações nas características de um sistema para outro (topografia, comprimento das tubulações, números de ligações, padrões dos serviços prestados e da forma como o sistema é operado e mantido);
- ✓ É bastante afetado pelo consumo *per capita*.

A seguir, pelas Tabelas 3.1 e 3.2 e Figura 3.12, com valores obtidos pela COPASA, exemplifica-se o indicador percentual de perdas e a influência do consumo *per capita* no valor das perdas reais.

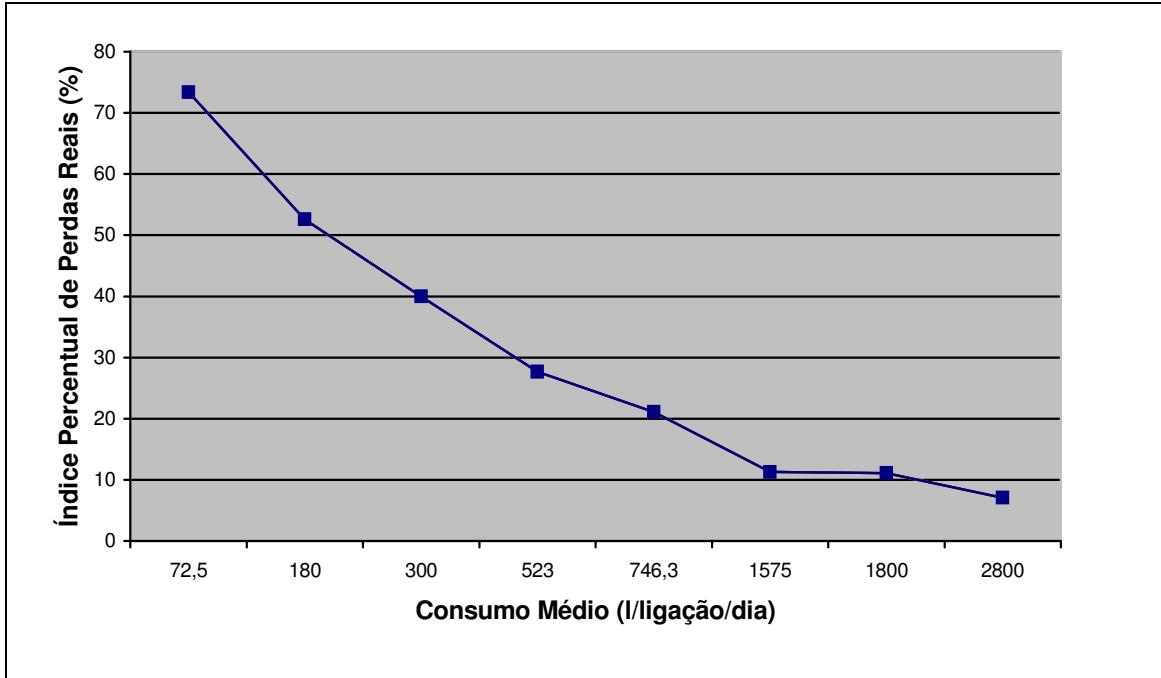
*Tabela 3.1 - Indicador Percentual de Perdas para o ano de 2008.*

SETOR DE CONTROLE DE PERDAS	LIGAÇÕES DE ÁGUA	VOLUME DISTRIBUÍDO m <sup>3</sup> /mês	VOLUME CONSUMIDO m <sup>3</sup> /mês	PERCAPITA l/hab/dia	PERDA MEDIDA %
100	1.725	51.212	28.509	147	44,3
1200	195.779	5.650.360	3.280.168	133	41,9
2202	193	6.424	2.409	111	62,5
2500	12.217	369.652	235.075	190	36,4
RMBH	956.496	33.815.777	21.415.213	167	36,7

*Fonte: COPASA (2008)**Tabela 3.2 – Indicadores Percentual de Perdas / Influência do consumo per capita no valor das Perdas Reais expresso em termos percentuais para o ano de 2008.*

VOLUME DISTRIBUÍDO m <sup>3</sup> /mês	VOLUME CONSUMIDO m <sup>3</sup> /mês	VOLUME PERDIDO m <sup>3</sup> /mês	PERDA MEDIDA %
litros/ligações/dia			%
272,5	72,5	200	73,4
380,0	180,0	200	52,6
500,0	300,0	200	40,0
723,0	523,0	200	27,7
946,3	746,3	200	21,1
1.775,0	1.575,0	200	11,3
2.000,0	1.800,0	200	11,1
3.000,0	2.800,0	200	7,1

*Fonte: COPASA (2008)*



**Figura 3.12 – Consumo médio das ligações.**

**Fonte:** COPASA (2008)

Da Tabela 3.1 e Figura 3.12 observa-se que, quanto maior o volume consumido, para a mesma quantidade de água perdida, menor é o índice de perda medida.

### 3.7.2 Indicadores de Perdas: IWA, AGHTM, AESBE/ASSEMAE.

Dois dos métodos internacionais mais completos para levantamento de informações e construção de indicadores foram elaborados pela Association *Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux - AGHTM*, e pela International Water Association - IWA, e no caso do Brasil destaca-se os estudos da Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) e a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE).

Os estudos da AESBE/ASSEMAE convergem com os da AGHTM e da IWA no sentido de reconhecer que não é apenas um indicador isolado que torna possível fornecer toda a complexidade das perdas nos sistemas públicos de abastecimento. Ambas entidades reconhecem ser necessário combinar indicadores percentuais com indicadores físicos acurados por extensão de rede ou por economia, como base para qualquer comparação de desempenho (Werdine, 2002).

Apresenta-se a seguir o estudo desenvolvido pela IWA. A terminologia IWA usada na Tabela 3.3 foi escolhida por países que já tinham sua própria terminologia padrão nacional,

documentada (mas diferente), bem como seus procedimentos padrão (França, Alemanha, Japão, Reino Unido e EUA), para os cálculos (Werdine, 2002).

- ✓ Desta forma, cada terminologia nacional difere da usada pela IWA em algum aspecto, no mínimo pelo motivo das diferenças linguísticas. Correspondentemente, quando está sendo feita alguma comparação internacional ou algum estudo de *benchmarking*, é necessário em primeiro lugar realocar os componentes do balanço de água nacional dentro daquele proposto na Tabela 3.3. Quando os países ainda não possuírem um modelo padrão próprio, o modelo IWA mostrado neste trabalho é recomendado para consideração.

**Tabelas 3.3 – Componentes do Balanço de Água (IWA).**

A	B	C	D	E
Volume de Entrada No Setor m <sup>3</sup> /ano	Consumo autorizado m <sup>3</sup> /ano	Consumo autorizado faturado m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido faturado m <sup>3</sup> /ano	Água faturada m <sup>3</sup> /ano
			Consumo não medido faturado m <sup>3</sup> /ano	
		Consumo autorizado não faturado m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido não faturado m <sup>3</sup> /ano	
			Consumo não medido não faturado m <sup>3</sup> /ano	
	Perda de água m <sup>3</sup> /ano	Perda Não Física m <sup>3</sup> /ano	Consumo não autorizado m <sup>3</sup> /ano	Água não convertida em receita m <sup>3</sup> /ano
			Erro de medição m <sup>3</sup> /ano	
		Perda Física m <sup>3</sup> /ano	Vazamento extravasamento m <sup>3</sup> /ano	
			Vazamento em adutoras e redes m <sup>3</sup> /ano	
			Vazamento em ramais m <sup>3</sup> /ano	

**Fonte:** Manual 'Disseminação em informações energéticas' – (PROCEL, 2004)

Esta terminologia inclui as seguintes definições (algumas já descritas anteriormente):

- ✓ “Água Captada” é o volume de água obtida para entrar nas tubulações de água bruta e que seguem para a estação de tratamento.
- ✓ “Água Produzida” é o volume de água tratada para ser transportada ao sistema de distribuição.
- ✓ “Água Importada e Exportada” relacionam-se com os volumes que são transferidos “no atacado” de, e para fora do sistema em estudo.
- ✓ “Volume de Entrada em um Sistema” é o volume de água que entra em um sistema de transporte ou distribuição.
- ✓ “Consumo Autorizado” é o volume medido e/ou não medido de água tomado por consumidores cadastrados pelo próprio fornecedor e outros que estão implícita ou explicitamente autorizados para tal pelo fornecedor, para usos domésticos, comercial e industrial. Inclui a água exportada.
- ✓ “Água Não Faturada” é a diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Autorizado Faturado (Tabela 3.3).

Verifica-se que o consumo autorizado (Tabela 3.3) inclui itens como combate e treinamento para combate a incêndios, limpeza de tubulações de água e esgoto, descarga de redes, varrição hidráulica de ruas, rega de canteiros e praças públicas, fontes públicas, proteção contra congelamento, água para construções públicas. Isto pode ser cobrado ou não, medido ou não, de acordo com as práticas locais.

“Água Não Faturada” é a diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Autorizado Faturado (Tabela 3.3).

### **3.7.3 Passos para Calcular Água Não Faturada e Perdas de Água (conforme tabela 3.3)**

- 1) Definição do Volume de Entrada no Sistema e colocá-lo na coluna A;
- 2) Definição do Consumo Medido Faturado e Consumo Não Medido Faturado na Coluna D; entre com este valor no Consumo Faturado Autorizado (coluna C) e Água Faturada (coluna E);
- 3) Cálculo do volume de Água Não Faturada (coluna E) a partir da diferença entre Volume de Entrada no Sistema (coluna A) menos Água Faturada (coluna E);

- 4) Estabelecimento do Consumo Medido Não Faturado e Consumo Não Médio Não Faturado na coluna D; transferência do total de Consumo Autorizado Não Faturado para a coluna C;
- 5) Adicionamento dos volumes de Consumo Autorizado Faturado e Consumo Autorizado Não Faturado da coluna C; entre com este valor em Consumo Autorizado (no topo da coluna B);
- 6) Cálculo das perdas de água (coluna B) como a diferença entre o Volume de Entrada no Sistema (coluna A) e Consumo Autorizado (coluna B);
- 7) Estabelecimento dos componentes de Consumo Não Autorizado e “Imprecisões” de Medição da melhor maneira possível, soma e entre com este valor em Perdas Aparentes (coluna C);

**Tabela 3.4 – Balanço de Água RMBH – 07/2007 a 08/2008 (COPASA, 2008).**

A	B	C	D	E
<b>Volume de Entrada na RMBH 395.401.204 m<sup>3</sup>/ano</b>		Consumo autorizado 258.706.030 m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido faturado 255.477.573 m <sup>3</sup> /ano	
			Consumo não medido faturado 1.561.210 m <sup>3</sup> /ano	<b>Água faturada 257.038.783 m<sup>3</sup>/ano</b>
		Consumo autorizado não faturado 1.667.247 m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido não faturado 1.667.247 m <sup>3</sup> /ano	
			Consumo não medido não faturado NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	
	Perda de água 136.695.174 m <sup>3</sup> /ano	Perda Não Física 39.540.120 m <sup>3</sup> /ano	Consumo não autorizado NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	
			Erro de medição 39.540.120 m <sup>3</sup> /ano	<b>Água não convertida em receita<sup>14</sup> 138.362.421 m<sup>3</sup>/ano</b>
		Perda Física 97.155.054 m <sup>3</sup> /ano	Vazamento extravasamento NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	
			Vazamento em adutoras e redes NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	
			Vazamento em ramais NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	

*Fonte: COPASA (2008)*

- 8) Cálculo da Perda Real (coluna C) como Perdas de Água (coluna B) menos Perdas Aparentes (coluna C);

9) Estabelecimento dos vários componentes das Perdas Reais (coluna D) através das melhores técnicas disponíveis (medidas de vazões noturnas, modelização, etc.) adição e comparação destes com o volume Perdas Reais na coluna C, conforme calculado até o item 8.

Pela Tabela 3.4, exemplifica-se um Balanço de Água com dados da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte), realizado pela COPASA:

### **3.7.4 Componentes do Balanço de Água e Cálculos Relativos**

As ‘Melhores Práticas’ na administração das perdas de Água consistem em um contínuo cálculo do Balanço de Água junto com medições noturnas de vazões continuamente ou ‘quando requerido’. O Balanço de Água, usualmente tomado em um período de 12 meses, deve incluir:

- ✓ Uma completa contabilidade da água que entra e sai do sistema, incluindo-se aí a inspeção no sistema de registros (de informações);
- ✓ Um programa contínuo de aferição e calibração dos medidores;
- ✓ A consideração apropriada devido ao intervalo de tempo entre as medições dos medidores na produção e no consumo.

O cálculo do Balanço de Água quantifica volumes totais de água no sistema, consumo autorizado (faturado ou não, medido ou não) e perdas de água (aparente e real), conforme a Tabela 3.4. Nesta tabela verifica-se que a prática de detecção de vazamentos não é contínua, e o processo pode também incluir uma análise de custo/benefício para a recuperação de vazamentos excessivos, levando a um programa de detecção de vazamentos.

Todos os cálculos do Balanço de Água são aproximados em algum grau, em razão das dificuldades de se estabelecer todos os componentes do balanço com completa precisão. A confiabilidade tende a aumentar quando os volumes de entrada no sistema são medidos em duplicata, e toda a água é medida por meio de um parque de hidrômetros de consumidores adequadamente mantido, e abastece propriedades sem reservatórios de estocagem de água. A existência de reservatórios domiciliares pode resultar em baixas vazões nas ligações domiciliares, e estas baixas vazões podem não ser registradas com precisão nos hidrômetros domiciliares.

As ‘Melhores Práticas’, conforme recomendado pelo Grupo de Indicadores de Desempenho da IWA (Werdine, 2002), consistem em atribuir notas sobre o grau de confiança em cada um dos componentes do Balanço de Água, incorporando notas para confiabilidade e precisão.

Cada componente do Balanço de Água anual (Tabela 3.4) deve ser sempre apresentado, inicialmente, em termos de volumes anuais. Os volumes anuais de Água Não Faturada, Água Perdida, Perdas Aparentes e Perdas Reais são calculados usando-se os passos mostrados sob a Tabela 3.4.

O Passo 9 dos cálculos recomenda que os volumes das Perdas reais calculados pela diferença entre Perdas de Água e Perdas Aparentes deve ser checado, se possível, pelo estabelecimento dos vários componentes das Perdas Reais. Uma melhor compreensão dos componentes das Perdas Reais pode ser obtida classificando-os como abaixo:

- ✓ Perdas não-visíveis (*Background*) advindas de vazamentos mínimos não detectáveis – tipicamente baixas vazões, longa duração, e grandes volumes;
- ✓ Perdas de vazamentos informadas pelos consumidores – tipicamente altas vazões, pouca duração, volumes moderados;
- ✓ Perdas por rompimentos não informados, encontrados pelo controle ativo de vazamentos – vazões médias, mas a duração e o volume depende da política de detecção ativa de vazamento;
- ✓ Extravasamentos e vazamentos em reservatórios.

Métodos para se analisar e avaliar as Perdas reais, outros que não o Balanço de Água, incluem:

- ✓ Análise de vazões noturnas baseadas em dados de setores de medição;
- ✓ Análise dos registros de vazamentos e rompimentos, quantidade, vazões médias e durações;
- ✓ Cálculos por meio de modelos que incluem registros de vazamentos invisíveis e pressões.

Apesar das perdas depois do padrão de ligação não estarem incluídas nestes cálculos, elas podem ser de alguma valia e ser consideradas para propósitos de cálculos de demanda.

### **3.8 Eficientização energética no saneamento ambiental**

#### **3.8.1 Introdução**

Entre 2% e 3% por cento do consumo de energia do mundo é usado no bombeamento e tratamento de água para residências urbanas e indústrias. O consumo de energia na maioria dos sistemas de água em todo o mundo poderia ser reduzido em pelo menos 25 %, por meio de ações de eficientização com melhor desempenho. As companhias de água em todo o mundo têm o potencial para, com um custo efetivo, economizar energia. Infelizmente, tem sido dada uma atenção relativamente pequena à redução do uso de energia nos sistemas de água (PROCEL, 2004).

Os custos de energia representam valiosos recursos orçamentários para outras funções municipais também importantes assim como educação, transporte público, e assistência médica. No mundo desenvolvido, o custo de energia para o abastecimento de água pode facilmente representar até metade do orçamento do município. Até mesmo em países desenvolvidos os sistemas de água e energia são tradicionalmente o segundo maior custo depois da folha dos servidores (PROCEL, 2004).

Para perdas da ordem de 40%, estima-se que o potencial total de conservação de energia elétrica do setor de saneamento seja de 2,82 bilhões de kWh/ano (PROCEL, 2004).

A realização de 15% deste potencial representaria 423 milhões de kWh/ano, o que corresponde a R\$ 423 milhões/ano para uma tarifa média de R\$ 1,07/m<sup>3</sup>. Em 2000, o mercado brasileiro, que correspondeu a 47 milhões de consumidores, consumiu 306 bilhões de kWh. As despesas das concessionárias do setor de saneamento com energia elétrica variam entre 5 e 20% (PROCEL, 2004).

A queima de combustíveis fósseis para gerar energia usada no abastecimento de água afeta a qualidade do ar na própria localidade e no mundo. Emissões provenientes de usinas termelétricas contribuem para aumentar os já altos níveis de poluição no meio ambiente urbano e a acidificação de lagos e florestas. Além disso, milhões de toneladas de dióxido de carbono são emitidos a cada ano contribuindo para a mudança do clima global (PROCEL, 2004).

A mudança do clima global, a degradação do meio ambiente, tem o potencial de reduzir os lençóis freáticos e mananciais superficiais, prejudicando o abastecimento de água

em várias áreas; proporcionando, no futuro, um aumento ainda maior no valor da água e a intensificação do uso de energia.

As companhias identificadas contrastam-se com a grande maioria de companhias de água municipais no mundo todo, as quais não chegaram a tomar as medidas básicas para a redução do uso de energia. Os gerentes dos sistemas de água, frequentemente, não têm o conhecimento técnico ou a capacidade necessária para aproveitar as numerosas oportunidades de eficientização. Em muitos casos, não possuem sistemas de medição e monitoramento necessários para coletar dados, estabelecer linhas de base e de medição, e para avaliar facilidades. Geralmente, quando existem dados, estes não são compartilhados entre os departamentos e grupos dentro da companhia de água do município.

As companhias, organizando equipes de estudos de diminuição de gastos, descobriram que energia adicional e economia de capital podem ser alcançadas a partir do momento que analisam as melhorias do sistema de distribuição de água, enquanto promovem, simultaneamente, o uso mais eficiente da água pelos consumidores.

Dentre os passos relevantes na formação da equipe, pode-se incluir o fornecimento de ferramentas para medir e monitorar o uso de água e energia, treinamento em técnicas de eficientização de energia e fornecimento de recursos adequados para investir em projetos identificados.

Muitas valiosas ações de eficientização de energia podem ser executadas com um custo muito baixo ou mesmo sem nenhum custo.

De fato, a implantação de sistemas de medição e monitoramento pode diminuir em até 10 % os custos com energia, simplesmente por meio de mudanças comportamentais e melhoria na manutenção (PROCEL, 2004). Enquanto alguns simples melhoramentos podem ser facilmente detectados apenas com a medição, muitas outras oportunidades irão permanecer inexploradas, se não houver análise de dados mais aprofundada. Muitas companhias têm encontrado sistemas similares de avaliações de metas alcançadas dentro de suas próprias operações, que são um excelente meio de mensurar os progressos obtidos em eficientização de energia. Para projetos maiores, o capital de investimento representa um grande obstáculo. A obtenção de capital para implementar projetos de eficientização a custo otimizado, podem se dar por meio de economias resultantes de outras ações de eficientização de água e energia, tais como: a redução do desperdício e furto de água, a melhoria das práticas básicas de manutenção, redução da água subsidiada e otimização da atuação do sistema.

### **3.8.2 Identificando oportunidades para a redução do consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de água**

Alguns dos sistemas específicos de economia de energia e água são fáceis de se identificar, como os vazamentos e equipamentos de mal funcionamento. Outras ações de conservação de energia são mais difíceis de serem detectadas como o *layout* impróprio do sistema ou os tubos degradados. Devem ser tomadas ações de ordem administrativas e ações de ordem operacionais para viabilizar o trabalho de eficientização energética.

**Ações administrativas:**

- ✓ Correção da classe de faturamento.
- ✓ Regularização da demanda contratada.
- ✓ Alteração da estrutura tarifária.
- ✓ Desativação das instalações sem utilização.
- ✓ Conferência da leitura da conta de energia elétrica.
- ✓ Entendimentos com as companhias energéticas para redução das tarifas.
- ✓ Fazer a adequação do contrato de energia (Contratação de energia com base no sistema tarifário mais adequado ao regime de funcionamento e porte da empresa).

**Nas ações operacionais os problemas mais comuns são:**

Vazamentos:

- ✓ Redução do tempo médio de reparo de vazamentos.
- ✓ Setorização da rede de distribuição.
- ✓ Detecção mais rápida das perdas, mediante automação e controle da rede e atuação para sua correção.
- ✓ Detecção de vazamento não visível.
- ✓ Pesquisa de vazamentos planejada e freqüente.
- ✓ Instalação de válvulas redutoras de pressão.
- ✓ Implantação de obras de setorização.
- ✓ Combate às fraudes e ligações inativas.
- ✓ Substituições de redes de distribuições.
- ✓ Layout impróprio.
- ✓ Superdimensionamento do sistema.
- ✓ Seleção incorreta dos equipamentos.
- ✓ Equipamentos antigos e ultrapassados.

- ✓ Manutenção precária.
- ✓ Desperdício de água utilizável.

**A solução para estes problemas envolve, diminuição da potência dos equipamentos:**

- ✓ Redução da altura manométrica, redução da altura geométrica e redução da perda de carga. (Reposicionamento ou divisão de reservatórios para atender mais de uma zona de pressão, uso de mais de um reservatório).
- ✓ Escolha adequada do diâmetro do tubo. Reduzir a perda de carga pelo aumento do diâmetro da tubulação. Fazer a seleção econômica do diâmetro baseada no custo total (investimento inicial + custo operacional).
- ✓ Limpeza ou revestimento da tubulação. Melhorar a rugosidade e reduzir a perda de carga. (Uso de materiais adequados. Limpeza do interior dos tubos com pig).
- ✓ Eliminação de ar em conduto forçado.
- ✓ Eliminação de vórtice em poço de succão de elevatória.
- ✓ Eliminação de vórtice em reservatório de distribuição.

**Oportunidade de melhoria da eficiência no bombeamento e aumento no rendimento dos conjuntos moto bombas.**

- ✓ Aumento no rendimento do motor. (Adequação do motor à carga da bomba. Uso de motores de alto rendimento).
- ✓ Aumento no rendimento da bomba. (Seleção adequada de bomba. Verificação do ponto de funcionamento e ajuste para a faixa de maior rendimento).
- ✓ Eliminar os problemas de cavitação. (O NPSH disponível calculado deve ser superior em 20% e no mínimo em 0,50 m ao NPSH requerido pela bomba em todos os pontos de operação).
- ✓ Evite a recirculação. (Uso de anéis de desgastes ou outros dispositivos de vedação com a folga correta).
- ✓ Redimensionamento do sistema e reajuste do equipamento.
- ✓ Redução da bomba impulsora.
- ✓ Redução de vazamentos e outras perdas.
- ✓ Atualização dos equipamentos (como por exemplo, troca de válvulas borboletas por válvulas esféricas)
- ✓ Fazer a associação adequada de bombas. (Associação em série, paralela procurando otimizar o ponto de funcionamento do sistema).
- ✓ Bombas eficientes.

- ✓ Motores com controladores de velocidade. (Uso de variadores de velocidade para acionamento de bombas que trabalham com variação de carga ao longo do dia).
- ✓ Capacitores.
- ✓ Transformadores
- ✓ Melhorias de práticas operacionais de manutenção.
- ✓ Demanda e reutilização da água.
- ✓ Promover a automação. (Uso de controladores programáveis, pressostatos, timers, chave-bóia, programa de gerenciamento de rede).

As companhias de água supervisionam com freqüência o potencial de economia de energia e de dinheiro reduzindo o consumo de água de seus usuários. Utilizar tecnologias como vasos sanitários de baixa descarga, chuveiros de baixo fluxo de água e máquinas de lavar eficientes são freqüentemente os meios de economizar energia com maior custo otimizado (PROCEL, 2004).

Espera-se que a população urbana mundial vá dobrar dentro dos próximos anos (PROCEL, 2004). Se continuarmos no caminho em que estamos, o consumo de energia pelas companhias municipais de água irá também duplicar. Atualmente, apenas metade dos moradores das cidades tem ligações de água. Os preços da energia estão subindo (PROCEL, 2004). Os recursos hídricos estão diminuindo ao mesmo tempo em que as populações urbanas estão crescendo. As companhias de água, os políticos, os consumidores, o meio ambiente e todos pagaremos o preço pelo contínuo desperdício (PROCEL, 2004). As companhias de água têm, portanto, um poderoso incentivo para perseguir o potencial de eficientização de água e energia.

Como fornecedores de água para quase 50 % da população mundial, as companhias de água municipais exercem um papel vital no gerenciamento deste recurso de fácil escassez. Como a migração para as cidades continua, as companhias de água municipais têm a complexa tarefa de fornecer água com custo otimizado para manter as cidades funcionando. Os recursos limitados de energia, suprimentos ineficientes de água e as crescentes preocupações ambientais tornam a distribuição de água ainda mais desafiadora.

A maioria das companhias de água no mundo nem maximizam os benefícios dos recursos de água e energia nem minimizam os impactos ambientais negativos. Ao criar e encampar estruturas abrangentes de gerenciamento de eficientização em água e energia, as companhias de água podem fornecer serviços de água a custo otimizado, reduzir o consumo de energia assim como proteger o meio ambiente.

A ligação entre água e energia existe dado o papel que a energia exerce no transporte de água para o consumidor final, assim como a sua importância na desinfecção da água potável e tratamento de esgoto. Quando a água é desperdiçada em um sistema municipal de água, a energia é quase sempre dissipada. Para essa discussão, eficientização de água e energia significa fornecer ao consumidor, com um custo otimizado, os serviços necessários associados ao saneamento ambiental. A eficientização de água e energia norteia os espectros das atividades de ambas, e resultados cinegéticos cogerenciadores destes recursos. Entendendo todas as relações existentes entre água e energia dentro do sistema de distribuição de água, as companhias de água têm uma enorme oportunidade de adaptar as suas políticas no intuito de melhorar a eficientização se comparadas ao simples direcionamento de necessidades de água e energia separadamente.

A necessidade de maximização do potencial de recursos de água e energia existentes é de suma importância. A quantidade média de água renovável por pessoa no mundo tem caído em 40% desde 1970, devido principalmente ao crescimento populacional. Vinte países, a maioria deles na África e no Oriente Médio, atualmente enfrentam problemas por carências crônicas de água, o que severamente dificulta o desenvolvimento econômico. Este número irá dobrar nos próximos 25 anos, já que mais de três bilhões de pessoas no mundo não vão ter acesso a abastecimento seguro e adequado de água (PROCEL, 2004). A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, povo, nação, região, cidade é plenamente responsável aos olhos de todos. A água não é uma doação gratuita da natureza, ela tem valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, raras e dispendiosas e que pode ser escassa em qualquer região do mundo. A água não é somente herança de nossos antecessores; ela é sobretudo um empréstimo de nossos sucessores. Sua proteção constitui necessidade vital assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

O equilíbrio e futuro do nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

	<b>Medidas de Eficientização do Lado do Fornecimento</b>	<b>Medidas de Eficientização do Lado da Demanda</b>	<b>Abordagem Sinergética do Lado do Fornecimento/ Demanda</b>
<b>Eficientização de Água e Energia</b> significa efetuar serviços de distribuição de água com um custo otimizado, enquanto minimiza o uso de água e energia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Sistemas de abastecimento de água oferecem múltiplas oportunidades para reduzir o desperdício de água e energia, enquanto melhor atende as necessidades dos usuários.</li> <li>* Redução de vazamentos e perdas.</li> <li>* Operações e manutenção</li> <li>* Sistemas de bombeamento</li> <li>* Tratamento primário e secundário de esgoto</li> <li>* Sistemas de bombeamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Reducindo a demanda na medida em que se ajuda o consumidor a usar a água de forma mais eficiente, diminui o abastecimento de água solicitado, economizando energia tanto quanto água.</li> <li>* Aparelhos domésticos eficientes</li> <li>* Vasos sanitários de baixo fluxo</li> <li>* <i>showerheads</i> de baixo fluxo</li> <li>* Reutilização de água industrial</li> <li>* Redução de vazamentos e desperdício de água.</li> </ul>	<p>*Compreendendo o sistema de água e assegurando que os projetos de eficientização sejam planejados em seqüência, cria oportunidades ainda maiores de eficientização.</p> <p>+ Dimensionamento correto dos sistemas de bombeamento após reduzir a demanda do consumidor</p> <p>+ Implantar Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR), promovendo a reutilização e reduzindo a demanda.</p>

*Figura 3.13 – Descrição de “Água e Energia”.*

**Fonte:** Manual ‘Disseminação em informações energéticas’ – (PROCEL, 2004)

Muitos destes países enfrentam déficits de energia que prejudicam pessoas e negócios. E de fato, cerca de 7% da produção de energia em todo mundo é usada para o bombeamento de água.

Os municípios são importantes agentes nos esforços para melhorar a utilização eficiente de água e energia. Até o ano 2020, espera-se que mais da metade da população dos países em desenvolvimento esteja morando em cidades. Com as populações urbanas aumentadas e com o crescimento de setores industriais municipais, a quantidade de energia irá crescer significativamente. Além disso, embora a proporção de água consumida pelo setor agrícola represente 70-80 % do uso de água no mundo inteiro (PROCEL, 2004), os usuários urbanos e industriais irão continuar a representar demandas cada vez maiores na crescente escassez de recursos hídricos.

O potencial para melhorias de eficientização de água e energia é grandioso. Na Índia, por exemplo, a Confederação de Indústria da Índia (CII) estima (PROCEL, 2004), que uma tradicional companhia pública municipal indiana tem o potencial de melhorar a eficientização do sistema de água em até 25 por cento. Uma vez que as várias companhias de água municipais na Índia gastam até 60 por cento do seu orçamento de energia com o bombeamento de água, estas significativas economias poderiam ser usadas para melhorar o serviço. Baseado em recente estudo de oportunidades de eficientização de água e energia no Texas as companhias de água nos Estados Unidos poderiam facilmente reduzir 15 por cento do uso total de energia, economizando quase 1 bilhão de dólares. Os latino-americanos gastam de US\$ 1 bilhão a US\$ 1,5 bilhão anualmente apenas para bombear água e esta nunca alcança o usuário final devido aos vazamentos do sistema, furto e equipamentos defeituosos (PROCEL, 2004).

Coincidemente, US\$ 1 a US\$ 1,5 bilhão é também a quantidade necessária para fornecer anualmente serviços de água e saneamento para todos os cidadãos latino americanos atualmente, até então sem nenhum desses serviços.

### **3.8.3 Comissão interna de conservação de energia – CICE**

Antes de tomar qualquer ação ou iniciativa visando à economia de energia em uma empresa, deve-se institucionalizar um grupo para coordenar o desenvolvimento de um programa que tenha como preocupação a eficiência energética.

Esse é o primeiro passo para o estabelecimento de um programa, o que é essencial já que qualquer ação isolada tende a perder o efeito ao longo do tempo, por mais resultados que apresente. Para o sucesso do programa, é necessário o envolvimento de todos os colaboradores da empresa, em todos os níveis, a começar pela alta administração. Todos devem ter um objetivo comum: a economia de energia pelo esforço coletivo.

A Comissão interna de conservação de energia – CICE, deverá ter um plano de trabalho, com a descrição de objetivos, metas, cronograma de execução e estratégia de ação. A elaboração do plano de trabalho faz-se necessária, visto que a CICE deve ser uma comissão proativa.

A CICE é um grupo de trabalho que, dependendo do tamanho da empresa, poderá ser formado por dois a cinco funcionários, com a finalidade de gerenciar o processo de utilização

de energia. Mais importante que o número de pessoas integrantes da CICE é obter o envolvimento de todos os setores da empresa.

O objetivo da CICE é: Identificar, propor, implementar e acompanhar as ações que visem ao uso eficiente de energia na empresa.

**Como deve ser montada a CICE:**

- ✓ Fazer uma seleção de profissionais de várias áreas com perfis de liderança, planejamento, delegação e trabalho em equipe.
- ✓ Proceder a realização de reuniões periódicas para definir metas e acompanhar as atividades que estão sendo executadas.
- ✓ Escolher um elemento da equipe e para desenvolver as atividades previstas.

**As ações que poderão ser apoiadas pela CICE são:**

- ✓ Implementação de identidade visual do programa por meio de cartazes, cartilhas, adesivos, bótoms e memorandos internos.
- ✓ Controlar o consumo específico de energia elétrica total, por setor, ou unidade.
- ✓ Implantação de manuais de utilização eficiente de energia em equipamentos.
- ✓ Controlar o custo específico de energia elétrica total, por setor ou unidade.
- ✓ Gerenciar a demanda total, por setor ou unidade.
- ✓ Articular-se com órgãos governamentais e outros responsáveis pelos programas de conservação de energia elétrica, com vistas à obtenção de orientação e ao fornecimento de informações.
- ✓ Discussão com os funcionários sobre possíveis alterações nos processos de trabalho.
- ✓ Incentivo ao desligamento de equipamentos não utilizados.
- ✓ Divulgação periódica dos benefícios do programa para empresa.
- ✓ Efetivação de caixas de sugestão permanentes.
- ✓ Promover ou propor alterações nos sistemas utilizadores de energia, visando adequar seu consumo.
- ✓ Promoção de cursos, treinamentos, simpósios, palestras técnicas ou motivacionais para empregados e gerentes.
- ✓ Implementação de programa de visita a outras empresas que aplicam programas semelhantes.

- ✓ Implementação de um sistema de auditoria do programa.
- ✓ Mobilização das chefias para o apoio do programa, reuniões de trabalho com demonstração das etapas do programa e seu resultados.
- ✓ Avaliar os resultados e propor novas metas para períodos subseqüentes.

**Atribuições da CICE:**

- ✓ Realizar ou contratar um diagnóstico energético. Para conhecer o desempenho energético das instalações, é necessário realizar u diagnóstico que permita verificar as condições de operação dos diferentes equipamentos e dos processos nos quais estão inseridos.
- ✓ Controlar e acompanhar o faturamento de energia: consumo (kWh), demanda (kW), fatores de carga e de potência visando a tomada de decisões.
- ✓ Avaliar os dados levantados, analisar o cumprimento de metas fixadas no plano de trabalho e discutir as situações de desperdício de energia elétrica, além de promover a análise das potencialidades de redução do consumo específico de energia e da demanda.
- ✓ Propor medidas de gestão de energia. Do diagnóstico e da análise do custo de energia resultam medidas corretivas a serem tomadas que podem ser implantadas em função de um cronograma de ações, programadas pela CICE.
- ✓ Realizar, periodicamente, inspeções nas instalações e nos procedimentos das tarefas, visando identificar melhorias nestes.
- ✓ Conscientizar e motivar os empregados. Divulgar para os empregados informações relativas ao uso racional de energia elétrica e aos resultados alcançados, em função das metas que foram estabelecidas. A melhor forma de despertar o interesse e o engajamento dos empregados é por meio da comunicação.
- ✓ Participar de aquisições em aquisições que envolvam o consumo de energia. É importante a participação da CICE na elaboração das especificações técnicas para projetos e na construção de bens e serviços que envolvam o consumo de energia elétrica assim como nas consequentes licitações.
- ✓ Designar agentes, representantes ou coordenadores para atividades relativas à conservação de energia.

Para melhorar a obtenção de resultados, primeiramente a CICE deverá adotar medidas administrativas eficazes, inclusive aquelas que levem a pequenas economias (desligar lâmpadas, monitores de vídeo, ar-condicionado), as quais somadas, podem representar significativa redução do consumo de energia elétrica. As ações de energia no primeiro

momento não exigem recursos financeiros para obtenção de resultados. São medidas administrativas ou de mudanças de hábitos. Somente após essa etapa, partir para as fases seguintes que demandem algum investimento. Também é possível realizar projetos na modalidade contrato de desempenho, em que os investimentos serão realizados por terceiros e serão pagos com a economia obtida com a implantação do projeto.

### **3.8.4 Relação entre Energia e Água**

No processo de melhoria da eficientização do sistema de água, as autoridades municipais de água deveriam visualizar os interligados e não de forma separada ou não relacionada. A energia é necessária para mover a água através dos sistemas de água municipais, tornando a água potável, e removendo os detritos. Cada litro de água que se move pelo sistema representa um significante custo de energia. As perdas de água nas formas de vazamento, furto, desperdício do consumidor e distribuição ineficiente afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. O desperdício de água regularmente leva ao desperdício de energia.

As atividades implementadas para economizar água e energia podem ter um maior impacto se planejadas de forma conjunta. Por exemplo, um programa de redução de vazamentos irá, isoladamente, economizar água e reduzir as perdas de pressão levando à economia de energia a partir da reduzida demanda do bombeamento. A simples substituição de uma bomba por uma mais eficiente economizará energia, de acordo com o percentual de eficiência melhorado. Se as duas ações são coordenadas através de um programa de eficientização de água e energia, a redução nas perdas de pressão devido a vazamentos irá permitir que bombas menores sejam adquiridas, o que de outra forma não seria possível, economizando assim energia e capital adicionais.

### **3.8.5 Eficiência energética em sistemas de bombeamento**

No ambiente altamente competitivo em que se encontram atualmente as empresas, a busca pelo uso racional de energia assume um caráter estratégico. A eliminação dos desperdícios, a redução das perdas e a racionalização técnica econômica dos fatores de produção tornaram-se elementos de grande relevância. Tanto os usuários como as concessionárias de energia elétrica têm consciência deste novo cenário e buscam alternativas

para alcançarem estes objetivos. Segundo esta perspectiva, um dos mais promissores campos para esta busca de maiores eficiências é o de sistemas de bombeamento, principalmente aqueles existentes nas companhias de saneamento.

Para o programa de Conservação de Energia Elétrica da Eletrobrás – PROCEL, o combate ao desperdício é uma fonte virtual de produção de energia elétrica. Isso que dizer que a energia não desperdiçada pode ser utilizada para mover outra carga, sendo, portanto a fonte de produção mais barata e mais limpa que existe, pois não agride ao meio ambiente. A conservação de energia pode também ser vista como um processo dentro das empresas, como o processo de produção, compras e outros. Como processo, a conservação de energia requer uma gestão: planejamento, execução, coletas de informação, diagnóstico, ações corretivas, registros e controles e uma melhoria contínua. É importante compreender esse conceito. Conservar e combater o desperdício significa melhorar a maneira de utilizar a energia, conciliando a melhor maneira de produzir com as menores perdas, sem abrir mão do conforto e as vantagens que ela proporciona. Significa otimizar a produção, diminuir o consumo de energia e de outros insumos, reduzindo custos, sem perder em momento algum, a eficiência e qualidade dos serviços.

Os motores elétricos representam, no país, o mais importante uso final da energia elétrica, representando cerca de 30% do consumo global. No setor industrial são responsáveis por aproximadamente 50% do consumo total de energia. Portanto, pode-se obter uma economia significativa se forem realizadas de maneira correta o dimensionamento, a operação e a manutenção desses equipamentos as recomendações a seguir devem ser observadas:

- ✓ Dimensionar corretamente a potência dos motores.
- ✓ Equilibrar a corrente elétrica nas três fases.
- ✓ Adotar sistemas de partida para motores acima de 7,5 CV.
- ✓ Instalar motores adequados ao ambiente e ao regime de trabalho.
- ✓ Evitar motores trabalhando a vazio.
- ✓ Ajustar condutores de energia e cabos à tensão e à corrente.
- ✓ Instalar sistema de proteção adequado.
- ✓ Verificar alinhamento de polias.
- ✓ Evitar deslizamento com diâmetro mínimo de polias.
- ✓ Executar balanceamento de polias e acoplamentos para evitar vibrações.
- ✓ Evitar rebobinamentos de motores antigos.
- ✓ Programar corretamente o número de partidas horas.
- ✓ Verificar os ruídos e as vibrações eliminando-os imediatamente.

- ✓ Efetuar periodicamente manutenções corretivas e preventivas.
- ✓ Evitar ligarem ao mesmo tempo motores de grande potência.

O sistema de bombeamento requer cuidados que devem ser observados tanto na concepção do projeto (definição do sistema), como na operação e na manutenção. Cuidados com o sistema de bombeamento:

- ✓ Eliminar vazamentos em todo sistema de fluídos conectados a bomba.
- ✓ Ajustar as bombas conforme as curvas de desempenho.
- ✓ Compatibilizar a potência do motor com a capacidade da bomba, evitando a subutilização do motor, que pode ocasionar um baixo fator de potência.
- ✓ Minimizar os acessórios da canalização, evitando válvulas de pé, curvas acentuadas, reduções e ampliações bruscas.
- ✓ Dimensionar corretamente o diâmetro das tubulações para evitar perdas de cargas ou pressão.
- ✓ Usar válvulas adequadas para o controle do fluxo de fluido, a fim de regular a vazão da bomba use acionamento elétrico (Inversor de freqüência) para controlar a velocidade do motor.
- ✓ Evitar entrada de ar na tubulação de sucção da bomba. Dependendo da forma como são instaladas as bombas, pode ocorrer altura demasiado de sucção, o que, além de diminuir o rendimento, provoca cavitação, reduzindo a vida útil do rotor da bomba. Para esse caso, minimizar a altura de sucção.
- ✓ Evitar instalar curvas de raio curto na tubulação.

Alguns fabricantes têm preocupação em desenvolver motores de alto rendimento. Assim como, estão preocupados em ajustar as cargas a um motor específico, lançaram as potências intermediárias que utilizam o motor no ponto mais favorável de rendimento e fator de potência. Outra preocupação é potência nominal disponível na ponta do seu eixo. A potência absorvida da rede pode ser obtida com a divisão da potência disponível pelo rendimento, permitindo comparar se o motor está tecnicamente correto. Economizar eletricidade significa obter o melhor resultado com o menor consumo possível. O que é bom para todos, pois garante energia para o futuro, preserva o meio ambiente e reduz despesas sem que haja prejuízo de qualidade ou conforto.

Dentre os diversos tipos de motores elétricos, o mais representativo no mercado brasileiro é o motor de indução trifásico, com uma participação de cerca de 75% no consumo total de energia elétrica em força motriz (GARCIA, 2003). Considerando ser cada vez mais indispensável no mundo moderno, a energia elétrica é, sem dúvida nenhuma, um dos mais

importantes elementos do desenvolvimento sócio-econômico de um país. Basicamente, a produção desta energia depende da exploração de recursos naturais com a realização de grandes investimentos para construção de usinas hidrelétricas. E quanto maior a necessidade de energia, maior o número de usinas instaladas. Estudos recentes, realizados pela Eletrobrás, demonstram que para cada 1,5 W de potência gerada, inunda-se em média 1 metro quadrado de terra. São áreas que deixam de ser aproveitadas para o plantio de alimentos, criação de animais ou conservação e manutenção de área verde. Considerando o desperdício de, aproximadamente 18% da energia elétrica produzida no país, a economia de energia está ganhando maior destaque. Visando a evitar problemas futuros no abastecimento, as geradoras e distribuidoras de energia em conjunto com o governo, procuram desenvolver programas de conservação de energia. O horário de verão é parte dessa política.

### **3.8.5.1 Motor elétrico padrão e motor elétrico de alto rendimento**

O motor elétrico é um conversor de energia elétrica em mecânica. Apesar de ser uma máquina eficiente, apresenta vários tipos de perdas, que, em geral se dividem em perdas fixas, se não dependem do carregamento e variáveis se dependerem do carregamento (GARCIA, 2003).

✓ **As perdas fixas são:**

**A) Perdas no ferro (núcleo):** são perdas devido à circulação do campo magnético, por histerese e correntes parasitas. Representam de 15 a 25% do total de perdas em operação nominal (GARCIA, 2003).

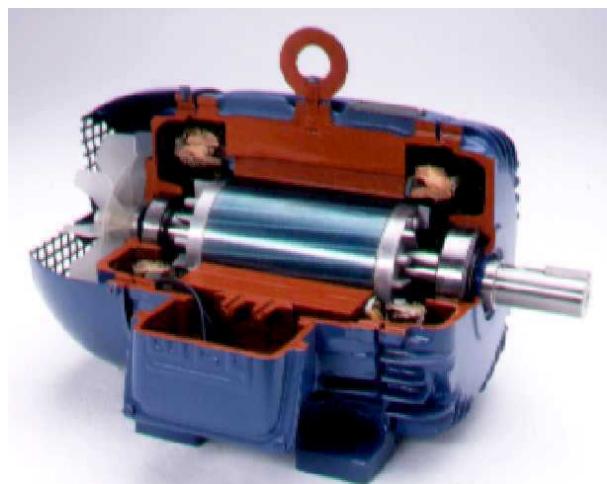
**B) Perdas mecânicas:** são perdas por atrito, nos mancais, e ventilação. Contribuem com 5 a 15% (GARCIA, 2003).

✓ **As perdas variáveis são:**

**C) Perdas no estator:** Devidas ao efeito Joule (Aquecimento do condutor devido a passagem de corrente: é igual a resistência do condutor vezes o quadrado da corrente), pela circulação de corrente no enrolamento do estator, significam a maior parcela de perda em condição nominal: 25 a 40%. Dependem da bitola do condutor e do comprimento das bobinas (GARCIA, 2003).

**D) Perdas no rotor:** Igualmente devidas ao efeito Joule nas barras e anéis do rotor, tem também uma contribuição significativa: 15 a 25%. Dependem do material (em geral alumínio para motores em baixa tensão), seção e comprimento das barras (GARCIA, 2003).

**E) Perdas suplementares:** São devidas a várias imperfeições na distribuição dos fluxos magnéticos e de corrente e geralmente medidas por subtração com relação as demais perdas. Podem ser reduzidas com um bom projeto do motor. Representam uma parcela menor nos motores de baixa tensão, 10 a 20% (GARCIA, 2003).



*Figura 3.14 – Motor elétrico trifásico em corte.*  
Fonte: <http://www.weg.net>

Motores são máquinas de elevada eficiência, em torno de 90%. No entanto, em algumas situações, esse número pode ser bem menor. Podem-se apontar cinco causas de operação em baixo rendimento:

#### A) Motor sobredimensionado:

Motores que operam com baixa carga, menores que 50%, consomem energia sem necessidade. A faixa ideal de operação vai de 75% a 100% de carregamento (GARCIA, 2003).

#### B) Motor rebobinado:

É um defeito comum em motores, talvez o mais popular, é a chamada “queima”, isto é, quando há perda de isolamento entre as espiras de uma mesma bobina, entre duas bobinas de diferentes fases, ou entre a bobina e o núcleo. Tecnicamente, diz-se que houve curto circuito entre espiras, entre fases ou fase-terra ou carcaça. Normalmente recupera o motor rebobinando-o. Se observar o rigor técnico neste procedimento, o motor pode retornar as

características originais. Algumas práticas, porém, podem afetar o seu desempenho. (BORTONI *et. al*, 1999) analisaram o desempenho de diversos motores, antes e depois do reparo, concluindo que a qualidade da oficina é fundamental na preservação do rendimento. Pode até haver aumento da eficiência, pela recuperação das condições, de limpeza, de atrito e ventilação.

#### **C) Instalação:**

Tratam-se aqui das condições de instalação do motor: fixação, alinhamento, temperatura, ambiente. Apesar de ser uma máquina robusta estas condições, infelizmente nem sempre adequadas afetam o seu desempenho.

#### **D) Alimentação elétrica:**

Representam aqui os principais problemas: desequilíbrio entre fases (desbalanceamento) e harmônicos. Desequilíbrios podem provir da rede da distribuidora de energia, ou da diferença de indutância dos cabos que alimentam o motor. Harmônicos, são distorções na forma senoidal da rede provocadas hoje, em sua maioria, por equipamentos eletrônicos que também geram perdas.

#### **E) Manutenção:**

Além das condições de instalação e alimentação elétrica, as condições de manutenção também influenciam no rendimento do motor embora seja difícil saber-se quanto.

Os motores elétricos existem há pouco mais de um século. Quando surgiram, eram grandes e pesados e custavam caro. Ao longo do tempo foi-se reduzindo o custo de fabricação, com menos ferro, menos cobre, além de melhores materiais e técnicas de construção. O resultado foi uma grande queda nos índices kg/kW e R\$/kW. (BORTONI *et. al* 2001).

A preocupação com eficiência energética levou os fabricantes a propor motores com maior custo de fabricação, mas com menor custo do ciclo de vida útil (custo de aquisição e custo de operação), os chamados motores de alto rendimento. Motores de alto rendimento são, portanto, motores com rendimento otimizado através de:

- ✓ **Chapas magnéticas de melhor qualidade:** Utilizando aço com maior teor de silício, que tem maior suscetibilidade, reduzindo perdas no ferro.
- ✓ **Maior volume de cobre:** Além de reduzir as perdas por efeito Joule no bobinado do estator, faz o motor trabalhar a temperatura mais baixa, aumentando sua vida útil.
- ✓ **Enrolamentos especiais:** reduzem as perdas no estator.
- ✓ **Núcleos do rotor e estator tratados termicamente:** reduz as perdas suplementares.

- ✓ **Desenho das ranhuras:** permitindo um maior enchimento, facilitando a dissipação de calor.
- ✓ **Maiores barras e anéis de curto circuito:** diminuem as perdas Joule no motor.
- ✓ **Melhor desenho de ventilação:** reduzindo as perdas por ventilação.
- ✓ **Redução de entre ferro:** melhor projeto do rotor, menos ovalizado, permitindo a redução do entre-ferro.

Com todas essas melhorias, é natural que o motor de alto rendimento custe mais caro (cerca de 20 a 30%). A sua utilização em lugar de um motor padrão (ou até mesmo a troca de um motor em operação), no entanto pode ser economicamente viável em função do custo de energia economizado ao longo da vida útil o custo de energia elétrica consumida por um motor elétrico chega a mais de 100 vezes o seu preço de aquisição (AMERICO e GARCIA, 2003).

Analisa-se a oportunidade do uso do motor elétrico de alto rendimento em duas situações principais: para um motor novo, a instalar, ou para substituir um motor já em operação. Na primeira hipótese é quase sempre viável economicamente usar o motor de alto rendimento, pois a diferença de investimento é apenas entre os custos dos dois motores. Pode não ser compensador em casos com baixíssima utilização do motor (por exemplo, uma bomba d'água que opere 1 ou 2 horas por dia) ou o baixo custo da energia (GARCIA, 2003)

Na segunda hipótese, o investimento a ser considerado é não somente o custo total do motor de alto rendimento, mas também o custo de colocá-lo em funcionamento: estudo, compra, frete, eventual adaptação da base e acoplamento, eventual mudança no circuito elétrico (relé térmico), mão-de-obra para troca e condicionamento. Neste caso é razoável dobrar o custo do motor (GARCIA, 2003).

Na primeira hipótese (motor novo), basta comparar o custo adicional de um motor de alto rendimento em relação ao motor padrão com a economia obtida ao longo da vida útil. Na segunda hipótese (troca de um motor em funcionamento), deve-se fazer uma análise mais apurada: estimar o carregamento do motor, estimar o funcionamento do motor, estimar o rendimento do motor, verificar o motor adequado para a substituição, calcular o carregamento do motor de alto rendimento, calcular o rendimento do motor de alto rendimento, calcular a redução de energia, estimar o investimento para a troca, verificar a viabilidade do investimento e verificar o melhor investimento (GARCIA, 2003).

### 3.8.5.2 A bomba hidráulica de fluxo.



**Figura 3.15 – Bomba Hidráulica de fluxo**

Fonte: <http://www.ksb.com.br>

São máquinas nas quais a movimentação do líquido é produzida por forças que se desenvolvem na massa líquida, em consequência da rotação de rotor com um certo número de pás especiais. A distinção entre os diversos tipos de bombas de fluxo é feita, fundamentalmente, em função da forma como o rotor cede energia ao líquido, bem como pela orientação do líquido ao passar pelo rotor (VIANA, et al 2001).

Bombas hidráulicas são máquinas de fluxo, cuja função é fornecer energia para a água, a fim de recalcá-la (elevá-la), por meio da conversão de energia mecânica de seu rotor proveniente de um motor a combustão ou de um motor elétrico. Desta forma, as bombas hidráulicas são tidas como máquinas hidráulicas geradoras.

As bombas hidráulicas de fluxo podem se classificar:

✓ **Quanto à trajetória do fluído.**

A) Bombas radiais ou centrífugas: São aquelas em que o formato do rotor impõe um escoamento predominantemente segundo planos perpendiculares ao eixo (VIANA et al, 2001); sua característica básica é trabalhar com pequenas vazões a grandes alturas, com predominância de força centrífuga; são as mais utilizadas atualmente.

B) Bombas axiais: São aquelas em que o formato do rotor impõe um escoamento predominantemente na direção paralela ao eixo (VIANA *et al*, 2001), trabalha com grandes vazões e pequenas alturas.

C) Bombas diagonais ou fluxo misto: São aquelas em que o formato do rotor impõe um escoamento simultaneamente nas direções axial e perpendicular ao eixo (VIANA *et al*, 2001); caracterizam-se pelo recalque de médias vazões a médias alturas, sendo um tipo combinado das duas anteriores.

✓ **Quanto ao posicionamento do eixo:**

A) Bomba de eixo vertical: utilizada em poços subterrâneos profundos.

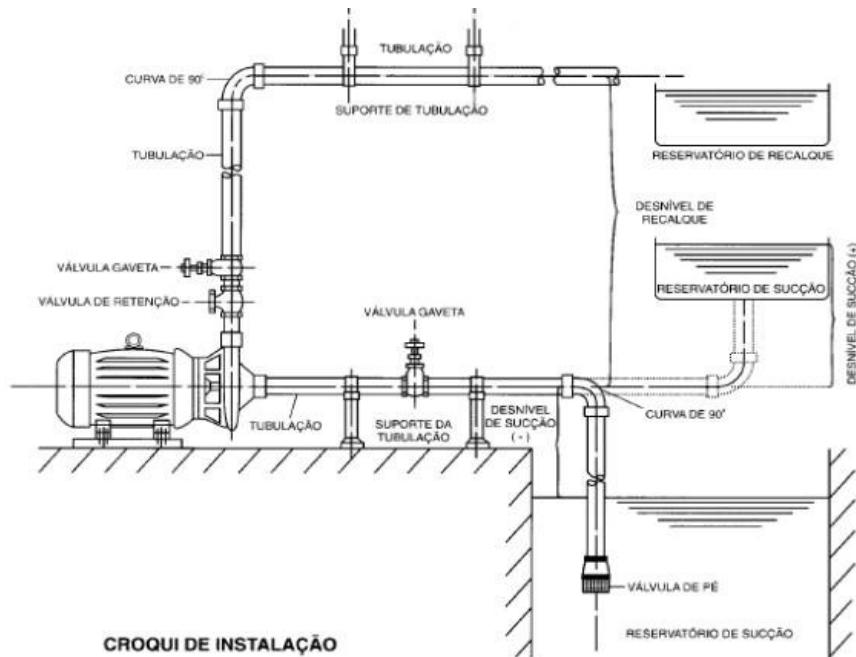
B) Bomba de eixo horizontal: é o tipo construtivo mais usado.

✓ **Quanto à posição do eixo da bomba em relação ao nível da água.**

A) Bomba de sucção negativa: quando o eixo da bomba situa-se acima do nível do reservatório.

B) Bomba de sucção positiva (“afogada”): quando o eixo da bomba situa-se abaixo do nível do reservatório.

### 3.8.5.3 A instalação hidráulica



*Figura 3.16 – Croqui instalação estação bombeamento.*

*Fonte:Catálogo KSB bombas S.A.*

✓ **Vazão, perdas de carga e altura manométrica.**

A vazão é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987) - NBR-10131, como sendo o volume de líquido bombeado em um segundo, excluindo a fuga pelas vedações e tubulações de equilíbrio de empuxo axial (quando houver). A vazão nominal da bomba é definida como sendo aquela para qual a bomba é especificada. Entende-se, nessa especificação, a vazão para o rendimento máximo. No sistema internacional, a vazão é dada em m<sup>3</sup>/s (VIANA *et al*, 2001).

A altura manométrica da instalação é definida como sendo a altura geométrica da instalação mais as perdas de carga ao longo da trajetória do fluxo. Altura geométrica é a soma das alturas de sucção e recalque. Fisicamente, é a quantidade de energia hidráulica que a bomba deverá fornecer á água, para que a mesma seja recalcada a certa altura, vencendo, inclusive, as perdas de carga.

A altura manométrica é descrita pela equação (3.2):

$$\mathbf{H_m = H_g + H_f} \quad (3.2)$$

Onde:

$H_m$  = altura manométrica total da instalação (m)

$H_g$  = altura geométrica (m)

$H_f$  = perda de carga (m)

As perdas de cargas referem-se à energia perdida pela água no seu deslocamento por alguma tubulação. Essa perda de carga é provocada por atrito entre a água e as paredes da tubulação, devido à rugosidade da mesma. Portanto, ao projetar uma estação de bombeamento, deve-se considerar essa perda de energia.

**São classificadas em 2 tipos:**

✓ **Perdas de carga contínuas:**

São aquelas relativas às perdas ao longo da tubulação, sendo função do diâmetro, material e comprimento.

✓ **Perdas de cargas localizadas:**

São aquelas proporcionadas por elementos que compõem a tubulação, como conexões registros e válvulas. Portanto, são perdas de energia observadas em peças como, curvas, registros, válvulas, luvas, reduções e ampliações. Elas ocorrem devido ao atrito entre as

partículas do fluído com as paredes do tubo e mesmo devido ao atrito entre essas partículas, é uma perda de energia ou pressão entre dois pontos de um tubo.

Para o cálculo da perda de carga total, normalmente trabalha-se com o método dos comprimentos equivalentes, ou seja, por meio do cálculo ou tabela convertendo, a perda localizada em perda de carga equivalente a um determinado comprimento da tubulação.

Define-se a perda de carga como sendo a equação (3.3):

$$Hf^{1-2} = J \cdot Le \quad (3.3)$$

Onde:

$Hf^{1-2}$  = Perda de carga entre os pontos 1 e 2 de uma instalação [m]

$J$  = Perda de carga unitária [m/m]

$Le$  = Comprimento equivalente da tubulação [m]

Existem vários métodos ou fórmulas para o cálculo da perda de carga unitária; pode-se citar a fórmula de Flamant (1892), a fórmula de Fair – Whipple – Hsiao (1930), de Hazen-Willians e de Darcy Weisback que são as mais utilizadas no meio industrial e no saneamento ambiental.

A fórmula de Hazen-Willians, é válida para diâmetros acima de 50 [mm], por meio da equação (3.4):

$$J = Hp/L = 10,643 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \quad (3.4)$$

Onde:

$J$  = perda de carga distribuída em relação ao comprimento do tubo [m/m]

$Hp$  = perda de carga distribuída [m]

$L$  = comprimento do trecho reto do tubo [m]

$Q$  = Vazão [ $m^3/s$ ]

$C$  = Constante adimensional de Hazen-Williams (Tabela)

$D$  = diâmetro interno da tubulação [m]

A alternativa mais simples para o cálculo da perda de carga, é o uso de alguma fórmula empírica como a de Hazen-Williams. Alguns especialistas contemporâneos sugerem o seu abandono, alegando que os métodos computacionais estão disseminados e, portanto, não mais se justifica o uso. Mas é simples e por isso é aqui apresentada, lembrando que é uma

fórmula aproximada e válida somente para instalações comuns de água. O método mais preciso de cálculo da perda de carga unitária é dado pela equação de Darcy Weisback, aplicada para diâmetros superiores a 50 [mm] e é válida para fluidos incompreensíveis. È recomendada pela Norma Brasileira (ABNT – NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público), sendo também muito utilizada na Europa.

$$H_p = f \cdot L/D \cdot v^2/2g \quad (3.5)$$

$H_p$  = perda de carga distribuída [m]

$f$  = coeficiente de atrito [adimensional]

$L$  = comprimento da tubulação [m]

$D$  = diâmetro da tubulação [m]

$v$  = velocidade média do líquido [m/s]

$g$  = aceleração da gravidade [ $m/s^2$ ]

**Tabela 3.5 - Rugosidade das paredes dos tubos**

MATERIAL	$\epsilon$ [m] – TUBOS NOVOS	$\epsilon$ [m] – TUBOS VELHOS
Aço galvanizado	0,00015 – 0,00020	0,0046
Aço rebitado	0,0010 – 0,0030	0,0060
Aço revestido	0,0004	0,0005 – 0,0012
Aço soldado	0,00004 – 0,00006	0,0024
Chumbo	lisos	lisos
Cimento amianto	0,000013	-
Cobre ou latão	lisos	lisos
Concreto bem acabado	0,0003 – 0,0010	-
Concreto ordinário	0,0010 – 0,0020	-
Ferro forjado	0,00004 – 0,00006	0,0024
Ferro fundido	0,00025 – 0,00050	0,0030 – 0,0050
Madeira com aduelas	0,0002 – 0,0010	-
Manilhas cerâmicas	0,0006	0,0030
Vidro	lisos	lisos
Plástico	lisos	lisos

**Fonte:** Disseminação de Informações em eficiência energética – Manual Procel/Eletrobrás.

A velocidade do escoamento pode ser obtida da equação da continuidade  $\mathbf{Q} = \mathbf{S}$ , onde  $Q$  é a vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$  e  $S$  é a área da seção transversal interna do tubo em  $\text{m}^2$ . A determinação do coeficiente de atrito  $f$  é mais complexa. Ele depende de dois fatores:

a) do **número de Reynolds Re** do escoamento, que é dado conforme equação (3.6):

$$\mathbf{Re} = v \cdot D / \nu \quad (3.6)$$

Onde:

$\nu$  = viscosidade cinemática do fluído [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$D$  = diâmetro interno da tubulação [m]

$V$  = velocidade média do escoamento [ $\text{m/s}$ ]

Se  $Re < 2000$  o escoamento é dito **laminar**. Se  $Re > 4000$  o escoamento é dito **turbulento**. Entre os dois valores existe uma zona de transição, para a qual não há fórmula precisa. Na maioria dos casos práticos, os escoamentos são turbulentos.

b) do diâmetro e rugosidade das paredes da tubulação.

Para determinar o coeficiente de atrito, que é um coeficiente sem dimensões, do qual é função do Número de Reynolds e da rugosidade relativa. Usa-se a seguinte expressão:

$$\epsilon/D \quad (3.7)$$

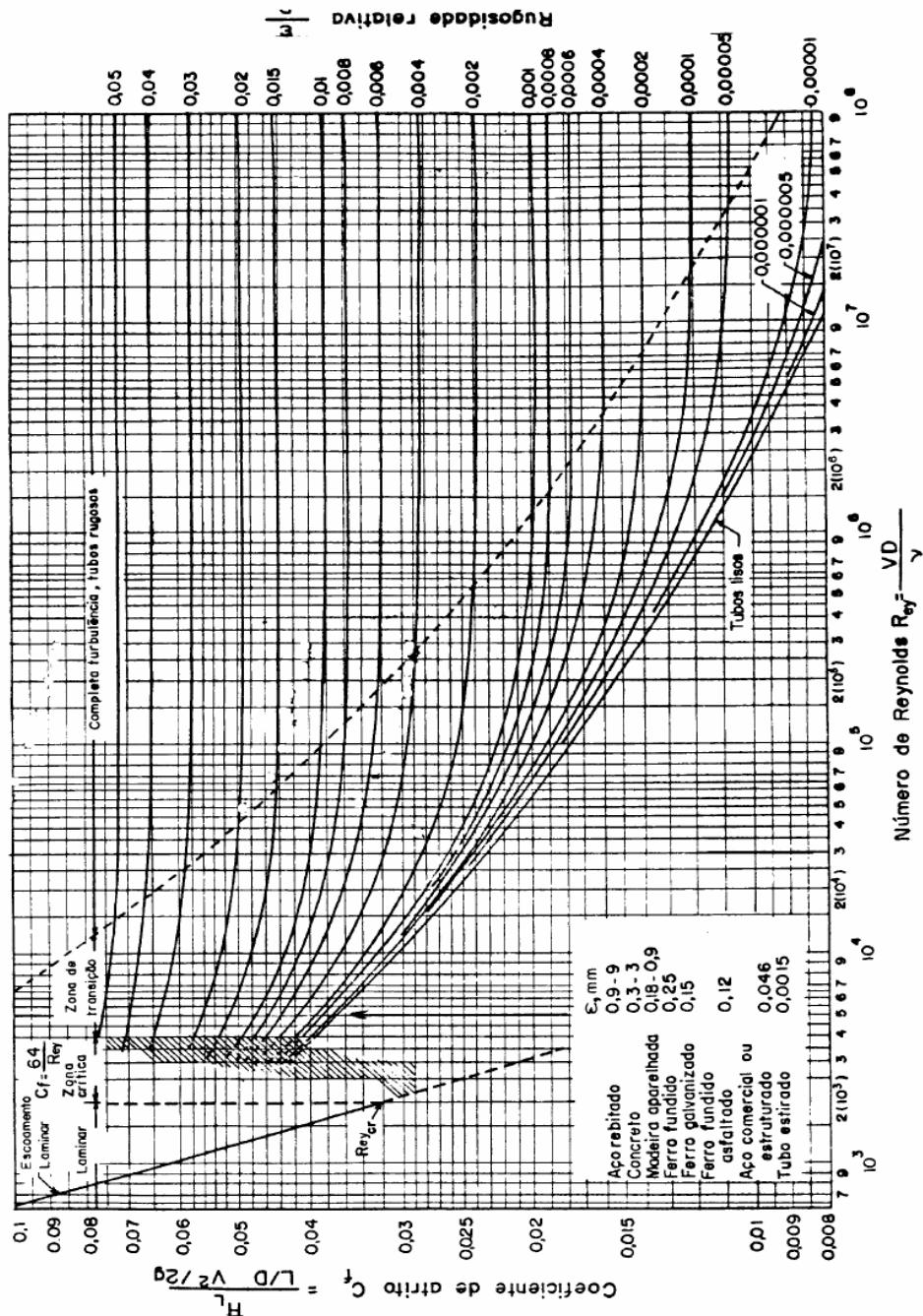
Onde:

$\epsilon$  = rugosidade da parede do tubo [m]

$D$  = diâmetro do tubo [m]

Quando se vai determinar o fator de atrito  $f$  por Moody:

- 1º) Determina-se a velocidade média do escoamento.
- 2º) Determina-se o número de Reynolds.
- 3º) Determina-se a rugosidade relativa.
- 4º) Determina-se o fator de atrito.



*Figura 3.16 – Diagrama de Moody*

*Fonte: Disseminação de Informações em eficiência energética – Manual Procel/Eletrobrás.*

Para as perdas de cargas localizadas usa-se a expressão geral porque de modo geral todas as perdas de carga podem ser expressas de acordo com a expressão (3.8):

$$H_p = K \cdot v^2/2g \quad (3.8)$$

Sendo:

$H_p$  = perda de carga localizada [m]

$K$  = coeficiente obtido experimentalmente (tabelado)

$v$  = velocidade média do líquido obtida na entrada da singularidade [m/s]

**Tabela 3.6 – Valores de  $K$**

Peças que ocasionam a perda	$K$
Ampliação gradual	0,30
Bocais	2,75
Comporta aberta	2,50
Controlador de vazão	2,50
Cotovelo de 90°	0,90
Cotovelo de 45°	0,75
Crivo	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva 22,5°	0,10
Entrada normal de canalização	0,50
Entrada de borda	1,00
Pequena derivação	0,03
Junção	0,40
Medidor Venturi	2,50
Redução gradual	0,15
Registro de ângulo aberto	5,00
Registro de gaveta aberto	0,20
Registro de globo aberto	10,0
Te, passagem direta	0,60
Te, passagem de lado	1,30
Te, saída de lado	1,30
Te, saída bilateral	1,80
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,50
Velocidade	1,00

**Fonte:** Disseminação de Informações em eficiência energética – Manual Procel/Eletrobrás.

Com relação a perda de carga o diâmetro interno real da canalização tem uma influência considerável. Para uma dada vazão (caso geral), cada 1% a menos no diâmetro, corresponde a 5% a mais nas perdas de carga. Para uma determinada carga (condução por gravidade), cada 1% a menos no diâmetro, corresponde a 2,5% a menos de vazão obtida (Saint-Gobain Canalizações, 2008).

✓ **Cavitação.**

Cavitação é um fenômeno semelhante à ebulação, que pode ocorrer na água durante o processo de bombeamento, provocando estragos, principalmente no rotor e palhetas e é identificado por ruídos e vibrações.

### **3.8.5.4 Automação para melhoria da eficiência**

As empresas de saneamento básico estão adotando a estratégia de implantação da automação dos sistemas de água, esgoto e telemetria, visando à otimização de mão de obra, aumento da qualidade do produto final, otimização do consumo de produtos químicos, controle de vazamentos, reduções dos custos com manutenção de equipamentos e redução no consumo de energia elétrica.

A eficiência de um sistema de bombeamento começa pelo tipo de controle operacional selecionado para as operações de liga/desliga das elevatórias.

Qualquer que seja a alternativa tecnológica selecionada, a recomendação é buscar sempre o ponto de operação ideal do equipamento, procurar fazer com que a bomba trabalhe o mais próximo possível do seu ponto de melhor rendimento, sem permitir extravasamento no reservatório nem seu esvaziamento total.

## **4. EQUACIONAMENTO – ESTUDO DE CASO I E CASO II**

### **4.1 Introdução**

Neste capítulo são analisados as ações que envolvem o controle, combate e redução de perdas de água com o objetivo de mitigar perdas e também o outro foco desse trabalho que é a eficiência energética. Esta última pode ser obtida com a diminuição de perdas, mas também com melhorias tecnológicas e redimensionamento de equipamentos. Neste estudo de caso, são apresentados exemplos de quão complexo é o saneamento quando se propõe a trabalhar com eficiência energética.

### **4.2 Estudo de Caso I – Perdas de Água e Energia na cidade de Lavras MG – COPASA**

#### **4.2.1 O município de Lavras**

A história do Arraial de Sant'Anna das Lavras do Funil teve início na primeira metade do século XVIII, quando bandeirantes paulistas desbravaram o interior de Minas em busca de ouro. A escassez do metal, no entanto, fez com que a agricultura e a pecuária despontassem como as principais atividades da região. Passando à condição de vila, em 1831, o povoado não parou de crescer. Impulsionado pela agricultura e pecuária, o município obteve sua emancipação política em 1868, despontando como um dos mais importantes, vindo a se consolidar como uma das principais cidades de Minas Gerais (IBGE, 2008).

Localiza-se a uma latitude 21° 14' 43 sul e uma longitude 44° 59' 59 oeste, estando a uma altitude de 919 metros e possuindo uma área de 566,495 km<sup>2</sup>. Sua população urbana em 2007 era de 87.421 habitantes, sua densidade demográfica é de 154,4 hab/km<sup>2</sup>. PIB (IBGE – 2003) R\$ 1.567.206.810,00, PIB per capita R\$ 14.454,82 (IBGE, 2008).

O Cultivo de café, a criação de gado leiteiro e os setores têxtil, metalúrgico e agroindustrial aparecem como principais atividades econômicas. A produção agropecuária se destaca especialmente pelo café e pelo gado leiteiro, apesar de ali constarem diversas culturas agrícolas (IBGE, 2008).

O setor industrial se encontra em franco desenvolvimento, graças às condições favoráveis de que a cidade dispõe. Os setores têxtil, agroindustrial e metalúrgico são os principais ramos industriais de Lavras. O Distrito Industrial 1, com 561.000 m<sup>2</sup>, encontra-se quase totalmente ocupado; o Distrito Industrial 2 encontra-se em fase de instalação de infra-estrutura. São 96.000 m<sup>2</sup> destinados a atender aos pedidos de terrenos já cadastrados. Está sendo adquirido pela prefeitura uma área de 3.000.000 m<sup>2</sup>, às margens da rodovia Fernão Dias, para implantação do Distrito Industrial 3 (IBGE, 2008).



*Figura 4.1 – Vista parcial de Lavras*  
*Fonte: Arquivo fotográfico da Copasa de Lavras*

A cidade, como polo regional, possui um comércio bastante ativo e diversificado, com 644 estabelecimentos cadastrados pela Associação Comercial e Industrial.

Localizada a 240 quilômetros de Belo Horizonte, região dos campos das vertentes, no Sul de Minas. De acordo com dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a cidade destaca-se pelo elevado índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que registrou a marca de 0,835 em pesquisa realizada em 2001 (IBGE, 2008).

#### **4.2.2 O sistema de abastecimento de água de Lavras**

O sistema de abastecimento de água de Lavras é constituído, por três sistemas produtores: Sistema produtor do Ribeirão Água Limpa – EAB001 Água Limpa com uma vazão de operação média de 100 l/s – 360 m<sup>3</sup>/h, Sistema produtor do Ribeirão Santa Cruz –

EAB002 Santa Cruz e EAB003 Aeroporto com uma vazão de operação média de 70 l/s – 252 m<sup>3</sup>/h, Sistema produtor do Rio Grande – EAB004 Rio Grande com uma vazão média de 128 l/s – 460.8 m<sup>3</sup>/h. Os sistemas produtores de Lavras recalcam (Bombeiam) uma vazão média de 298 l/s – 1072,8 m<sup>3</sup>/h para uma Estação de Tratamento de Água (ETA), de concreto armado do tipo convencional localizada na parte alta da cidade. Esta ETA trata a água e distribui por gravidade parte da vazão e outra parte da vazão é bombeada para 03 reservatórios localizados também na parte mais alta da cidade.



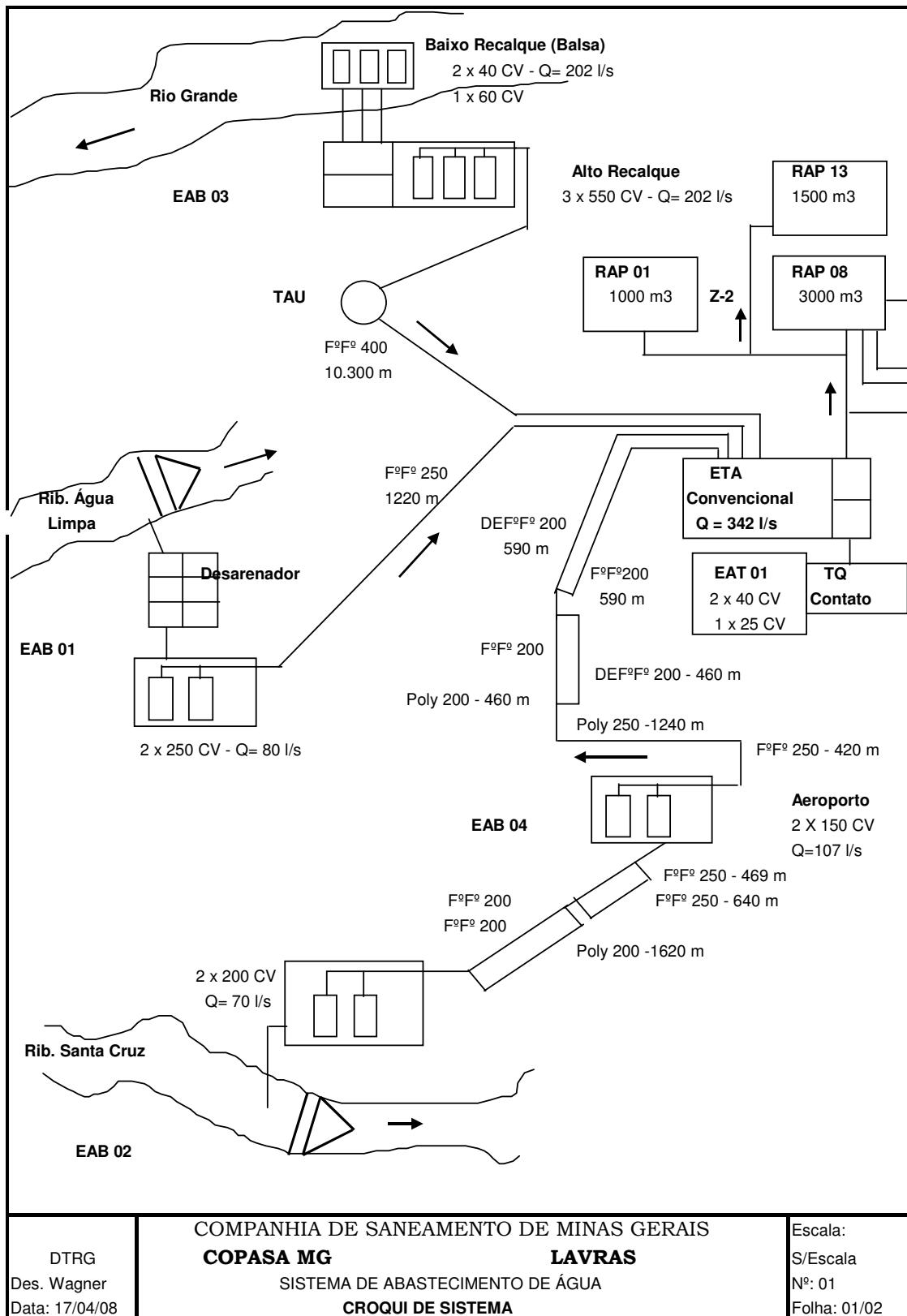
*Figura 4.2 – ETA (Estação de Tratamento de Água) de Lavras  
Fonte: Arquivo fotográfico da Copasa de Lavras*

A água passa por um tratamento convencional (flocação, decantação, filtração e desinfecção), e sofre um rigoroso controle de qualidade. O sistema de Lavras atende a uma população urbana de 97.786 habitantes com serviços de água e uma população de 91078 habitantes com serviços de esgoto. Possui 28291 ligações de água ativa e 34.665 economias também de água. Nos serviços de esgotamento sanitário a Copasa em Lavras possui 26414 ligações de esgoto ativa e 32380 economias de esgoto. A extensão da rede de distribuição de água soma 371.402 metros e de esgoto 253.342 metros. A capacidade de reserva é 7560 m<sup>3</sup>, 7.560.000 litros de água. Nos serviços de esgotamento sanitário o sistema é dotado de 03 ETEs (Estação de Tratamento de Esgoto): ETE Água Limpa, ETE Ribeirão Vermelho e ETE Vista Alegre.

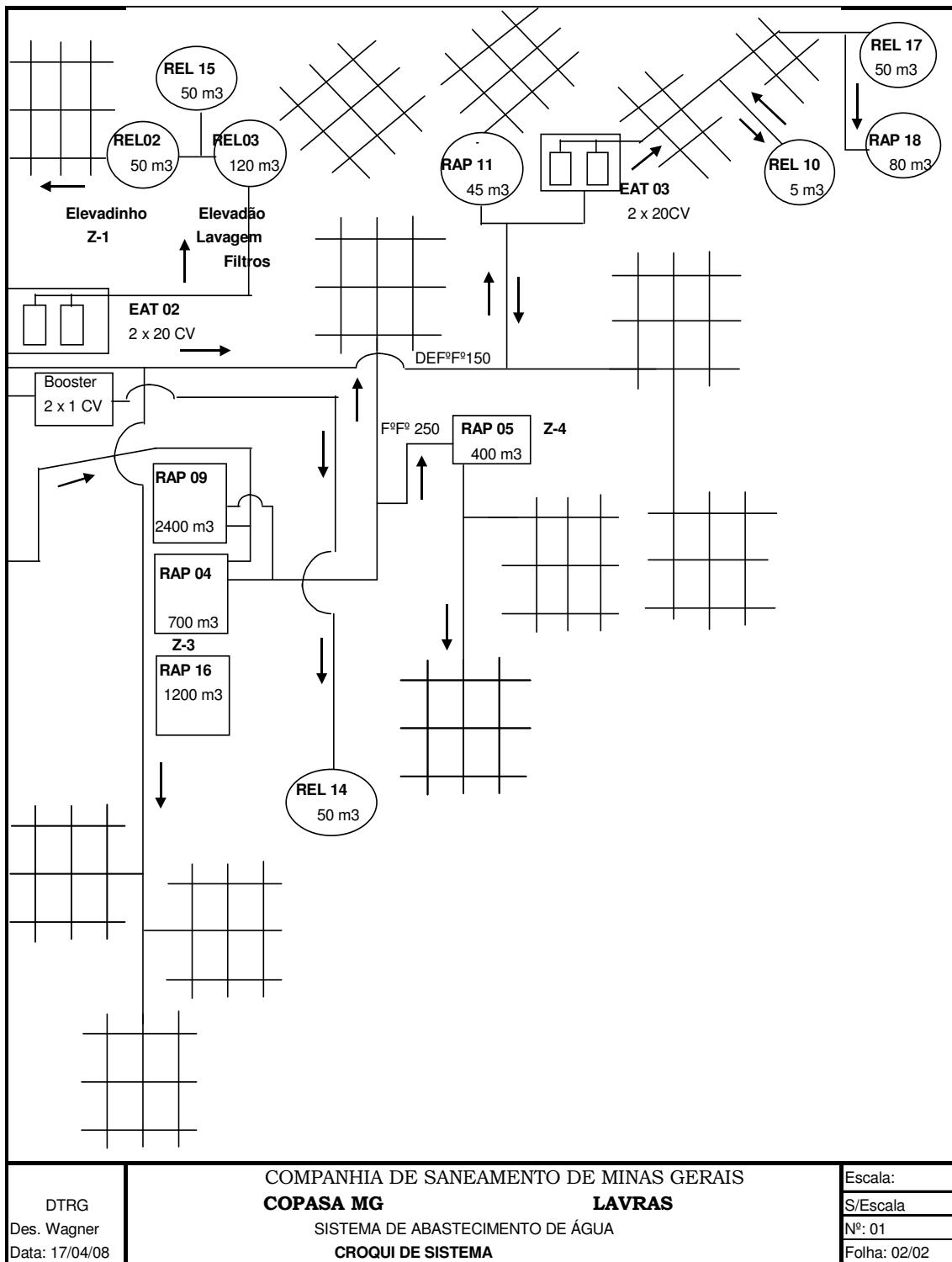
*Tabela 4.1 – Dados cadastrais do sistema do sistema de Lavras.*

COPASA	DADOS CADASTRAIS DO SISTEMA			DPSL/DTRG
	LAVRAS			5/6/2008
Unidade	NOME	TIPO	CAPAC. (l/s)	OBS.
MANANCIAL	RIBEIRÃO STA CRUZ	S	65	
	RIBEIRÃO AGUA LIMPA	S	80	
	RIO GRANDE	S	160	
CAPTAÇÃO	EAB02 - STA CRUZ - Barragem de Nível	S	85	
	EAB03 - AEROPORTO	S	85	
	EAB01 - AGUA LIMPA - Barragem de Nível	S	105	
	EAB04 - Rio Grande/Baixo Recalque - Balsa	S	211,5	
	EAB05 - Rio Grande/Alto Recalque	S	202	
ADUÇÃO	AAB01 - A. LIMPA - F°Fº DN 250 1220 M	R	105	
	AAB02 - STA CRUZ - F°Fº DN 200 1050 M	R	85	
	DE FoFo DN 200 - 2670 M			
	POLY DN 200 - 2080 M			
	POLY DN 250 - 1240 M			
	F°Fº DN 250 - 1529 M			
	AAB03 - Rio Grande/Baixo Recalque-67M	R	211,5	
	Mangote Borracha/250 mm/F°Fº DN 400			
	AAB03 - Rio Grande/Alto Recalque - F°Fº	R	202	
	DN 400 - 10060 M			
EAT	EAT01 - ETA	R		
	EAT02 - AO LADO DO R8	R		
	EAT03 - COHAB	R		
TRATAMENTO	ETA - PADRÃO COPASA	CV	242	
RESERVAÇÃO	RES 01 - RETANGULAR	APOIADO	900 M3	
	RES 02 - CIRCULAR	ELEVADO	50 M3	
	RES 03 - CIRCULAR	ELEVADO	120 M3	Lavagem Filtros
	RES 04 - RETANGULAR	APOIADO	520 M3	
	RES 05 - RETANGULAR	SEMI-ENTERRADO	350 M3	
	RES 06 - CIRCULAR	APOIADO	35 M3	Desativado
	RES 07 - CIRCULAR	APOIADO	35 M3	Desativado
	RES 08 - RETANGULAR	SEMI-ENTERRADO	3000 M3	
	RES 09 - RETANGULAR	APOIADO	2400 M3	
	RES 10 - CIRCULAR	ELEVADO	5 M3	
	RES 11 - CIRCULAR	APOIADO	45 M3	
	RES 12 - CIRCULAR	ELEVADO	25 M3	Desativado
	RES 13 - RETANGULAR	APOIADO	1500 M3	Em construção
	RES 14 - CIRCULAR	ELEVADO	50 M3	
	RES 15 - CIRCULAR	ELEVADO	50 M3	
	RES 16 - RETANGULAR	APOIADO	1200 M3	Em construção
	RES 17 - CIRCULAR	ELEVADO	50 M3	S Interligação
	RES 18 - RETANGULAR	APOIADO	80 M3	Em construção

NÚMERO DE ECONOMIAS POR RESERVAÇÃO					mar/08
RESERVAÇÃO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	PUBLICO	TOTAL
10200m3	29.497	3.304	279	327	33.407
Total					
(Sem Desativados e LF)					
7500 m3					
Útil					
(Sem Assinalado Verde)					
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>29497</b>	<b>3304</b>	<b>279</b>	<b>327</b>	<b>33407</b>



*Figura 4.3 – Esquema hidráulico do Sistema de Lavras*  
*Fonte: Arquivo Técnico da Copasa de Lavras*



*Figura 4.4 – Esquema hidráulico do Sistema de Lavras.*

*Fonte: Arquivo Técnico da Copasa de Lavras*

## 4.3 Fontes de produção do sistema de Lavras

### 4.3.1 Sistema produtor do Ribeirão Água Limpa - EAB001 Água Limpa



*Figura 4.5 – Subestação elétrica e Casa de Bombas EAB001 Água Limpa*  
Fonte:Arquivo fotográfico da Copasa de Lavras.

A EAB001 Água Limpa localiza-se no Ribeirão Água Limpa, às margens da Rodovia BR 265, próximo ao trevo que dá acesso à Rodoviária de Lavras, e é o segundo manancial em volume de vazão do Sistema de Abastecimento de Água de Lavras.

A EAB001 está operando desde 1973, possui uma vazão média de 100 l/s (360 m<sup>3</sup>/hora), funciona em média 21 horas por dia, possui um consumo específico médio de 0,67 kWh/m<sup>3</sup>/mês, e é a unidade mais eficiente do sistema de abastecimento de Lavras do ponto de vista energético. A razão pela qual o sistema possui o consumo específico baixo é porque ela se localiza bem próximo a ETA de Lavras, fazendo com que a perda de carga da tubulação seja baixa. A EAB001 tem como seu problema operacional principal a queda de vazão durante os meses de estiagem (Período seco) que no Sudeste do Brasil coincide com os meses de maio a outubro. Durante esse período, com a ausência de precipitação, o nível do

manancial baixar muito, a vazão é reduzida para 70 l/s (252 m<sup>3</sup>/hora), fim de atender a legislação quanto ao volume autorgado pelo IGAM para exploração.

A tabela 4.1 traz volume produzido e consumo de energia elétrica no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 em que foram analisados e retirados os dados para estudo do consumo específico da EAB001 Água Limpa com uma média no período de 12 meses de 0,67 kWh/m<sup>3</sup> mês, inferior até a média do consumo específico da própria Copasa que no mesmo período apresentou consumo específico de 0,83 kWh/m<sup>3</sup> (IBO/IBG - 08/2008, Copasa).

**Tabela 4.2 - Consumo específico energia elétrica EAB001 Água Limpa – Lavras.**

Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada. EEB001 Água Limpa			
Mês/ano	Consumo kWh/Mês	Volume M <sup>3</sup> /Mês	Consumo específico kWh/m <sup>3</sup> /Mês
Set/07	108.480	138.550	0,78
Out/07	78.720	152.771	0,51
Nov/07	98.400	160.600	0,61
Dez/07	95.040	145.671	0,65
Jan/08	111.840	183.985	0,60
Fev/08	104.640	172.496	0,60
Mar/08	117.120	153.509	0,76
Abr/08	125.760	148.992	0,84
Mai/08	109.920	156.221	0,70
Jun/08	104.640	187.746	0,55
Jul/08	102.240	144.902	0,70
Ago/08	120.480	156.330	0,77
Total	1.277.280	1.901.773	8,07
Média	106.440	158.481	0,67

*Fonte: Faturas da Cemig e IBO/IBG da Copasa*

Fazendo uma comparação com uma amostragem um pouco maior o consumo específico da unidade é melhor até mesmo que a média dos Prestadores de Serviço de Abrangência Regional (Empresas de Saneamento Estaduais) do SNIS que é de 0,77 kWh/m<sup>3</sup> (SNIS, 2006).

#### 4.3.2 Sistema produtor do Ribeirão Santa Cruz - EAB002 Santa Cruz



*Figura 4.6 – Casa de Bomba EAB002 Santa Cruz  
Fonte:Arquivo fotográfico da Copasa de Lavras*

A terceira fonte de produção do Sistema de Abastecimento de Água de Lavras é a EAB002 Santa Cruz, que possui uma elevatória intermediária denominada EAB003 Aeroporto. Também estas duas unidades estão em operação desde 1973, e até o ano de 1995 juntamente com a EAB001 Água Limpa, eram as unidades responsáveis pelo abastecimento de Lavras. Com o crescimento da cidade, e a queda de vazão durante as estiagens a Copasa construiu a EAB004 Rio Grande nas margens do Rio Grande a aproximadamente 10,5 KM da sede do município com objetivo de dar mais confiabilidade ao sistema. Do ponto de vista energético o sistema produtor do Ribeirão Santa Cruz é o menos eficiente de Lavras com um consumo específico médio de 1,31 kWh/m<sup>3</sup>/mês.

Esta unidade tem vários problemas como, por exemplo, perda de carga elevada na tubulação causada pela idade dos tubos de ferro fundido (tubulação com 36 anos de uso), e pela seção subdimensionada em relação à vazão bombeada. O sistema produtor conta ainda com uma elevatória intermediária para suprir a elevada perda de carga. Dos três sistemas produtores de Lavras, o sistema produtor do Ribeirão Santa Cruz é o que tem o consumo específico mais elevado 1,31 kWh/m<sup>3</sup>/mês, contra 0,67 kWh/m<sup>3</sup>/mês do Sistema produtor do Ribeirão Água Limpa e 1,09 kWh/m<sup>3</sup>/mês do Sistema produtor do Rio Grande. Foram

identificados os seguintes problemas técnicos na unidade: Tubulação antiga com excesso de tubérculos no revestimento interno causando perda de carga e diâmetro sub dimensionado para a vazão atual. Visando corrigir o problema a Copasa de Lavras está instalando uma tubulação nova com revestimento de cimento para baixar o coeficiente de atrito em paralelo com a tubulação antiga e diâmetro devidamente dimensionado para a vazão.

**Tabela 4.3 – Consumo específico energia EAB002 Santa Cruz e Aeroporto - Lavras**

Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada. Sistema produtor Santa Cruz - EAB002 - Santa Cruz e EAB003 - Aeroporto.			
Mês/ano	Consumo kWh/Mês	Volume M <sup>3</sup> /Mês	Consumo específico kWh/m <sup>3</sup> /Mês
Set/07	156.234	103.257	1,51
Out/07	117.952	102.832	1,14
Nov/07	110.704	81.389	1,36
Dez/07	122.446	77.098	1,58
Jan/08	119.258	63.122	1,88
Fev/08	105.036	73.663	1,42
Mar/08	99.034	84.700	1,16
Abr/08	100.088	89.456	1,11
Mai/08	111.840	91.280	1,22
Jun/08	115.960	92.022	1,26
Jul/08	110.320	105.315	1,04
Ago/08	115.920	88.093	1,31
Total	1.384.792	1.052.227	15,99
Média	115.399	87.686	1,31

**Fonte:** Faturas da Cemig e IBO/IBG da Copasa

Com isso haverá uma redução da potência instalada em função da diminuição da perda de carga de 200 para 125 CV. Esta ação melhorará o consumo específico de energia de 1,31 kWh/m<sup>3</sup>/mês para 1 kWh/m<sup>3</sup>/mês resultando em uma economia anual de 296.741 kWh, aproximadamente um quarto do consumo total anual atual.

Outros estudos estão sendo realizados, visando a desativar também a elevatória intermediária, para isso será necessário investimento maior para substituir ou duplicar a

adutora de água bruta localizada a montante da elevatória intermediária do Aeroporto. Nos cálculos preliminares será possível reduzir a potência instalada total do sistema produtor que atualmente é de 350 cv para 200 cv com um potencial de economia de aproximadamente 49680 kWh/mês ou 596160 kWh/ano.



**Figura 4.7 – Implantação Adutora Água Bruta EAB002 Santa Cruz**  
**Fonte:Arquivo fotográfico Copasa de lavras.**

Parte do projeto da melhoria da eficiência energética do sistema produtor do Ribeirão Santa Cruz já está em andamento como a diminuição da perda de carga através da duplicação da Adutora de Água Bruta (AÁB). Somente esta ação permitirá baixar a altura manométrica total da instalação de 125 mca para 85 mca (Metros de coluna de água) e um acréscimo de vazão de 70 para 85 l/s ( $306 \text{ m}^3/\text{h}$ ), com o conjunto moto-bomba funcionando no mesmo ponto de operação. A próxima etapa será a troca dos conjuntos moto-bomba que serão trocados por equipamentos de alto rendimento, buscando melhorar ainda mais a performance da unidade.

#### 4.3.3 Sistema produtor Rio Grande - EAB004 Rio Grande

A EEAB Rio Grande está localizada na margem esquerda do Rio Grande no Bairro Niterói, próxima a ponte rodoviária de Ribeirão Vermelho. Possui duas estações elevatórias de água bruta sendo o baixo recalque e o alto recalque. A casa de máquinas do Alto Recalque abriga um quadro de comando para motores dotado de vários módulos, usado para acionar os conjuntos do Alto Recalque o sistema de partida de chave compensadora, e contatores a vácuo, circuito de força na tensão de 4,16 KV e circuito de comando na tensão de 220 v. Abriga também o quadro de comando do Baixo recalque que tem o circuito de força na tensão de 220 v e o circuito de comando na tensão de 220 v, e os motores e bombas do Alto Recalque, além de banheiro com chuveiros e sanitário e uma pequena sala para o operador da elevatória. Anexa a casa de máquinas do Alto Recalque está o desarenador e tanque de contato onde chega a água bombeada pelo baixo recalque.



*Figura 4.8 - Fachada da casa de máquinas da EEAB Rio Grande - Lavras (Alto Recalque).*

*Fonte:Arquivo fotográfico da Copasa de Lavras*

Energeticamente o sistema produtor do Rio Grande é o 2º em eficiência no sistema de abastecimento de água de Lavras. A potência instalada no baixo recalque é de 140 cv com dois motores funcionando em paralelo, e no alto recalque é de 1650 cv, três motores de 550

cv funcionando 1 motor por vez no período úmido (Estação chuvosa), e dois motores em paralelo nos meses de setembro, outubro e novembro no período seco. A potência instalada do alto recalque é alta em função do comprimento da AAB (Adutora de Água Bruta), 9600 m e da grande altura manométrica 230 mca.

Para melhorar a eficiência energética da EAB004 – Rio Grande duas alternativas são possíveis fazer limpeza sistemática da AAB através de descargas e limpeza interna com PIG (Dispositivo de borracha e espuma usado na limpeza de dutos), e duplicação da AAB de ferro fundido DN 400 para diminuir a perda de carga principalmente quando estiver funcionando dois conjuntos em paralelo. A implantação da adutora em paralelo deve ser um empreendimento bem avaliado devido seu custo, buscando a alternativa que traga o melhor custo benefício.

**Tabela 4.4 – Consumo específico energia elétrica EAB004 Rio Grande - Lavras**

Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada. Sistema produtor do Rio Grande - EAB004 - Rio Grande			
Mês/ano	Consumo kWh/Mês	Volume M <sup>3</sup> /Mês	Consumo específico kWh/m <sup>3</sup> /Mês
Set/07	308.160	293.875	1,04
Out/07	514.080	310.730	1,65
Nov/07	338.400	309.138	1,09
Dez/07	303.120	295.545	1,02
Jan/08	324.000	302.941	1,06
Fev/08	298.808	291.340	1,02
Mar/08	295.920	311.092	0,95
Abr/08	303.840	288.144	1,05
Mai/08	312.480	299.246	1,04
Jun/08	283.680	283.632	1,00
Jul/08	317.520	291.326	1,08
Ago/08	308.880	295.893	1,04
Total	3.908.888	3.572.902	13,04
Média	325.741	297.742	1,09

**Fonte:** Faturas da Cemig e IBO/IBG da Copasa.

Visando a administrar o consumo de energia elétrica os operadores do sistema são sempre orientados a verificar o consumo específico sempre que for ligar ou desligar uma das fontes de produção. Durante a madrugada ou nos finais de semana quando o consumo de água cai, operadores do sistema fazem o cálculo do consumo específico de forma a funcionar a unidade que trará melhor resultado financeiro para a Empresa e com isto também economizar energia elétrica.

#### **4.4 Utilização e análise da vazão noturna**

O sistema de abastecimento de água de Lavras está dividido atualmente em 10 setores de abastecimento e controle de perdas, alguns bem definidos com macromedição e micromedição, outros em fase de adequação para que seja possível instalação de macromedição, são eles:

- ✓ Setor 01 – Bairros Água Limpa I e II.
- ✓ Setor 02 – Bairros João da Cruz Brotel e Ouro Verde.
- ✓ Setor 03 – Bairro Jardim Floresta.
- ✓ Setor 04 – Bairros Pedreira e Alto do Cruzeiro.
- ✓ Setor 05 – Bairro Jardim Glória.
- ✓ Setor 06 – Bairros Jardim América, Pitangui e Alterosa.
- ✓ Setor 07 – Bairros Vale do Sol e Bela Vista.
- ✓ Setor 08 – Bairros Cohab e Nova Era I.
- ✓ Setor 09 – Bairros Campestre I e II e Nova Era I.
- ✓ Setor 10 – Bairros Caminho da Águas e Cidade Nova.

A vazão máxima noturna é o principal indicador do nível de perdas reais que está ocorrendo em um sistema. Normalmente o consumo noturno é reduzido, principalmente em áreas residenciais. Qualquer alteração na vazão mínima de uma unidade de abastecimento pode indicar a ocorrência de vazamentos.

A metodologia para obtenção das perdas reais a partir da utilização da vazão mínima noturna é uma forma bastante refinada. Porém temos uma utilização mais simplificada ainda que é a determinação do fator de pesquisa.

Fator de pesquisa é o parâmetro que é determinado a partir da relação entre vazão mínima noturna e a vazão média diária; Fraga e Silva (1995), conforme expressão (4.1).

$$\mathbf{FP = Q \text{ mínima noturna} / Q \text{ média diária}} \quad (4.1)$$

Onde:

$\mathbf{FP}$  = Fator de Pesquisa

$\mathbf{Q \text{ min.}}$  = Vazão mínima noturna.

$\mathbf{Q \text{ média diária}}$  = Vazão média diária.

Quanto mais ele tende para 1, maior a possibilidade de estar ocorrendo vazamentos. Isto significa também um grande retorno no trabalho de pesquisa acústica. Segundo Fávero e Dib (1981), em geral, se o setor apresentar fator de pesquisa superior a 0,30, o setor em estudo contém vazamentos economicamente detectáveis.

Na Copasa, adota-se sempre a meta para os indicadores de desempenho pré-estabelecido. Se estiver adotando o indicador percentual, o indicador de “FP” é utilizado nos setores com maior potencial de retorno no trabalho de pesquisa acústica, perdas com valores acima de 0,30. E para setores estabilizados, onde o fator de pesquisa não varia tanto, adota-se a meta estabelecida para a unidade organizacional, ex: se a meta para o sistema de abastecimento de água de Lavras como um todo é de perdas percentual de 25%, então o fator de pesquisa para o setor estável não poderá passar de 0,25 porque o fator de pesquisa nada mais é do que simplificação do indicador de perda percentual total.

O trabalho com perdas é um trabalho contínuo. Após o trabalho de identificação e correções de vazamentos ou anormalidades identificadas, faz-se o trabalho de manutenção. Consiste na realização de vazão mínima noturna a cada quinzena do mês com o objetivo de caso ocorrer problemas de vazão noturna fora dos parâmetros causada por vazamentos não visíveis, ainda é possível a correção para que os vazamentos não prejudiquem os resultados do mês como um todo.

#### **4.4.1 Atividades de combate às perdas desenvolvidas em Lavras no setor 08 Cohab/Nova Era I na cidade de Lavras.**

Nesse estudo, apresenta-se os resultados obtidos no setor de controle de perdas e macromedição “Cohab e Nova Era I e Nova Era II”, que são bairros de Classe média baixa, mas que apresentavam perdas acima da média e intermitência no abastecimento nos dias de maior consumo.

O setor foi escolhido para esse estudo, porque venha apresentando intermitência no abastecimento principalmente aos sábados, um dia típico de grande consumo, isto decorre do fato de que o vazamento de água diminui a pressão na rede, e evita que a água chegue até os pontos mais altos do setor.

Para a realização da pesquisa de vazamentos não visíveis, a depender das características e condições dos sistemas de distribuição de água, dispõe-se basicamente de 03 metodologias para pesquisa de vazamentos ocultos:

**Varredura de rede:** É uma pesquisa que não é precedida de qualquer estudo das condições da rede, é simplesmente realizada uma pesquisa acústica em todo sistema.

**Pesquisa não baseada em medição:** É um tipo de pesquisa que se faz necessário a realização de mapeamento e levantamento dos setores da rede de distribuição, levando em conta as seguintes características:

- ✓ Setor com grande incidência de Ordens de Serviços relativas a reparo de vazamentos;
- ✓ Pressões altas (mapear setores por faixa de pressão: até 30 mca, até 50 mca, e acima de 50 mca);
- ✓ Redes antigas: (mapear rede pela idade, nas faixas: até 10 anos, 11 a 20 anos, 21 a 30 anos, e acima de 30 anos);
- ✓ Materiais de qualidade duvidosa;
- ✓ Setor com ramais em ferro galvanizado ou em PVC com mais de 10 anos de uso;
- ✓ Adutoras, subadutoras, redes ou ramais assentados sobre berços inadequados;
- ✓ Solos de má qualidade provocando recalques devido à força externa;
- ✓ Quantidade de vazamentos visíveis e não visíveis de rede que foram reparados em um ano;
- ✓ Quantidade de vazamentos visíveis e não visíveis no ramal predial que foram reparados em um ano;

- ✓ Mapeando-se os setores contendo essas informações, podem-se ordenar as áreas prioritárias para os trabalhos de escuta ou geofonamento;

Pesquisa baseada em sistema de medição: Possibilita a pesquisa em setores identificados com grandes perdas no sistema, visto que o tempo e os recursos não são desperdiçados em pesquisas com trechos de redes em boas condições. Obs. Essa metodologia não anula as técnicas não baseadas em medição, pelo contrário, devem ser feitas em conjunto, agregando mais fatores de decisão e análise da área para os trabalhos de pesquisa de vazamentos.

No sistema de Lavras usam-se os 3 métodos, sendo o que apresenta melhores resultados é o da “Pesquisa baseada em sistema de medição”. Esse método só é possível onde há setor bem definido, estanque e com macromedição e micromedição instalado para possibilitar a compatibilização do volume de água que entra no setor, bem como o volume que está sendo consumido. A partir do conhecimento das perdas nos setores, pode-se otimizar o controle de perdas.

O setor de abastecimento é uma área perfeitamente conhecida e delimitada por meios de manobras e fechamentos de válvulas, acidentes geográficos, linhas férreas, canais, rios etc., possuindo fonte de abastecimento identificada e perfeitamente monitorada (vazão e pressão), o setor de abastecimento também deve ser estanque.

Foram relacionados estudos realizados no DP “Cohab e Nova Era I”, no período de 01/01/2009 até 31/06/2009, em que foram detectadas anomalias que desencadearam em pesquisa acústica, os quais apresentaram os seguintes resultados:

#### **4.4.2 Dados do Setor 08 Cohab/Nova Era I para levantamento de Perdas**

Rotas: 0317 e 0319

N.º de ligações: 390

N.º de economias: 413

Rotas: 0325

N.º de ligações: 16

N.º de economias: 17

Rotas: 0526

N.º de ligações: 36

N.º de economias: 40

Rotas: 0528

N.º de ligações: 126

N.º de economias: 133

### Total geral

N.º de ligações: 568  
N.º de economias: 603

#### 4.4.2.1 Cálculo vazão ideal e reservação:

A análise dos centros de reservação deve ser realizada com base no número e tipo de economias existentes, segundo o projeto de setorização realizado. Diante da quantidade e tipo de economias presentes em cada zona, define-se um valor de consumo *per capita* para cada economia. Com base nesse consumo, deve-se estimar um número de habitantes para cada ocupação. Por exemplo, para as economias residenciais pode-se definir número de habitantes igual a 4 ocupantes. Diante desses 3 números (número de economias, consumo *per capita*, número de habitantes para cada economia) mais k1(coeficiente do dia de maior consumo) pode-se obter o consumo diário para cada economia (residencial, comercial, pública ou industrial) e a somatória destes quatros consumos diários resulta na demanda diária do setor, conforme Azevedo Neto (1988). O cálculo da reservação normalmente é realizado seguindo dois critérios:

Os volumes de reservação devem ter capacidade superior a 1/6 do volume consumido em 24 horas consumido em 24 horas. Além deste volume, a reservação deve assegurar um volume entre 250 a 500 m<sup>3</sup> para combate a incêndios. Esse valor corresponde ao funcionamento de uma mangueira ou de um carro bomba durante 5 horas. E por último a reservação deve prever uma reserva adicional em torno de 33% da soma das parcelas anteriores.

O volume de reservação deve ter capacidade suficiente para armazenar 1/3 do consumo diário da área a ser abastecida. Como o primeiro critério já está contemplado nos reservatórios principais do sistema de abastecimento de Lavras (10.200 m<sup>3</sup>), apresenta-se:

*Per capita* do sistema de Lavras: 3,20 hab/dom

Cohab: 450 domicílios + Nova Era: 118 domicílios = 568 domicílios total.

568 dom \* 3,20 \* 185,53 [l/hab] \* 1,2 [dia maior consumo] \* 1,5 [hora de maior consumo] = 606995 litros dia = 607 m<sup>3</sup>/dia / 24 [horas]/ 3,6 [seg./hora] = **7 l/s vazão ideal** para abastecer os dois bairros. **Volume ideal reservatório = 200 m<sup>3</sup>**. Reservatório atual: 45 m<sup>3</sup>. Déficit de reservação: 155 m<sup>3</sup>.

### Cálculo da área do reservatório:

Perímetro: 17,70 m

$$C = 2 * \pi * r$$

$$17,70 = 2 * 3,1416 * r = 17,70 / 6,2832 = r = 2,82 \text{ m} * 2 = d = 5,63 \text{ m} - 0,44 (\text{Paredes})$$

$$d (\text{livre}) = 5,19 \text{ m}$$

$$A = \pi * (D)^2 / 4$$

$$A = 3,1416 * (5,19)^2 / 4$$

$$A = 21,15 \text{ m}^2$$

$$V = A * h$$

$$V = 21,15[\text{m}^2] * 0,1[\text{m}]$$

$$V = 2,115 \text{ m}^3 = 2115 \text{ litros.}$$

✓ **Q** Entrada de água no reservatório.

$$2115 [\text{l}] / 466[\text{s}] = 4,53 \text{ l/s.}$$

✓ **Q** saída do reservatório – 1<sup>a</sup> medição.

Mangueira no reservatório:

$$2115[\text{l}] / 375[\text{s}] = 5,64 \text{ l/s} (\text{Déficit de vazão} = 1,11 \text{ l/s})$$

Macromedidor mecânico – DN 100:

$$2091 [\text{l}] / 393[\text{s}] = 5,32 \text{ l/s}$$

Diferença de 5,6% do método da cubagem, pelo medidor mecânico.

✓ **Q** saída do reservatório – 2<sup>a</sup> medição.

Mangueira no reservatório (Método da cubagem):

$$2115[\text{l}] / 449[\text{s}] = 4,71 \text{ l/s}$$

Macromedidor mecânico – DN 100:

$$2091[\text{l}] / 457[\text{s}] = 4,57 \text{ l/s.}$$

Diferença de 2,97% do método da cubagem para o medidor mecânico (obs.: dentro da margem tolerância do medidor mecânico que é de 4%)

#### 4.4.2.2 Medições de vazão noturna

No período de 29/07/2009 a 30/06/2009 foram realizadas leituras quinzenais de acompanhamento da vazão noturna com o intuito de identificar possíveis vazamentos nas redes de distribuição os bairros Cohab e Nova Era I do setor 08 de abastecimento de água de Lavras.

As medições de vazão noturna no macro medidor mecânico tipo *Woltmann* localizado na saída do reservatório dos bairros Cohab em 29/07/2008 acusavam um fator de pesquisa de 0,60 demonstrando fortes indícios de vazamentos não visíveis, conforme coletados entre 29/07/2008 e 30/06/2009 e apresentados a seguir (tabela 4.5).

**Tabela 4.5 – Dados de vazão noturna e fator de pesquisa de vazamentos do Setor abastecimento Cohab e Nova Era I**

<b>Tabela medições de vazão noturna – DP 08 Cohab/Nova Era II - Realizadas de 00h00min as 03h00min.</b>					
<b>Dia</b>	<b>Leitura anterior</b>	<b>Leitura atual</b>	<b>Q mínima noturna [l-s]</b>	<b>Q média diária [l-s]</b>	<b>FP – Fato de Pesquisa</b>
29/07/2008	55220,09	55235,64	1,43	2,39	0,60
31/08/2008	61420,08	61434,12	1,30	2,33	0,55
30/09/2008	67470,00	67483,05	1,20	2,35	0,51
29/10/2008	73570,54	73584,36	1,28	2,41	0,53
31/11/2008	70020,83	79033,79	1,20	2,31	0,51
31/12/2008	86020,09	86036,93	1,56	2,71	0,57
28/01/2009	93070,00	93085,55	1,44	2,73	0,52
25/02/2009	100170,02	100178,81	1,74	2,73	0,63
31/03/2009	107338,03	107342,99	0,46	2,27	0,20
29/04/2009	113238,75	113242,20	0,32	2,27	0,14
27/05/2009	119130,52	119133,76	0,30	2,25	0,13
30/06/2009	124980,26	124984,04	0,35	2,31	0,15

**Fonte: Arquivo Técnico da Copasa de Lavras**

No período de 16/02/2009 até 20/03/2009 a equipe de “Caça Fantasma”, como é carinhosamente a equipe de pesquisa de vazamentos do DTRG (Distrito do Alto Rio Grande), distrito de distribuição de água da Copasa (com sede na cidade de Lavras), fez-se o geofonamento acústico em todas as ruas dos Bairros Cohab Nova Era I, obtendo os seguintes resultados:

1. Vazamento na Rua Cabo Sebastião Armindo de lima, 151 Cohab Lavras MG. Causa: Adaptador de PVC quebrado na rede.

2. Vazamento na Rua Cabo Sebastião Armindo de Lima, 184 Cohab Lavras MG. Causa: Adaptador de PVC quebrado na rede.
3. Rua Agenor Ferreira de Mesquita, 62 Cohab Lavras MG.  
Causa: Rede PVC DN 50 trincada.
4. Rua José Teixeira Guimarães, 40 Cohab Lavras MG.  
Causa: Adaptador PVC JS DN 15, quebrado no colar de tomada.
5. Rua Lurdes Lasmar Daher, 128 Cohab Lavras MG.  
Causa: Tubo PVC JS DN 15 da ligação quebrado.

Após a retirada dos vazamentos obtivemos uma melhora significativa com a diminuição da vazão mínima noturna e consequentemente melhora também no Fator de pesquisa de vazamentos que caiu de 0,63 no mês 02/2009 para apenas 0,20 no mês 03/2009.

Após a correção dos vazamentos localizados, iniciou-se a fase de manutenção do indicador. A cada quinzena, foi feito novamente a leitura da vazão noturna, de forma a verificar se o setor continua com os indicadores controlados. A importância de se fazer a leitura a cada quinzena é que, se for detectado alguma anormalidade na primeira quinzena, é possível fazer as correções para que não tenham reflexos no final do mês.

A importância do controle reside no fato de que, se ocorrer constantemente o monitoramento do setor, evita-se que possa ocorrer com o passar do tempo, o retorno das perdas ao patamar inicial.

Quanto à determinação das perdas, deve-se utilizar, sempre que possível, a vazão noturna sempre em conjunto com a quantificação do volume perdido (compatibilização entre a macro e micro medição). Quando o índice de perdas é baixo e a vazão noturna é alta, há um forte indicativo da possibilidade da ocorrência de vazamentos nas tubulações, conexões dentro das residências, áreas comerciais etc. (PMSS, 2008).

Por outro lado, índice de perdas alto e baixa vazão noturna podem indicar problemas na medição dos volumes aduzidos e consumidos, ou mesmo consumos não contabilizados, ligações clandestinas ou fraudes. (PMSS, 2008).

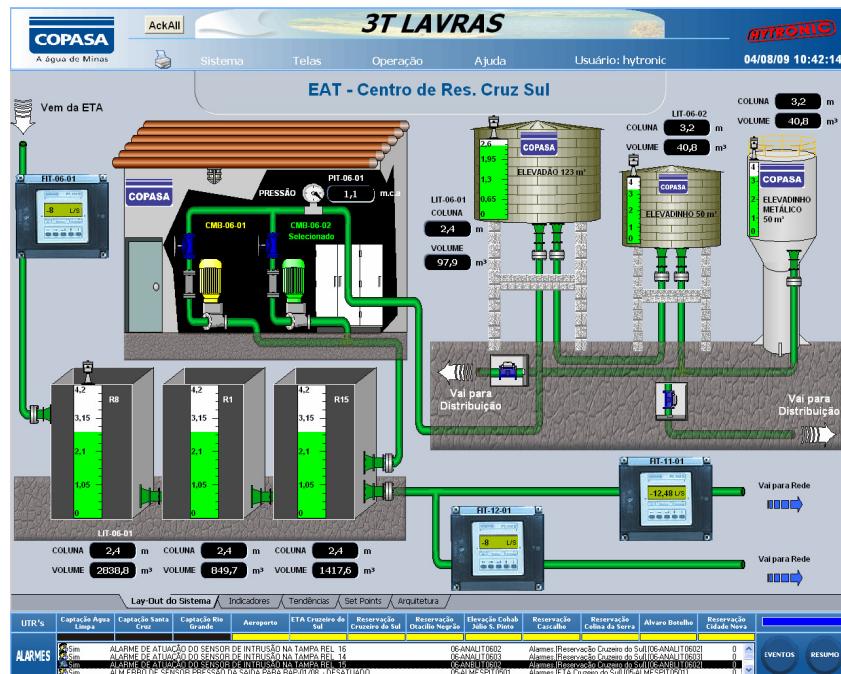
É importante ressaltar que os estudos realizados no Setor 08 Cohab/Nova Era I, demonstraram que o uso da vazão mínima noturna permitiu um rápido diagnóstico quanto à perda real do setor, e constitui-se em um dos meios mais eficazes de detecção de tais perdas, desde que monitorada continuamente. Também possibilita verificar que, em conjunto com o controle total de perdas, permite um melhor direcionamento no tipo de controle de perdas a ser adotado no sistema como um todo.

No estudo de Caso analisado, a recuperação de perdas não representou um volume significativo de energia elétrica, visto que a unidade estudada está numa área relativamente pequena e recebe água por gravidade de um reservatório a montante. Na impossibilidade de avaliar uma conta de energia que se pudesse fazer um comparativo direto, tomou-se por base o valor agregado total do sistema de Lavras na ocasião era de 1,09 kWh/m<sup>3</sup>, e o volume estimado recuperado foi de 537 m<sup>3</sup>/mês, a quantidade de energia economizada estimada é de aproximadamente 586 kWh/mês.

## 4.5 A automação como aliado no combate as perdas de água – 3T de Lavras

### 4.5.1 Considerações iniciais

O 3T de Lavras (Telemetria, Telecomando, Telesupervisão), foi concebido para implementar a supervisão e o controle do sistema de abastecimento de água tratada de Lavras com capacidade para absorver, no futuro, as demais Unidades Terminais Remotas e Centros de Operações Regionais (Produção, ETA e ETE) . Além disso, o 3T é totalmente preparado para integrar o denominado Projeto Sistema de Informações Geográficas (GIS).



**Figura 4.15 – Tela do Supervisório do 3T de Lavras**  
**Fonte: Automação do sistema de Lavras.**

O objetivo é que o 3T-Lavras seja o estado da arte em gerenciamento, controle, automação.

O “3T-Lavras”, ou “Sistema de Automação 3T-Lavras”, corresponde ao sistema de automação da produção de água bruta e distribuição de água tratada de Lavras - MG. As unidades que compõem esse sistema são todas aquelas descritas neste projeto.

#### **4.5.2 Concepção do sistema**

A concepção do Sistema de Automação 3T-Lavras tem como objetivo fundamental a Automação do Sistema de Produção de Água Bruta e Distribuição de Água Tratada de Lavras. Esse sistema tem um Centro de Operação Local (COL) localizado em Lavras. Os sinais de comando e medição dos equipamentos e instrumentos de medição e controle instalados em campo ligados às Unidades Terminais Remotas (UTRs), serão recebidos/ transmitidos por GPRS, rádio *modem*, ou outra tecnologia aprovada no projeto executivo (conforme topologia do sistema de comunicação de dados) até o COL. Esses dados são direcionados para os servidores de base de dados principal do COL de Lavras. O COL de Lavras é dotado de equipamentos processadores de dados (computadores) que recebem as informações do sistema permitindo a Telemetria. Os *Softwares* especialistas processam os dados e transmitem no caminho inverso permitindo o Telecomando. A apresentação de toda a malha de controle em tempo real, alarmes, etc. em tela, bem como em forma de relatórios permite a Telesupervisão. O COL de Lavras também é capaz de receber os dados de outros Centros de Operação, sejam eles Regionais ou Locais (COR ou COL), dos sistemas pertencentes ao mesmo Departamento (DPSL).

A Telemetria, o Telecomando e a Telesupervisão agregam-se de forma a proporcionar:

- ✓ Eficiente controle de perdas (Medição *on-line* de vazão);
- ✓ Velocidade de informações;
- ✓ Intervenções instantâneas;
- ✓ Confiabilidade
- ✓ Otimização de recursos;
- ✓ Segurança;
- ✓ Flexibilidade;
- ✓ Integração;
- ✓ Tendências a curto e longo prazo;

- ✓ Redução de intermitência;
- ✓ Garantia de qualidade de água, etc.;

#### **4.5.3 Telemetria – Primeiro “T”**

Trata das medições e tráfego de informações via *modem* GPRS (ou outro meio de comunicação à distância). Das variáveis do processo de distribuição e tratamento como vazão, nível, pressão, grandezas elétricas, dosagens, status de fechamento e abertura das válvulas, etc.

#### **4.5.4 Vazão**

As medições das vazões permitem uma avaliação dos consumos total e setorial, e de informações sobre o balanço da produção (Volume de água tratada x volume entregue nos diversos setores), possibilitando otimizar a distribuição dos recursos hidráulicos e verificar o desempenho do sistema por meio de perdas ocorridas e de projeção de demanda.

Principais informações disponíveis:

- ✓ Vazão instantânea;
- ✓ Vazão totalizada no período (hora/dia/mês);
- ✓ Vazão média (hora/dia/mês);
- ✓ Curvas de tendência do consumo para otimização da operação e estabelecimento das estratégias de abastecimento, através da criação de um banco de dados;
- ✓ Detecção de vazamentos nas redes – alarmes de vazão alta e baixa;
- ✓ Outras aplicações.

#### **4.5.5 Nível**

As medições dos níveis dos reservatórios, através dos transmissores de nível do tipo ultra-sônico permitem equilíbrio adequado ao sistema.

**Principais informações disponíveis:**

- ✓ Caracterização da autonomia e condição potencial do suprimento de água;
- ✓ Volume de água manuseado em determinado período de tempo (hora/dia/mês);
- ✓ Controle automático de operação dos conjuntos moto-bomba, otimizando a utilização do sistema elétrico (consumo, demanda, fator de potência);
- ✓ Estabelecimento dos limites de níveis operacionais, para ligar e desligar os conjuntos moto-bomba, evitando-se perdas por extravasamento e operações a vazio;
- ✓ Disponibilidade das informações referentes ao nível de cada reservatório do sistema, seus volumes e as curvas de tendência dos mesmos, possibilitando a criação de um banco de dados para a otimização da operação;
- ✓ Alarme de níveis anormais para a operação;
- ✓ Outras aplicações.

#### **4.5.6 Pressão**

As medições das pressões, através dos transmissores de pressão do tipo manométrico (*Strain gage*). Indicam diretamente a disponibilidade de água para a distribuição. A monitoração das pressões é também utilizada para o controle de distribuição, detectando vazamentos e aumentando, portanto, a segurança operacional do sistema.

**Principais informações disponíveis:**

- ✓ Pressões instantâneas;
- ✓ Pressões máximas e mínimas no período (hora/dia/mês);
- ✓ Alarmes para pressões alta e baixa;
- ✓ Avaliação e alarme para tendências das pressões;
- ✓ Obtenção de banco de dados;
- ✓ Outras aplicações.

#### **4.5.7 Parâmetros operacionais de Estações de Bombeamento**

As medições de corrente e tensão, através dos transdutores de corrente e dos multi-meditores de grandezas elétricas nos QCM's permitem a otimização de demanda e consumo de energia.

Principais informações disponíveis:

- ✓ Corrente instantânea por equipamento em operação;
- ✓ Potência ativa instantânea por equipamento;
- ✓ Fator de potência instantâneo por equipamento;
- ✓ Relatório de consumo de energia por equipamento;
- ✓ Alarme para corrente alta/baixa, com limites a serem estabelecidos pela operação;
- ✓ Medição da tensão fornecida pela concessionária;
- ✓ Tensão instantânea por equipamento em operação;
- ✓ Alarmes para tensão alta/baixa, com limites a serem estabelecidos pela operação;
- ✓ Alarmes para falta de energia na unidade operacional;
- ✓ Alarme por operação por banco de baterias na unidade operacional;
- ✓ Outras aplicações;

#### **4.5.8 Telecomando – Segundo “T”**

Trata da recepção dos sinais da medição, processamento dos dados recebidos e envio de comando, manual ou programado, à distância para alterações de parâmetros em função das variáveis do sistema.

O sistema 3T – Lavras permite a alteração de parâmetros do processo do sistema de Distribuição e Tratamento, de acordo com senhas pré-estabelecidas no modo “manual” e/ou no modo “programado” totalmente automatizado de acordo com Software especialista, a partir de comandos originados da Estação de Operação localizada no COL de Lavras – Centro de operação local, tais como:

- ✓ Abertura e fechamento de válvulas;
- ✓ Partida ou desligamento de conjuntos moto-bomba;
- ✓ Calibração do sistema 3T – Lavras;
- ✓ Manutenção do sistema, e de todos os equipamentos e instrumentação do processo;
- ✓ Verificação da qualidade da água;
- ✓ Programação das UTRs;
- ✓ Acionamento de alarmes para indicação de anormalidades no sistema para o pessoal de operação das unidades;
- ✓ Outras aplicações.

#### **4.5.9 Telesupervisão – Terceiro “T”**

Trata do monitoramento em tempo real, com possibilidade de intervenção, a distância de todo o processo da rede de macrodistribuição.

O sistema 3T – Lavras, através de um sistema SCADA integrado com os demais componentes, permite a visualização em tempo real de todo o sistema de Distribuição e Tratamento, supervisionando os pontos de entrada e saída de dados das UTRs, projetando em telas gráficas (em computadores, nas Estações de Operação com monitores de tela plana de 19’’), e via *intranet/internet* (via senhas de acesso), mostrando instantaneamente a situação de operação, permitindo:

- ✓ Monitorar e operar o sistema como um todo e ou selecionar parte da malha de distribuição;
- ✓ Verificação da integridade física das instalações, através de alarmes de intrusão;
- ✓ Apresentar em ambiente propício, em caso de ocorrência de anomalias, a condição atual de operação para a tomada de decisões do corpo técnico.
- ✓ Permitir a determinação de perímetro de bloqueio nos casos de rompimento de rede;
- ✓ Garantir a qualidade da água;
- ✓ Apresentar institucionalmente, para grupos externos, os Sistemas de Produção de Água, Estações de Tratamento de Água, Estações de Tratamento de Esgotos e Sistemas de Distribuição de Água da Copasa na região de Lavras;
- ✓ Outras aplicações;

Assim, a automação “3T” é uma importante e excelente ferramenta na administração de perdas de água, e melhoria da eficiência operacional de sistemas de Saneamento básico, porque permite visualização em tempo real e com agilidade na correção de problemas.

#### **4.6 Estudos de água e energia do sistema de Lavras**

No sistema de abastecimento de água de Lavras, a Copasa utiliza 03 fontes de produção: A EAB004 Rio Grande é a fonte de produção do sistema de abastecimento de água de Lavras com a maior vazão nominal 190 l/s, mas que só opera com a sua capacidade máxima durante os períodos de estiagem, devido a queda de vazão dos mananciais Água Limpa e Santa Cruz. O EAB003 Rio Grande é o manancial mais perene do Sistema de Abastecimento de Água de Lavras e é ele quem garante o abastecimento da cidade nos

períodos de forte estiagem, apesar de possuir custo operacional superior porque causa do custo específico da energia elétrica.

A estimativa de resultado para as ações de eficiência energética está fundamentada basicamente, no potencial de redução de perdas de água e nas oportunidades de racionalização de custos através da melhoria do método de trabalho e eficiência dos equipamentos e projetos de engenharia.

A energia utilizada nos sistemas de abastecimento de água é um insumo para o transporte da água. Portanto, quanto menos água for transportada ou quanto mais água se transporta de forma eficiente, menor quantidade de energia se consome.

**Tabela 4.6 – Consumo específico de energia elétrica total do Sistema de Lavras.**

<b>Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada.</b>			
<b>Total Sistema de Lavras – Sistema de Abastecimento de Água.</b>			
<b>Mês/ano</b>	<b>Consumo kWh/Mês</b>	<b>Volume M<sup>3</sup>/Mês</b>	<b>Consumo específico kWh/m<sup>3</sup>/Mês</b>
Nov/07	761.790	562.930	1,35
Dez/07	598.189	511.289	1,17
Jan/08	567.198	546.591	1,04
Fev/08	594.777	522.640	1,14
Mar/08	545.927	504.299	1,08
Abr/08	549.089	551.226	1,00
Mai/08	573.292	524.802	1,09
Jun/08	535.149	538.903	0,99
Jul/08	562.718	513.671	1,09
Ago/08	576.294	537.337	1,07
Set/08	604.806	557.201	1,08
Out/08	569.742	536.280	1,06
Total	7.038.971	6.407.169	13,16
<b>Média (12 meses)</b>	<b>586.581</b>	<b>533.903</b>	<b>1,09</b>

*Fonte: Faturas da Cemig e IBO/IBG da Copasa*

A redução dos níveis de perda depende essencialmente da realização de investimentos em equipamentos, hidrômetros, redimensionamento e padronização de ligações,

recadastramento, no combate a irregularidades e em programas de melhoria de desempenho energético no funcionamento da infra-estrutura dos sistemas de água e esgoto sanitário.

**Tabela 4.7 – Relação Consumo específico e Energia perdida, embutida nas perdas no Sistema de Lavras.**

<b>Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada.</b>						
<b>Total Sistema de Lavras – Sistema de Abastecimento de Água.</b>						
Mês/ano	Macro Medido	Micro Medido	Perda %	Perda Específica [L/lig./dia]	kWh [M <sup>3</sup> ]	kWh Perdido Mês
Nov/07	562.930	424.271	24,63	171,86	1,35	187.190
Dez/07	511.289	398.245	22,11	140,01	1,17	132.261
Jan/08	546.591	389.438	28,75	194,16	1,04	163.439
Fev/08	522.640	404.196	22,66	145,85	1,14	135.026
Mar/08	504.299	364.248	27,77	172,04	1,08	151.255
Abr/08	551.226	366.126	33,58	226,57	1,00	185.100
Mai/08	524.802	375.316	28,48	183,13	1,09	162.940
Jun/08	538.903	372.735	30,83	203,15	0,99	164.506
Jul/08	513.671	376.425	26,72	167,47	1,09	149.598
Ago/08	537.337	355.713	33,80	221,35	1,07	194.337
Set/08	557.201	385380	30,84	220,55	1,08	185.567
Out/08	536.280	397.070	25,96	168,54	1,06	147.563
Total/Ano	<b>6.407.169</b>	<b>4.609.163</b>	<b>336,13</b>	<b>2214,7</b>	<b>13,16</b>	<b>1.958.782</b>
Média (12 meses)	<b>533.930</b>	<b>384.097</b>	<b>28,06</b>	<b>181,40</b>	<b>1,09</b>	<b>163.232</b>

*Fonte: IBO/IBG – COPASA e Faturas CEMIG*

Caso haja insuficiência de investimentos em ações e projetos, os resultados operacionais poderão ser adversamente afetados.

## 4.7 Conclusão do estudo de caso I

Do ponto de vista técnico e tecnológico o Sistema de Abastecimento de Água – SAA de Lavras possui uma boa estrutura para o trabalho de combate às perdas de água. O nível de perdas média anual que está atualmente em 28,36% ou 178 litros/lig/dia, comparando com a própria Copasa e o Brasil como um todo, pelos números apresentados no SNIS é um número até razoável. Porém do ponto de vista técnico é um número que mostra que ainda tem muito potencial para melhorar. Caso seja feito a comparação com os números da “Berlim Wasser”, referência mundial cuja perda média é 3%, verifica-se a existência de um vasto caminho a trilhar e muito que melhorar.

Não existe nível de perda zero, as empresas de Saneamento no Brasil devem começar já um trabalho de recuperação de perdas de água, para com isso melhorar até seu desempenho financeiro, beneficiar diretamente o meio ambiente, e adiar o provável aumento da capacidade dos sistemas de tratamento.

Do ponto de vista comercial e moral, ainda é inconcebível desperdiçar mais de um quarto da produção. Com um trabalho mais eficiente e contínuo de redução de perdas, é perfeitamente possível melhorar os indicadores para um patamar de 15%, o que seria um potencial de economia de 1.126.475 m<sup>3</sup>/ano de água e de energia de 1.227.859 kWh/ano.

A economia anual de 1.227.859 de kWh representaria a economia ao preço do mês 06/2009 de R\$ 0,48 de R\$ 589.732,32 somente nas unidades de produção de Lavras.

## 4.8 Estudo de Caso II – Perdas de Água e Energia na Cidade de São Tiago MG – COPASA

### 4.8.1 O município de São Tiago

São Tiago é um município do estado de Minas Gerais. Está localizado na microrregião dos Campos da Vertentes cerca de 200 quilômetros da capital, Belo Horizonte. As principais rodovias que servem o município são a BR-381 e BR-494.



*Figura 4.16 – Igreja matriz da cidade de São Tiago MG*  
Fonte:<http://www.portalsaotiago.com.br>

O povoado, que se transformou no atual município, foi fundado por bandeirantes espanhóis no ano de 1750. A cidade possui o mesmo nome de seu padroeiro, santo muito popular na Espanha. Os primeiros habitantes da região teriam se fixado, na busca por ouro, ao redor de uma capela erigida em homenagem ao santo na fazenda denominada "Fazenda das Gamelas" (situada entre o rio do Peixe e Jacaré). Em 1802, já figurava numa relação de

arraiais do termo da Vila de São José. Em 1849, São Tiago se torna distrito de São João del-Rei, e, mais tarde, de Bom Sucesso. Em 27 de dezembro de 1948, foi criado o município, com território desmembrado de Bom Sucesso (Portal São Tiago, 2008).

A economia local tradicional tem por base a agropecuária, a indústria extractiva de minerais. No setor agrícola produz milho, arroz, café, mandioca, dentre outros. A pecuária está dividida entre a produção leiteira e a recria de novilhos para o abate. No setor de mineração, além do minério de ferro, possui reservas de manganês, bauxita e tantalita. A habilidade para fazer quitandas é uma tradição que acompanha a trajetória do município. Por esta razão, mais recentemente a indústria de produção de biscoitos se consolidou e assumiu um papel importantíssimo na economia local, o que acabou conferindo a São Tiago o título de “terra do café-com-biscoito” (Portal São Tiago, 2008).

Existem cerca de setenta fábricas de biscoitos que empregam cerca de 2500 pessoas direta ou indiretamente. A produção é de cerca de 200 toneladas por mês. Destacam-se a torradinha de queijo (confeccionadas em diferentes sabores, tais como alho, cebola, orégano, pimenta, pizza, parmesão) e os biscoitos doces, como as rosquinhas de nata, casadinho, entre outros (Portal São Tiago, 2008).

São Tiago pertence ao circuito da Estrada Real, estando bem próximo dos municípios de Tiradentes e da cidade histórica de São João Del Rei, distante cerca de 44 quilômetros do município (Portal São Tiago, 2008).

A "Festa do Café com Biscoito", que acontece na praça da matriz, atrai visitantes de diversas localidades e está se consolidando como mais um atrativo da região. Começa na sexta com espetáculos musicais, se prolonga pelo sábado com degustações nos stands, oficinas e atividades culturais, e termina no domingo, quando acontece o desfile, mostrando a presença marcante do biscoito na vida da cidade (Portal São Tiago, 2008).

São Tiago tem como características geográficas: área 574,017 km<sup>2</sup>, população: 10.289 habitantes (IBGE, 2007), densidade demográfica: 18,6 hab/km<sup>2</sup>, altitude: 1100 m, IDH: 0,727 (PNUD, 2000), PIB: R\$ 78.647.679,00 (IBGE, 2003) PIB *per capita*: R\$ 7.500,26 (IBGE, 2003).

#### 4.8.2 O sistema de abastecimento de água de São Tiago

O sistema de abastecimento de água de São Tiago é constituído, por um sistema de captação superficial (tomada direta e Elevatória de Água Bruta – EAB001 – 2 conjuntos horizontal 15 CV) no Rio Sujo, que recalca a água até as ETA's, onde há uma ETA convencional de concreto armada de 12 l/s (34.2 m<sup>3</sup>/h), e uma ETA metálica do tipo Icomalq também com uma vazão de 12 l/s (43.2 m<sup>3</sup>/h), funcionando em paralelo. A água então passa por um tratamento convencional (floculação, decantação, filtração e desinfecção), sendo a produção aduzida pela elevatória de água tratada – EAT001 (2 conjuntos moto-bomba de 40 CV, sendo um reserva instalado).



**Figura 4.17 – ETA (Estação de Tratamento de Água) de São Tiago**  
Fonte:Arquivo fotográfico Copasa Lavras

A vazão nominal das ETA's de 24 l/s (86.4 m<sup>3</sup>/h), é bombeada para o reservatório RAP001(Reservatório apoiado nº. 1) de onde uma parte é distribuída por gravidade, e o restante é bombeada através de abastecimento em marcha pela elevatória de água tratada - EAT002 (2 conjuntos moto-bomba de 40 CV, sendo um reserva instalado), até o RAP002, e o RAP003 e o REL (reservatório elevado) localizados na cota mais alta da cidade.

As elevatórias EAB001, ETA001, ETA002, e EAT001 constituem uma única unidade consumidora de energia elétrica, enquadrada no segmento A4 – horosazonal verde, com paralisação total no horário de ponta (período compreendido entre as 17 h e 22 h devendo ter duração consecutiva de 3 h conforme resolução 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica

(ANEEL), e o fator de potência controlado, garantindo uma otimização no custo da energia elétrica. As demais unidades estão enquadradas no grupo B3, com tarifa convencional. O sistema de São Tiago é servido por uma Adutora de Água Bruta (AAB), de FºFº DN 150 em uma extensão de 70 metros. A Adutora de Água Tratada nº. 1 (AAT001), é de tubo DEFOFO DN 150 em uma extensão de 1263 metros, e a Adutora de Água Tratada nº. 2 (AAT002), também é de tubo DEFOFO DN 150 com o comprimento total de 1780 metros. O sistema de abastecimento de água de São Tiago é servido por 35.266 metros de rede de distribuição com diâmetro que variam de 50 mm até 150 mm. A vazão média do sistema é de 28 l/s (100,8 m<sup>3</sup>/h), e o tempo de funcionamento médio diário é de 11h49min. A perda de água média está 23,09% e a perda específica está em 88,52 l/lig. /dia. O sistema de São Tiago possue um percentual de perdas razoável, se comparado com outras unidades de mesmo porte e até com a média da própria Copasa.

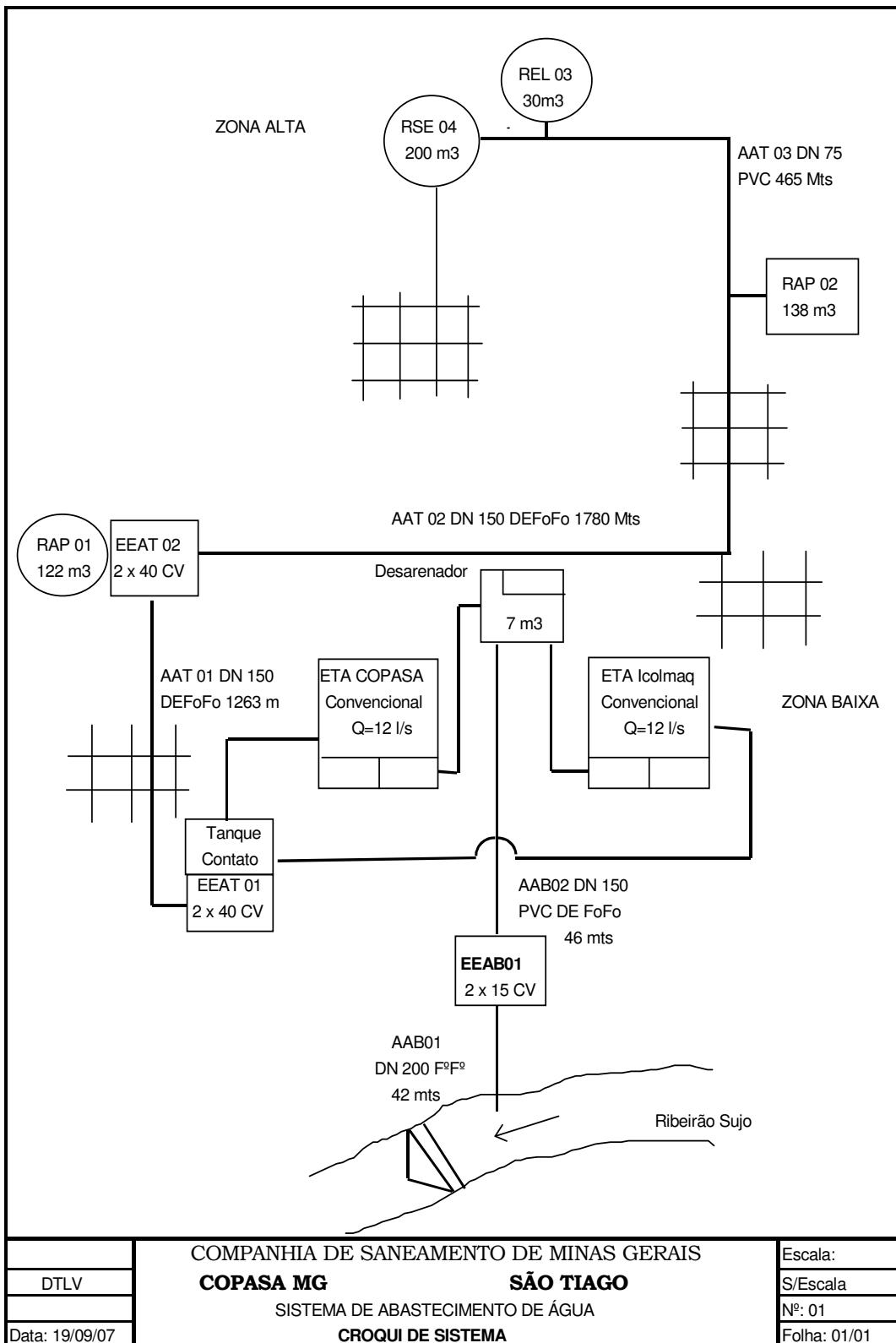


Figura 4.18 - Esquema Hidráulico do sistema de São Tiago.

Fonte:Arquivo Técnico da Copasa de Lavras

Tabela: 4.8 – Dados Cadastrais do Sistema de São Tiago

COPASA		DADOS CADASTRAIS DOS SISTEMAS			SPSL/D TLV
	SÃO TIAGO				19/09/05
Unidade		Nome	Tipos	Capacidade (l/s)	Obs.
Manancial	Ribeirão Sujo	S	18		
Captação	EEAB01 – Barragem de nível	R	22		
Adução	AAB01 - FºFº DN150 70 m	R	22		
	AAT01 - DE FOFO - DN 150 1263 m	R	22		
	AAT02 - DE FOFO - DN 150 - 1780 m	R	22		
	ETA - Copasa	CV	12		
	ETA - Icolmaq	CV	12		
Reservação	RAP 01 - Circular	Apoiado	138 M3		
	RAP 02 - Retangular	Apoiado	122 M3		
	RES 03 - Circular	Elevado	30 M3		
	RES 04 - Circular	Semi-enterrado	200 M3		
Número de economias por Reservação				Ago./07	
Reservação	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
<b>368 m3</b>	2760	279	58	36	3143
Total geral	<b>2760</b>	<b>279</b>	<b>58</b>	<b>36</b>	<b>3143</b>

Fonte: Arquivo Técnico da Copasa de Lavras

### **4.8.3 Ações visando à redução de perdas no sistema de São Tiago**

As soluções para redução das perdas reais de um sistema passam sempre pelos seguintes subgrupos:

- ✓ Controle de pressão na rede (o conjunto de soluções afeta a freqüência de novos vazamentos e a taxa de vazão de todos os vazamentos e rompimentos)
- ✓ Rapidez e qualidade dos reparos
- ✓ Gerenciamento; ou seja, seleção, instalação, manutenção, recuperação e substituição de redes.
- ✓ Controle ativo de vazamentos e fugas, vazamentos visíveis e não visíveis.

Após estudos e análises, verificou-se que a causa principal de vazamentos no sistema de abastecimento eram oriundas da concepção do sistema adotada à época da assinatura do contrato de concessão. No projeto de engenharia adotado, a solução de engenharia usada para o sistema de bombeamento foi o chamado “bombeamento em marcha”. Neste modelo, a água é bombeada diretamente para as redes de distribuição e somente a sobra dos consumidores e que são armazenadas em reservatório. Esse modelo de bombeamento fazia com a pressão da rede ficasse demasiadamente alta principalmente nas partes mais baixas causando os rompimentos.

Uma boa construção depende de um bom projeto, para que se obtenham os resultados esperados. A fase de construção é crítica. São muitas conexões ou soldas, que se não executadas perfeitamente, tornam-se pontos vulneráveis de vazamentos. Na realidade, antes do início da obra, vem a fase do material utilizado na construção (PNCDA, 2006)

A qualidade nesse caso, é vital, e depende, desde a fase de especificação dos materiais no edital até a instalação, da inspeção do fornecedor, do transporte, do armazenamento (tubos de PVC armazenados no tempo recebendo principalmente a ação dos raios ultra-violetas perdem completamente suas características de resistência a pressão), e manuseio adequado. O uso de equipamentos e ferramentas adequadas durante a obra, além do treinamento e credenciamento de pessoal operacional, é outro aspecto ligado à qualidade e longevidade da obra.

As ações mais recentes que foram tomadas para reduzir perdas de água e consequentemente perda de energia no sistema de abastecimento de água de São Tiago foram a instalação de 05 Válvulas redutoras de pressão de 2” auto operadas.



Figura 4.19 – Válvula Redutora de Pressão auto operada 2”.

Foram adotados critérios descritos a seguir para definir os locais de instalação das válvulas redutoras de pressão. Inicialmente foi analisado o sistema para definir a localização dos pontos onde houve a medição de pressão. Uma vez escolhidos os trechos aleatoriamente, instalou-se os aparelhos registradores, ou *data-loggers*, de pressão nesses trechos, onde foram feitos os levantamentos de pressões em períodos pré determinados, de forma a levantar todos os valores da pressão estática e pressão dinâmica da rede. A partir das medições de pressões e do cálculo da estimativa da vazão macromedida do subsetor, com base na micromedição desta área, dimensionou-se o sistema de redução de pressão em função da equação de perda localizada e dos catálogos dos fabricantes de válvulas.

A instalação de válvulas redutoras de pressão proporciona os seguintes benefícios:

- ✓ educação do volume perdido através dos vazamentos
- ✓ Redução da ocorrência de novos vazamentos.
- ✓ Redução do consumo relacionado diretamente com a pressão, ou seja, desperdício.
- ✓ Diminui a possibilidade de fadiga das tubulações, inclusive a dos clientes.
- ✓ Estabelece um abastecimento mais constante aos usuários.
- ✓ Permite regular a demanda em casos de racionamento.

Com a instalação das válvulas redutoras, a pressão nas redes principalmente nas partes baixas foi reduzida, diminuindo o número de vazamentos, desperdício de água e redução do custo de manutenção.

#### 4.8.4 Estudos de água e energia no sistema de São Tiago

A tabela 4.8 traz os dados referentes à energia elétrica consumida total e consumo específico no sistema de São Tiago no período de outubro de 2007 a setembro de 2008. O consumo específico do sistema de São Tiago é baixo, média anual de 0,63 kWh/m<sup>3</sup>. Mas ainda há potencial para melhorar pois o sistema apresenta perda percentual de água média de 23,09%, o que motiva o sistema a continuar trabalhando buscando sempre melhorar o indicador.

*Tabela 4.9 – Consumo Específico de energia elétrica do Sistema de São Tiago.*

<b>Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada.</b>			
<b>Sistema de Abastecimento de Água de São Tiago.</b>			
<b>Mês/ano</b>	<b>Consumo kWh/Mês</b>	<b>Volume M<sup>3</sup>/Mês</b>	<b>Consumo específico kWh/m<sup>3</sup>/Mês</b>
Out./07	28.270	35.983	0,78
Nov./07	27.444	32.886	0,83
Dez/07	18.668	36.691	0,50
Jan./08	25.536	37.091	0,68
Fev./08	23.051	33.392	0,69
Mar/08	20.832	35.692	0,58
Abr./08	20.678	33.436	0,61
Mai/08	21.171	34.743	0,60
Jun./08	21.759	33.314	0,65
Jul./08	19.283	38.840	0,50
Ago./08	23.067	37.480	0,61
Set/08	20.574	37.626	0,54
<b>Total</b>	<b>270.333</b>	<b>427.174</b>	<b>7,57</b>
<b>Média</b>	<b>22.528</b>	<b>35.598</b>	<b>0,63</b>

*Fonte: Faturas de Energia elétrica da Cemig e IBO/IBG da copasa.*

A tabela 4.9 apresenta além da perda percentual, também a perda específica(litros/ligaçāo/dia), e o consumo específico de energia elétrica (kWh/m<sup>3</sup>) perdido que está embutido nas perdas de água. O kWh/m<sup>3</sup> perdido, aparece na tabela

como informação adicional do potencial de energia que seria possível economizar se houvesse um trabalho mais efetivo de recuperação de perdas de água.

**Tabela 4.10 - Relação Consumo específico e Energia perdida, embutida nas perdas no Sistema de São Tiago.**

<b>Relação do consumo de Energia elétrica x volume de água bombeada.</b>						
<b>Total Sistema de São Tiago – Sistema de Abastecimento de Água.</b>						
<b>Mês/ano</b>	<b>Macro Medido</b>	<b>Micro Medido</b>	<b>Perda [%]</b>	<b>Perda Específica [L/lig/dia]</b>	<b>kWh [M<sup>3</sup>]</b>	<b>kWh Perdido mês</b>
Out./07	35.983	30.746	14,55	56,95	0,78	4.085
Nov./07	32.886	27.527	16,30	58,20	0,83	4.448
Dez./08	36.691	25.507	30,48	121,55	0,50	5.592
Jan./08	37.091	29.204	21,26	85,46	0,68	5.363
Fev./08	33.392	24.378	26,99	97,39	0,69	6.220
Mar./08	35.692	25.756	27,84	107,46	0,58	5.763
Abr./08	33.436	25.784	22,89	82,59	0,61	4.668
Mai. /08	34.743	26.499	23,73	88,67	0,60	4.946
Jun./08	33.314	26.637	20,04	71,44	0,65	4.340
Jul./08	38.840	26.424	31,97	132,64	0,50	6.208
Ago./08	37.480	30.605	18,34	73,30	0,61	4.194
Set./08	37.626	29.457	21,71	86,63	0,54	4.411
<b>Total</b>	<b>427.174</b>	<b>328.524</b>	<b>276,1</b>	<b>1062,28</b>	<b>7,57</b>	<b>60.238</b>
<b>Média (12 meses)</b>	<b>35.598</b>	<b>27.377</b>	<b>23,09</b>	<b>88,52</b>	<b>0,63</b>	<b>5.020</b>

*Fonte: Faturas de Energia elétrica da Cemig e IBO/IBG da copasa*

#### 4.8.5 Oportunidades de melhoria no sistema de abastecimento de água de São Tiago

- ✓ Estabelecer rotinas para manutenção e atualizações de dados cadastrais de redes de água e esgoto.
- ✓ Identificar, separar em mapas temáticos os setores de abastecimento e de medição.
- ✓ Incluir numa segunda etapa, os macromedidores de vazão nos setores de controle de perdas onde já estão instaladas as válvulas redutoras de pressão.
- ✓ Instituir a pesquisa de detecção de vazamentos não visíveis a partir do acompanhamento do fator de pesquisa

#### 4.8.6 O sistema de esgotamento sanitário de São Tiago



*Figura 4.20 – ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) de São Tiago  
Fonte: Arquivo fotográfico da Copasa de Lavras*

O sistema de esgotamento sanitário de São Tiago - MG é constituído, basicamente por um conjunto de redes coletores com diâmetro variando de 100 a 200 mm, e interceptores variando de 200 a 300 mm de diâmetro. Os interceptores foram construídos nas duas bacias

principais da cidade e levam o esgoto até as EEE001, EEE002 e EEE003 de onde é bombeado para a ETE, onde recebe o tratamento convencional anaeróbico. Após processo de tratamento o esgoto é devolvido ao corpo receptor (Rio Sujo), após ser retirado 95% de sólidos totais e matéria orgânica.

#### **4.8.7 Oportunidades de melhoria no sistema de esgotamento sanitário de São Tiago**

- ✓ Instalação de inversores de freqüência na EEE01 (Estação Elevatória de Esgoto nº. 01), é a elevatória que recebe o maior volume de esgoto da cidade cerca de 18 l/s. O bombeamento de esgoto é completamente sazonal com o pico de esgotamento sanitário a ser bombeado coincidindo com o horário de ponta determinado pela ANEEL, por esta razão dificulta a utilização do contrato de Tarifa Horo Sazonal (THS). Durante a madrugada o volume de esgoto a ser bombeado cai consideravelmente e a bomba fica super dimensionada para o pequeno volume a ser bombeado. A instalação o inversor de freqüência resolveria esse problema, baixando a vazão e economizando energia.
- ✓ Maior adesão por parte dos clientes potenciais porque o sistema foi todo dimensionado para uma vazão produzida por toda a população da cidade, mas devido ao grande número de habitantes que usam fossa negra, o sistema está com capacidade ociosa, gastando energia para bombear somente 60% da vazão de esgoto projetada.

#### **4.8.8 Conclusão do estudo de caso II**

O sistema de São Tiago dentro do contexto nacional e estadual, com o *bemchmark* dentro da própria Copasa comparando-o com outro sistema de mesmo porte, o indicador percentual médio de 23,09% e a específica na ordem de 88,52 [L/lig/dia], média de 12 meses, estão até razoáveis.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho possui como principais objetivos apresentar um estudo bibliográfico sobre as perdas de água potável que ocorrem em sistemas de abastecimento, assim como volume perdido com um proporcional desperdício de energia elétrica. Contudo, muito há de se fazer sobre este tema.

A busca da eficiência energética no Saneamento básico é um trabalho complexo por envolver muitas variáveis. Cada sistema de abastecimento possui especificidades e particularidades, que irão direcionar ao corpo técnico das empresas quais os problemas de perdas deverão ser resolvidos primeiro visando à melhorar os indicadores. Quando o trabalho é correlacionado a eficiência energética conforme a tônica atual e com a linha de atuação adotada até mesmo pelo PROCEL, a complexidade aumenta. Isto porque envolve desde a eficiência de equipamentos: sistemas de bombeamento, sistemas adutores e distribuidores, concepção de projetos e *layout* de sistemas de saneamento. Até mesmo a falta de plano diretor urbanístico, influencia na eficiência dos sistemas de abastecimento, visto que, as cidades crescem desordenadamente prejudicando o dimensionamento dos cálculos que foram feitos previamente, sem contemplar tais expansões. Cabe sempre ao corpo técnico das empresas fazer estudos de viabilidade técnico-econômicos dos projetos, elaborando uma hierarquia de viabilidade e retorno de investimento e ir resolvendo do mais viável para o menos viável.

Também, é importante destacar a definição de um modelo de gestão do sistema para garantir a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo que será adotado, porque o trabalho deve ser um trabalho constante, tornando-se não só um trabalho de correção e indicadores, mas um trabalho de manutenção e consolidação.

Há de se ressaltar que, com a tendência mundial de se valorizar aspectos como sustentabilidade, eficiência econômica e proteção ambiental, o problema de perdas de água em sistemas de abastecimento passa a ser de grande interesse em todo o planeta. Ambos os aspectos, técnico e financeiro, têm recebido crescente atenção, especialmente durante os períodos de racionamento de água ou de rápido crescimento da demanda.

No estudo de caso nº. 01 do Setor 08 de Lavras, os resultados, obtidos até o presente momento foram animadores. Com redução da vazão noturna e a redução do volume de perdas total do sistema de Lavras, também por influencia do trabalho em alguns setores, há o

estimulo a ampliação do trabalho para os demais setores, buscando sempre a sustentabilidade e consolidação dos indicadores.

Quanto ao estudo de caso nº. 02 do sistema de São Tiago, a implantação das VRPs reduziu o número de vazamentos e consequentemente, o indicador de perdas da localidade.

A busca por uma maior eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos constitui, sem dúvida, um dos temas atuais de importância estratégica no cenário mundial. No Brasil, também avança-se consideravelmente neste objetivo. Simultaneamente, no âmbito federal e estadual, decisões compartidas pelos representantes dos setores políticos, técnicos e da sociedade civil, têm catalisado a estruturação do gerenciamento dos recursos hídricos nas diversas frentes nas quais esse objetivo deve ser confrontado.

A sugestão é que seja possível a continuação desse estudo por outros pesquisadores, e que o governo através do próprio Procel incentive as empresas de Saneamento a trabalhar “Perdas de água”, como mecanismo de eficiência energética, direcionando parte dos recursos cobrados das empresas concessionárias de energia nos programas de perdas das empresas de Saneamento Básico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUA E ENERGIA: “**Aproveitando as oportunidades de eficientização de água e energia não exploradas nos sistemas de água municipais**”. Alliance to Save Energy (Aliança para conservação de energia) Washington, DC USA, 2002.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; ALVAREZ, G. A. “**Manual de hidráulica**”. 7.ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1985.

COELHO, Adalberto Cavalcante. “**Medição de água e controle de perdas**”. Rio de Janeiro: ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1983.

JANUZZI Gilberto de Martino. “**Energia e Meio Ambiente**”. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/energiaeletrica/energia12.htm>. Acesso em 19 abril 2008.

<http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/manual/carga.asp>. Acesso em 19/05/2008 – 17h50min h.

<http://www.mspc.eng.br/fldetc/flui.shtml>. Acesso em 19/05/2008 - 18h30min h.

PNCDA – “**Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**” – Documentos Técnicos de Apoio – Macromedição (Versão Preliminar) – D2, 1999.

RECH, Antônio Linus. “**Micromedição e perdas**”. 2.ed. São Paulo Editora Scortecci, 1999.

SANTOS, A.H.M. *et al.* “**Conservação de energia**”: eficiência energética de instalações e equipamentos. 3.ed. Itajubá: Ed. da EFEI, 2006.

WERDINE, Demarcus. “**Perdas de Água em Sistema de Saneamento**”: Dissertação de mestrado, Itajubá, 2002 – UNIFEI.

“**Estudo sobre avaliação no impacto da participação do setor privado na provisão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil**”: PMSS (Programa de modernização do setor de saneamento). Ministério das Cidades. <http://www.cidades.gov.br> Acesso em 15/01/2009.

SILVA, Ricardo. “**Caracterização funcional das perdas de água e suas causas**” <http://www.ambientebrasil.com.br> . Acesso em 16/01/2009.

MIRANDA, Ernane Círiaco. “**O programa de modernização do setor de saneamento e a eficiência energética**” II semana de Eficiência Energética. Painel: Encontro Saneamento – Água e energia. Belo Horizonte (MG), 13/09/2005.

MIRANDA, Ernane Círiaco. “**Gestão eficiente de água e energia em saneamento**” 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande (MS), 21/09/2005.

**“Programa de controle e redução e redução de Perdas - Experiência na CACEGE”.** Apresentação Março/2004 XI SILUBESA (Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental) Nata (RN) 28/03/2004 a 02/04/2004.

MACHADO, Maria Adelaide; FERNANDES, Luis Felipe. **“Cálculos de balanço hídrico e indicadores de desempenho de perdas de água em 3 subsistemas da rede de abastecimento de Santa Marta de Penaguião”** – Portugal.

Cia. de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. **“Programa de Redução de Perdas de Água no Sistema de Distribuição”**. Belo Horizonte (MG), Setembro 2003.

VETTORI, Celso Lapa; SASAKI, Edson; RUBIO, Cláudio Luiz Tiozzi. **“Diretrizes para a macromedição permanente na SANASA Campinas – Seleção de macromedidores e condições de instalação”**. SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A) Diretoria Técnica – Gerência de Controle de perdas. Campinas (SP).

PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) **“Uso Racional de Água e Energia”** <http://www.finep.gov.br> . Acesso em 17/01/2009.

Portal do Desenvolvimento, parcerias estaduais, COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. <http://www.portaldodesenvolvimento.com.br> . Acesso em 07/2/2009.

GONÇALVES, Elton; ALVIM, Paulo Roberto Ambrósio **“Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis”** PMSS (Programa de Modernização do Setor de Saneamento).SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Guias Práticos – Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água. Ministério das Cidades. Governo Federal.

VIANA, A. N. C. *et al*, **“Disseminação em informações em Eficiência Energética”** Eletrobrás/Procel – Efficientia/Fupai. Itajubá, 2004.

GARCIA, Agenor Gomes Pinto **“Impacto da lei de eficiência energética para motores elétricos no potencial de conservação de energia na indústria”** Dissertação de mestrado COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro (RJ) Dezembro/2003.

RIBEIRO, Wladimir Antônio **“A hora e a vez dos prefeitos – Entrevista”** Revista H20 – Água. Edição 03 Julho/Agosto. <http://www.h2oagua.com.br> . Acesso em 15/01/2009.

GUIMARÃES, Adriana Biassus, **“Medidor de vazão proporcional para a quantificação do consumo de água na irrigação”** Dissertação de mestrado UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) Santa Maria (RS).

MOREIRA, Marco Antônio Ribeiro **“Potencial de mercado de eficiência energética no setor de água e esgoto no Brasil – Avaliação de estratégias segundo o modelo de Porter”**. Dissertação de mestrado – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro (RJ) Junho de 2006.

VIEGAS, José Vilmar *et al*, **“Projeto piloto de redução de perdas de água e de energia elétrica no sistema de Rio Pardo”**. Artigo: VI Serea (Seminário Ibero-americano sobre sistemas de abastecimento urbano de água) João Pessoa (PB) Junho/2006.

GONÇALVES, E.F., “**História do saneamento**” Sabesp – Diretoria de Sistemas Regionais – DRS – Unidade de negócios Pardo e Grande – RG – Palestra. Acesso em 23/01/2009 às 20h40min. [http://www.al.sp.gov.br/web/instituto/palestras/historia\\_Saneamento.pdf](http://www.al.sp.gov.br/web/instituto/palestras/historia_Saneamento.pdf)

OLIVEIRA, Cristiane Fernandes de, “**A gestão dos serviços de saneamento no Brasil**” Artigo – Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-194-73.htm> Acesso em: 04/02/2009.

TUROLLA, Frederico A. “**Política de saneamento básico: Avanços recentes e opções futuras de políticas públicas**” Texto para discussão nº. 22 – Instituto e Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA disponível em: [http://www.ipea.gov.br/pub/td/2002/td\\_0922.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/2002/td_0922.pdf) Acesso em: 30/01/2009.

VETTORI, Celso Lapa et al, “**Diretrizes para macromedição permanente na SANASA – Campinas – Seleção de medidores e condições de instalação**” Trabalho. Disponível em: [http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab\\_22.pdf](http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_22.pdf) Acesso em: 12/10/2009.

WEG. “**Catálogo Geral de Motores Elétricos**”. Jaraguá do Sul - SC: WEG. 2008. Disponível em: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Motores/Motores-Eletricos-Industriais> Acesso em: 16/02/2009.

KSB. “**Catálogo Geral de Bombas**” Disponível em: <http://www.ksb.com.br> Acesso em: 06/01/2009.

WEB CURSO: “**Eficiência Energética no Controle da Vazão em Sistemas de Bombeamento de Água**” Edição 2009 Disponível em: <http://www.webeficienciaenergetica.kit.net/bombas.htm> Acesso em: 28/01/2009.

SAIN-GOBAIN. “Catálogo Geral de Válvulas” Válvulas PAM Auto operadas Série E2001 Disponível em: [http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/ln\\_valvulas/vse2001-port01.asp](http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/ln_valvulas/vse2001-port01.asp) Acesso em: 16/10/2008.

REIS, Dia dos “**Monumentos de Lisboa – Aqueduto das Águas Livres**” Disponível em: <http://www.pbase.com/diasdosreis/aqueducto> Acesso em 31/10/2009.

IBGE, “**Cidades**” Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acesso em: 05/02/2009.

“**Histórico de São Tiago**” Disponível em: <http://www.portalsaotiago.com.br/h.php> Acesso em: 15/12/2008.

IBGE, “**Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - 2000**” Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtml> Acesso em: 04/12/2008.

COPASA, “**Diversos**” Disponível em: <http://www.copasa.com.br> Acesso em: 06/01/2009.

CEDAE, “**No Brasil a história do abastecimento começa no Rio de Janeiro**” Disponível em: <http://www.cedae.com.br/raiz/002002003.asp> Acesso em: 27/01/2009.

PEREIRA, Heronildes dos Santos *et al* “**O saneamento básico e seus impactos na saúde pública no Brasil**” Disponível em: [www.administradores.com.br](http://www.administradores.com.br) Acesso em: 02/01/2009.

## ANEXOS

### Especificação técnica dos equipamentos do Sistema Produtor do Ribeirão Água Limpa – EAB001 – Água Limpa:

1) Disjuntor tripolar

Marca: Sace

Tipo: C15LA/600 amp.

Acionamento: Manual/Alavanca (Glicerina).

Patrimônio: 70804-1001

Tensão: 17,5 KV, Corrente nominal: 600 amperes, Freqüência: 60 HZ, Montagem: sob carrinho.

2) Transformador trifásico.

Marca: União.

Patrimônio: 7080-2143

Potência: 225 kVA, n.ºsérie: 319577.

Tensão Primária: 13,8 kV, tensão secundária: 440 v.

3) QCM – Quadro de comando do motor.

Localização: Sala de bombas.

Marca: Fercastro.

Potência: 2 x 250CV

Patrimônio: 70704-1329.

Tensão de força: 440 v, tensão de comando: 220 v.

Sistema de partida: chave compensadora.

4) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: GE, modelo: B5k815527A85, potência: 250CV, rpm: 3580, forma construtiva: horizontal

Tensão: 440 v, corrente: 304 A.

Patrimônio: 70702-0001.

5) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: Worthington, modelo: ITA (Bipartida), tipo: 6L13, n.º série: BX 39814.

Altura manométrica: 110 [mca], vazão: 288 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 3510 rpm – 1 estágio.

Patrimônio: 108559.

6) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: GE, modelo: B5k815527A85, potência: 250CV, rpm: 3580, forma construtiva: horizontal

Tensão: 440 v, corrente: 304 A.

Patrimônio: 70702-1076.

7) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: Worthington, modelo: ITA (Bipartida), tipo: 6L13, n.º série: OP 465.462

Altura manométrica: 110 [mca], vazão: 288 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 3510 rpm – 1 estágio.

Patrimônio: 154533.

### **Especificação técnica dos equipamentos do Sistema Produtor do Ribeirão Santa Cruz – EAB002 Santa Cruz:**

1) Transformador trifásico.

Marca: Elca.

Patrimônio: 70802-1133

Potência: 300 kVA, n.ºsérie: 62364.

Tensão Primária: 13,8 kV, tensão secundária: 440 v.

3) QCM – Quadro de comando do motor.

Localização: Sala de bombas.

Marca: Bamaro.

Potência: 2 x 200CV

Patrimônio: 70704-1111.

Tensão de força: 440 v, tensão de comando: 220 v.

Sistema de partida: chave compensadora.

4) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: GE, modelo: A-9030-2, potência: 200 CV, rpm: 3550, forma construtiva: horizontal

Tensão: 440 v, corrente: 240 A.

Patrimônio: 120957.

5) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: Worthington, modelo: ITA (Bipartida), tipo: 6L13

Altura manométrica: 110 [mca], vazão: 288 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 1780 rpm – 4 estágios.

Patrimônio: 137894.

6) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: GE, modelo: B5k81552A147, potência: 200 CV, rpm: 3575, forma construtiva: horizontal

Tensão: 440 v, corrente: 240 A.

Patrimônio: 194980.

7) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: Worthington, modelo: ITA (Bipartida), tipo: 6L13

Altura manométrica: 110 [mca], vazão: 288 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 3500 rpm – 1 estágios.

Patrimônio: 137781.

### **Especificação técnica dos equipamentos do Sistema Produtor do Ribeirão Santa Cruz –**

#### **EAB003 Aeroporto:**

1) Transformador trifásico.

Marca: Mega

Patrimônio: 162990

Potência: 300 kVA, n.ºsérie: 64018.

Tensão Primária: 13,8 kV, tensão secundária: 440 v.

2) QCM – Quadro de comando do motor.

Marca: Bamaro.

Potência: 2 x 200CV

Patrimônio: 70704-1366.

Tensão de força: 440 v, tensão de comando: 220 v.

Sistema de partida: chave compensadora.

3) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: Weg, modelo: 280 SM 1087, potência: 200CV, rpm: 3565.

Tensão: 440 v, corrente: 180 A.

Patrimônio: 148008.

4) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: Worthington, modelo: ITA (Bipartida), tipo: 6L13.

Altura manométrica: 110 [mca], vazão: 288 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 3565 rpm – 1 estágios.

Patrimônio: 70701-1649.

5) Moto r elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: Weg, modelo: 280 SM 0987, potência: 200 CV, rpm: 3575, forma construtiva: horizontal

Tensão: 440 v, corrente: 180 A.

Patrimônio: 138183.

6) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: Worthington, modelo: ITA (Bipartida), tipo: 6L13

Altura manométrica: 110 [mca], vazão: 288[m<sup>3</sup>/h], rotação: 3510 rpm – 1 estágios.

Patrimônio: 166346.

#### **Especificação técnica dos equipamentos do Sistema Produtor do Rio Grande – EAB004**

##### **Rio Grande:**



**Figura 4.9 - Subestação elétrica EEAB Rio Grande – Lavras.**

**Fonte:** Arquivo fotográfico Copasa de Lavras

A subestação elétrica é dotada de 01 disjuntor a óleo e 03 transformadores trifásicos que rebaixam a tensão de 13,8 KV para 4,16 KV e 220 V, chaves e proteções. **Na cabine de medição estão instalados os seguintes equipamentos:**

1) Chave seccionadora tripolar

Marca: Lebasi

Corrente nominal: 400 amperes, Tensão: 15KV, Freqüência: 60 Hz

Tipo: alavanca, Acionamento: manual.

2) Disjunto tripolar

Marca: Beghim

Tipo: PVO 15 P

Acionamento: Botoeiras

Patrimônio: 162982

N.º série: 2661

Tensão: 17,5 KV, Corrente nominal: 630 amperes, Freqüência: 60 HZ, Montagem: sob carrinho.

Capacidade de ruptura simétrica: 525 MVA

### 3) Relé primário

Marca: Sprecher Energie, fabricante Alsthom, modelo: PPC – 1 n.ºsérie: 0981 corrente nominal: 40 amperes, freqüência: 60 HZ

Patrimônio: 162987.

### 4) Relé primário

Marca: Sprecher Energie, fabricante Alsthom, modelo: PPC – 1, n.º série: 0981 corrente nominal: 40 amperes, freqüência: 60 HZ

Patrimônio: 162988.

### 5) Relé primário

Marca: Sprecher Energie, fabricante Alsthom, modelo: PPC – 1, n.º série: 0981 corrente nominal: 40 amperes, freqüência: 60 HZ

Patrimônio: 162986.

Equipamentos instalados na área externa da subestação elétrica da EEAB Rio Grande:

#### 1) Chave seccionadora tripolar (n.º 01)

Marca: Lebasi

Corrente nominal: 400 amperes, Tensão: 15KV, Freqüência: 60 Hz

Tipo: alavanca, Açãoamento: manual.

#### 2) Transformador trifásico (n.º 01)

Marca: Mega

Patrimônio: 162996

Potência: 500 kVA, n.ºsérie: 64018.

Tensão Primária: 13,8 kV, tensão secundária: 4,16 kV.

#### 3) Chave seccionadora tripolar (n.º 02)

Marca: Lebasi

Corrente nominal: 400 amperes, Tensão: 15KV, Freqüência: 60 Hz.

Tipo: alavanca, Açãoamento: manual.

#### 4) Transformador trifásico (n.º 02)

Marca: Mega

Patrimônio: 162995

Potência: 500 kVA, n.ºsérie: 64018.

Tensão Primária: 13,8 kV, tensão secundária: 4,16 kV.

5) Chave seccionadora tripolar (n.º 03)

Marca: Lebasi

Corrente nominal: 400 amperes, Tensão: 15KV, Freqüência: 60 Hz.

Tipo: alavanca, Acionamento: manual.

4) Transformador trifásico (n.º 03)

Marca: Weg

Patrimônio: 162961

Potência: 112,5 kVA, n.º série: 83110

Tensão Primária: 13,8 kV, tensão secundária: 220 v/127 v.

Obs.: Estão instalados ainda na subestação elétrica da EEAB Rio Grande 03 pára-raios de alta tensão 15 KV com neutro aterrado.



*Figura 4.10 - Plataforma onde localiza-se o guindaste de manutenção da balsa e conjuntos do baixo recalque.*

*Fonte:Arquivo fotográfico Copasa de Lavras*

#### **Equipamentos instalados na plataforma:**

1) Guindaste

Marca: Stahl

2) Motor elétrico Trifásico (n.º 01)

Marca: Stahl, Potência: 0,53 kW, rotação: 1625.

Tipo: 4R4/201, n.º série: 19126672

Patrimônio: 166367

3) Motor elétrico Trifásico (n.º 02)

Marca: Stahl, Potência: 0,53 kW, rotação: 1625.

Tipo: 8R4/200, n.º série: 19126678

Patrimônio: 191678.



*Figura 4.11 - Quadro de comando para motores 3 x 40cv x 220 v usado no  
acionamento dos conjuntos do Baixo Recalque  
Fonte: Arquivo fotográfico Copasa de Lavras*

#### Especificação técnica:

Localização: Sala de bombas do alto recalque

Marca: Siemens

Potência: 3 x 40CV

Patrimônio: 162981.

Tensão de força: 220 v, tensão de comando: 220 v.

Sistema de partida: chave compensadora.



**Figura 4.12 - Balsa flutuante e conjuntos do Baixo Recalque**  
**Fonte: Arquivo fotográfico Copasa de Lavras**

#### **Equipamentos instalados:**

- 1) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: Weg, modelo: 200M 0792, potência: 40CV, rpm: 1770, forma construtiva: horizontal

Tensão: 220/380 v, corrente: 98/57A

Patrimônio: 162897.

- 2) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: KSB, modelo: meganorm, tipo: 150-250, n.º série: OP 302.124

Altura manométrica: 16,88 [mca], vazão: 353,50 [m<sup>3</sup>/h]

Patrimônio: 162896

- 3) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: Weg, modelo: 200M 0792, potência: 40CV, rpm: 1770, forma construtiva: horizontal

Tensão: 220/380 v, corrente: 98/57A

Patrimônio: 162899.

- 4) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: KSB, modelo: meganorm, tipo: 150-250, n.º série: OP 302.124

Altura manométrica: 16,88 [mca], vazão: 353,50 [m<sup>3</sup>/h]

Patrimônio: 162898.

- 5) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 03)

Marca: Weg, modelo: 200M 0792, potência: 40CV, rpm: 1770, forma construtiva: horizontal

Tensão: 220/380 v, corrente: 98/57A

Patrimônio: 162895.

6) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 03)

Marca: KSB, modelo: meganorm, tipo: 150-250, n.º série: OP 302.124

Altura manométrica: 16,88 [mca], vazão: 353,50 [m<sup>3</sup>/h]

Patrimônio: 162894.



*Figura 4.13 - Quadro de comando 3 x 4,16 kV usado para acionamento do Alto Recalque*

*Fonte: Arquivo fotográfico Copasa de Lavras.*

#### **Especificação técnica:**

Localização: Sala de bombas do alto recalque

Marca: Machado Corrêa

Potência: 3 x 550CV

Patrimônio: 166363.

Tensão de força: 4,16 kV, tensão de comando: 220 v.

Sistema de partida: chave compensadora.



**Figura 4.14 - Alto Recalque da EEAB Rio Grande 3 x 550CV x 4,16 KV**

**Fonte: Arquivo fotográfico Copasa de Lavras**

#### Equipamentos instalados:

1) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: Villares, modelo: BF3B, potência: 550CV, rpm: 1785, forma construtiva: horizontal

Tensão: 4,16 kV, corrente: 63A.

Patrimônio: 166360.

2) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 01)

Marca: KSB, modelo: WKL (multiestágio), tipo: 150 1/4, n.º série: OP 465.462

Altura manométrica: 265,25 [mca], vazão: 381,6 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 1780 rpm – 4 estágios.

Patrimônio: 166361.

3) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: Villares, modelo: BF3B, potência: 550CV, rpm: 1785, forma construtiva: horizontal

Tensão: 4,16 kV, corrente: 63A.

Patrimônio: 166359.

4) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 02)

Marca: KSB, modelo: WKL (multiestágio), tipo: 150 1/4, n.º série: OP 465.462

Altura manométrica: 265,25 [mca], vazão: 381,6 [m<sup>3</sup>/h], rotação: 1780 rpm – 4 estágios.

Patrimônio: 166358.

5) Motor elétrico trifásico (Conj. Moto-bomba n.º 03)

Marca: Villares, modelo: BF3B, potência: 550CV, rpm: 1785, forma construtiva: horizontal

Tensão: 4,16 kV, corrente: 63A

Patrimônio: 166356.

6) Bomba horizontal (Conj. Moto-bomba n.º 03)

Marca: KSB, modelo: WKL (multiestágio), tipo: 150 1/4, n.º série: OP 465.462

Altura manométrica: 265,25 [mca], vazão: 381,6 [ $m^3/h$ ], rotação: 1780 rpm – 4 estágios.

Patrimônio: 166357.

---

Itajubá, outubro de 2009.