



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**

---



**ESTUDOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL ECONÔMICO DE VAZAMENTO  
NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA ZONA BAIXA DE MACEIÓ**

**Eliana Cristina de Sousa**

**Maceió**  
**2011**

---



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**

---



**ESTUDOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL ECONÔMICO DE VAZAMENTO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA ZONA BAIXA DE MACEIÓ**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.**

Autora: Eliana Cristina de Sousa

Orientador: Profa. Dra. Nélia Henriques Callado

Co-Orientador: Prof. Dr. Valmir de A. Pedrosa

**Maceió**

**Março/2011**

---

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

S729e Sousa, Eliana Cristina de.  
Estudo para determinação do nível econômico de vazamento na rede de distribuição de água da zona baixa de Maceió / Eliana Cristina de Sousa. – 2011. 147 f. : il.

Orientadora: Nélia Henriques Callado.  
Co-Orientador: Valmir de Albuquerque Pedrosa.  
Dissertação (mestrado em Engenharia : Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2011.

Bibliografia: f. 133-138.  
Anexos: f. 139-147.

1. Sistema de abastecimento de água – Maceió (AL). 2. Perdas de água.  
3. Água – Sistema de controle. 4. Economia. I. Título.

CDU: 628.1(813.5)



Universidade Federal de Alagoas – UFAL  
Centro de Tecnologia – CTEC  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamentos – PPGRHS  
Campus A. C. Simões, Av. Lourival de Melo Mota, S/N  
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas  
Tel/Fax: (82) 3214-1279  
E-mail: ppgrhs@yahoo.com  
Homepage://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs



## ESTUDOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL ECONOMICO DE VAZAMENTO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA ZONA BAIXA DE MACEIÓ

ELIANA CRISTINA DE SOUSA

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 17 de março do ano de 2011.

Banca Examinadora:

  
Profª Drª Nélia Henriques

Callado (Orientadora/PPGRHS/UFAL)



Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa

(Co-orientador/PPGRHS/UFAL)



Profª Drª Rosângela Sampaio Reis

(PPGRHS/UFAL)



Prof. Dr. Jaildo Santos Pereira

(UFRB/BA).

---

Dedico este trabalho a única pessoa que é fundamental na minha trajetória, sem a qual eu não teria alcançado êxito: ao meu amado Senhor, Salvador, irmão e amigo Jesus Cristo, Filho de Deus Pai.

---

---

## AGRADECIMENTOS

O amor ao meio ambiente vem de berço, do contato com ele desde a minha infância, através do meu pai Sebastião Batista de Sousa e minha mãe Maria Aparecida de Almeida Sousa. O desejo de contribuir com a gestão das perdas de água no sistema de abastecimento veio de uma conversa no quintal de casa, com minha mãe, quando ainda estava na graduação, após ter percebido a preocupação dela com os recursos hídricos, mesmo sem muitos estudos para isso. Desde então, tem sido uma luta encontrar o nível econômico de vazamento, pois já na faculdade de economia havia a preocupação se poderia enquadrar este assunto nas ciências econômicas, dificuldade que existe até hoje no Brasil. Nesta etapa já pude contar com a ajuda do Jairo Tardelli e do Wilson Cabral, entre outros profissionais da área.

Após a faculdade adquiri mais experiência ao trabalhar na consultoria Estudos Técnicos e Projetos ETEP e conhecer o desejo da SABESP em calcular o nível econômico de perdas, já em 2002. Porém, após cortes de investimentos na área, não pude continuar a pesquisa.

Logo após, pude participar de uma seleção para elaboração desta idéia junto ao Ministério das Cidades sendo aprovada em 1º lugar, porém, novamente não pode ser desenvolvida.

Então, em 6 anos de tentativa de fazer o Mestrado, com dificuldades das mais diversas, entre elas, a competição natural de adquirir conhecimento, fui então selecionada na UFAL, através da aceitação de orientação do professor Valmir de Albuquerque Pedrosa, e classificação satisfatória na etapa de seleção do Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento, junto ao CTEC.

O conhecimento da divulgação da seleção e a classificação foi dado a experiência e conhecimento adquirido junto ao professor Wilson Cabral de Sousa Junior, do ITA, além de outros centros de financiamento e pesquisa e profissionais contatados neste período.

Primeiramente agradeço a Deus, no nome de Jesus, por ter me dado mais esta oportunidade em minha vida, comprovando que vale à pena ter persistido por seis anos em tentar cursar o mestrado, incluindo os amigos que ganhei e por toda transformação que fez em mim neste tempo, e pela grande oportunidade de me deixar servi-Lo quando mandava alguém que precisava de uma palavra Sua, de amor.

---

---

Em especial agradeço por todo suporte/base/amor em minha vida, quando se fazia necessário, minha família: Sebastião, Maria, Eduardo, Edvaldo, Elaine e meus ‘filhos/sobrinhos’ Caio Henrique e Ana Beatriz, por seu colo, e por uma ‘sobrinha’ que ganhei aqui Letícia, por todas as risadas.

Agradeço aos pastores da igreja Batista Vida em Comunidade, no bairro do Santos Dumont, incluindo minha discipuladora Zilda e seu marido, os pastores e ministros da igreja de Orândia e de São José dos Campos, e toda minha família em Cristo, meu grupo de estudo bíblico e oração, enfim, todos em todas as cidades que passei que oraram por mim desde quando me tornei uma irmã para eles e alguns ate antes. Também ao missionário do Programa Conhecendo a Deus Moises Cavalcante e a todas as pessoas que passaram e estiveram ao meu lado e me deram minha comida espiritual: a palavra de Deus.

Grandes amigos caminharam comigo antes e durante este período e me deram força para não desistir: Aline; Nadiane e família; Anique e família; Cecília e família; Márcia e família; Bela e família; turma da sala do LabGeo, Demerval, Walter, Luís, Luizinho e Andrés; Lívia; Gislaine; minha prima Gislaine; Tia Nelsa; Tio Fausto e Tio Oscar; Regina e família por toda sopinha e munguzá e todos bons conselhos e também a Taciana; e a todos que passaram durante o tempo que vivi na Kitnet do Sr. Francisco, inclusive; Edja e família por ter me acolhido quando cheguei na cidade. Família do Neri e Moabe muito obrigada por me ensinar a surfar. Em memória das minhas duas queridas avós e por ter partido desta terra recentemente, minha avó Benedita, que sempre demonstrou que acreditava na minha capacidade, quando um sorriso me dava. Seu sorriso sempre esta presente no meu mundo e faz falta no mundo que vivemos.

Mas com grande apreço por ter me escutado quando precisei, por todo carinho, por todo o tempo, por todos os conselhos, enfim, por existir em minha vida, minha amiga do peito, Geralda, sentirei saudades de chegar de viagem e ter você esperando, por almoçarmos juntas nos domingos, dos abraços e atenção quando eu mais precisava, e sem falar das grandes risadas, incomparáveis.

Agradeço ao meu amigo Jairo Tardelli que me forneceu a primeira idéia do projeto, dado toda a sua experiência na área. Obrigada pela forma de me tratar e toda a atenção. Louvo a Deus pela a sua vida.

---

---

Com alegria e carinho, agradeço ao meu amigo Wilson Cabral de Sousa Junior, professor do ITA, pela confiança dedicada a mim desde a primeira vez que nos falamos por e-mail, por toda experiência na área de recursos hídricos e publicações no tempo que trabalhamos juntos, por toda correção que me fez. Inclusive pela indicação da inscrição neste Mestrado e ajuda que pode dar na elaboração do projeto da dissertação.

Agradeço a todos da CASAL – Empresa de Saneamento de Alagoas que me ajudaram a levantar os dados, desde o mais simples funcionário que me deu um sorriso ou me levou para o campo, até a alta administração que autorizou a disponibilização dos dados. E a todos da equipe do projeto de parceria SABESP/CASAL, destacando a ajuda imprescindível do consultor Aldo da ENOPS Engenharia S.A..

Enfim, agradeço ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, professores pelo conhecimento transferido, colegas, alunos da graduação, funcionários da secretaria pela paciência e ajuda em especial o Cley, da lanchonete, funcionários da cozinha pelo cafezinho, funcionários da limpeza pelo carinho, mas em especial, aos professores que tive oportunidade de me aproximar mais e que conversaram comigo quando precisei. Também aos colegas de diversos cursos da graduação, pelo carinho, apoio e contribuição.

A professora Nélia Henriques Callado, primeiramente por aceitar ser minha orientadora, e depois por todas as disciplinas e repreensões que pode me dar neste tempo para ajudar no meu desenvolvimento acadêmico. Agradeço ao professor Valmir de Albuquerque Pedrosa, professor da UFAL, que além de ser meu co-orientador se prontificou em me receber no curso de mestrado. Também agradeço a FAPEAL – Fundo de Apoio à Pesquisa e Estudos de Alagoas pela bolsa concedida durante todo este tempo.

Perdão se esqueci ou não mencionei o nome de algumas pessoas queridas, porém, se fosse colocar todas as pessoas e situações que vive aqui e fora daqui, num período de 9 anos, minha dissertação seria a minha agenda pessoal e já daria um livro.

---



---

“Feliz a pessoa que recebe o amor de Deus e transfere o que recebe”.

Eliana Cristina de Sousa

---

---

## RESUMO

O controle de perdas em sistemas de abastecimento de água constitui-se em uma das ações contínuas das mais importantes, com reflexos diretos na medida da eficiência operacional e na gestão econômico-financeira de uma Companhia de Saneamento. Em Maceió, capital do estado de Alagoas, o sistema de abastecimento de água, é de responsabilidade da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) e, apresenta perdas, tanto físicas quanto comerciais acima da média brasileira. Visando mudar esse cenário, em 2009 a CASAL iniciou trabalho de controle e redução de perdas em Maceió por meio de um convênio de cooperação técnica com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Como indicadores de perdas encontra-se o Nível Econômico de Perdas (NEP), para perdas aparentes (NEPa) e reais (NEPr ou NEV – nível econômico de vazamentos), que é o ponto de equilíbrio numa relação de custo benefício, ou seja, o ponto acima do qual qualquer outra redução obtida incorreria num excesso de custo, acima dos benefícios derivados dos ganhos, e para o seu cálculo podem ser utilizados diferentes softwares. Assim o objetivo desse trabalho foi estimar o nível econômico de perdas na zona baixa de Maceió, área principal de atuação do convênio CASAL/SABESP e avaliar os principais resultados obtidos como fruto dessa inédita parceria. A metodologia utilizada consistiu na adaptação e aplicação do software ECONOLEAK e levantamento e análise de dados junto a CASAL. Os resultados obtidos mostraram que para essa zona de abastecimento o NEV é da ordem de 1.139.380 m<sup>3</sup>/ano e que os trabalhos realizados no âmbito do convênio CASAL/SABESP resultaram na maior oferta e regularidade na distribuição de água a população sem aumento do volume de água produzido, demonstrando que ações integradas potencializam os ganhos, com conseqüente aumento na eficiência dos recursos aplicados.

Palavras-chave: perdas, controle, nível econômico

---

---

## ABSTRACT

The loss control systems for water supply constitute a continuous action of the most important, with direct impacts on the measurement of operational efficiency and economic-financial management of the sanitation company. In Maceio, capital of Alagoas state, the system of water supply, it is the responsibility of the Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) and introduces losses, both physical and trading above the national average. Aiming to change that in 2009 the couple started working to control and reduce losses in Macedonia through a technical cooperation agreement with Companhia de Saneamento Basico do Estado de São Paulo (SABESP). As indicators of losses there is Level Economic Loss (NEP), to apparent losses (NEPa) and real (NEPr or NEV - economic level of leakage), which is the balance point in a cost-benefit ratio, the point beyond which any reduction achieved in excess of costs incurred above the benefits derived from earnings, and its calculation can be used different software. The objective this study was to estimate the level of economic losses in the downtown area of Miami, the main area of activity of the covenant CASAL/SABESP and evaluate the main results obtained as a result of this unique partnership. The methodology consisted in the adaptation and application of software and Econoleak survey and analysis of data from the CASAL. The results showed that for this area of supply the NEV is about 1.139.380 m<sup>3</sup>/yr and that work performed under the agreement CASAL/SABESP resulted in greater supply and a regular supply of water to the population without increasing the volume of water produced and demonstrated integrated actions that maximize the gains, with increases in resource efficiency applied.

Keywords : losses, control, economic level

---

---

## SUMÁRIO

RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
LISTA DE FIGURAS .....	20
LISTA DE TABELAS .....	21
LISTA DE EQUAÇÕES .....	23
1. INTRODUÇÃO .....	16
2. OBJETIVOS .....	19
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	20
3.1. Sistemas de Abastecimento de Água .....	21
3.2. Perdas em sistemas de abastecimento de água .....	26
3.2.1. Conceituação e terminologias .....	26
3.2.2. Conceitos e classificação das perdas .....	32
3.3. Controle de Perdas .....	35
3.3.1. Histórico do controle de perdas .....	35
3.3.2. Planejamento e gestão .....	37
3.3.3. Principais causas das perdas .....	40
3.3.4. Métodos de controle de perdas .....	43
3.3.4.1. Perdas não físicas (comerciais ou aparentes) .....	44
3.3.4.2. Perdas físicas .....	46
3.4. Indicadores de Perdas .....	56
3.5. Nível Econômico de Vazamento .....	65
3.5.1. Análise Benefício-custo .....	71
3.6. Metodologias de cálculo para o Nível Econômico de Vazamentos .....	71
3.6.1. Balanço de Água .....	73
3.6.2. Monitoramento da mínima vazão noturna .....	74
3.6.3. BABE – Background and Bursts Estimates .....	76
4. Sistema de Abastecimento de Água de Maceió .....	82
4.1. Características da região .....	82
4.2. Histórico .....	82
4.3. Mananciais de abastecimento .....	82
4.4. Estações de tratamento de água (ETAs) .....	84
4.5. Sistema de distribuição .....	85
4.5.1. Reservatórios .....	88
4.5.2. Adutoras de água tratada .....	89
4.5.3. Estações elevatórias .....	90
4.5.4. Rede de distribuição .....	90
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	91
6. METODOLOGIA .....	96
6.1. Levantamento de dados .....	96
6.2. Indicadores de desempenho .....	96
6.2.1. Estimativa da população abastecida .....	97
6.2.2. Cálculo do consumo <i>percapita</i> .....	97
6.2.3. Cálculo da demanda da área de estudo .....	97
6.2.4. Cálculo dos indicadores de perdas .....	97
6.3. Aplicação do Modelo ECONOLEAK .....	99
6.3.1. Generalidades – Tabela 1 .....	99
6.3.2. Dados do sistema – Tabela 2 .....	99
6.3.3. Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL): Parâmetros Básicos – Tabela 3a .....	100

---

---

6.3.4. Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL) da Área de Estudo – Tabela 3b .....	103
6.3.5. Índice de Infra-estrutura de Vazamento (ILI) – Tabela 3c .....	103
6.3.6. Duração e Taxas de Vazamentos Visíveis – Tabela 4a .....	104
6.3.7. Informações Básicas de Vazamentos Não-visíveis – Tabela 4b .....	105
6.3.8. Números de Vazamentos Visíveis – Tabela 4c .....	105
6.3.9. Custo Marginal da Água – Tabela 5a .....	106
6.3.10. Custos da Detecção de Vazamento – Tabela 5b .....	107
6.3.11. Perdas Inerentes Não - visíveis (ajuste segundo a pressão local) – Tabela 6a .....	109
6.3.12. Nível Base para perdas reais anuais – Tabela 6b .....	110
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	111
7.1. Programa de Gestão de Combate as Perdas de Água de Maceió .....	111
7.1.1. Ações controle de perdas comerciais (aparentes ou não físicas) .....	111
7.1.2. Ações controle de perdas físicas .....	112
7.2. Indicadores de desempenho do sistema .....	118
7.2.1. Índices de perda na ZBI .....	118
7.2.2. Consumo <i>percapita</i> na ZBI .....	121
7.2.3. Indicadores do SNIS .....	122
7.3. Estimativa do NEV .....	123
8. CONCLUSOES .....	130
9. RECOMENDAÇÕES .....	132
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	133
ANEXOS .....	139
Figura 1: Custo de reparo e pesquisa ENOPS. ....	147

---

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de abastecimento de água com tratamento de ciclo completo. ....	21
Figura 2- Plantas esquemáticas de algumas redes. ....	22
Figura 3 – Ilustração de sistemas isolados. ....	23
Figura 4 – Ilustração de sistemas integrados. ....	24
Figura 5 - Representação esquemática dos diferentes tipos de redes. ....	25
Figura 6 - Quadro do balanço hídrico da IWA. ....	31
Figura 7 - Classificação dos vazamentos. ....	33
Figura 8 - Componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de controle de caudal. ....	34
Figura 9 - Pontos freqüentes de vazamentos em ramais. ....	42
Figura 10 - Pontos freqüentes de vazamento em redes de distribuição. ....	42
Figura 11 - Ações Estratégicas para redução de perdas aparentes. ....	45
Figura 12 - Perdas não-físicas. ....	46
Figura 13 - Ações estratégicas: perdas reais. ....	47
Figura 14 - Vazamentos no sistema de abastecimento de água. ....	48
Figura 15 - Ferramentas para o controle ativo de perdas reais não visíveis detectáveis. ....	50
Figura 16 - Sequência básica de atividades. ....	51
Figura 17 - Sistema de gerenciamento do reparo de vazamentos. ....	53
Figura 18 - Duração de vazamentos. ....	54
Figura 19 - Comportamento do nível econômico de vazamento sustentável. ....	69
Figura 20 - Análise econômica - controle ativo de vazamentos. ....	70
Figura 21 - Estratégia para o cálculo do NEPr. ....	72
Figura 22 - Componentes do balanço de águas. ....	74
Figura 23 - Componentes da vazão mínima noturna. ....	75
Figura 24 – Captação Pratagy. ....	83
Figura 25 – ETA Pratagy. ....	85
Figura 26 – Divisão da zonas de abastecimento do Planejamento de 1991. ....	86
Figura 27 – Divisão de Maceió em 3 Unidades de Negócio. ....	88
Figura 28 - Fotografia aérea da região baixa IA e IB. ....	91
Figura 29 – Fotografia da zona baixa IA. ....	91
Figura 30 – Localização do reservatório apoiado R-1. ....	92
Figura 31 – Reservatório apoiado R-1. ....	93
Figura 32 – Poço PCA 1. ....	93
Figura 33 – Poço PSM 1. ....	94
Figura 34 – Poço PDAM 2. ....	94
Figura 35 - Readequação de uma ligação e levantamento do perfil do consumidor. ....	112
Figura 36 – Medição de vazão na adutora DN1000 com tubo pitot e de pressão com data logger diferencial. ....	113
Figura 37 – Colaborador da Enops Engenharia instalando tubo pitot. ....	113
Figura 38 – Data Logger de pressão instalado na rua Salvador Calmon. ....	113
Figura 39 - Regulagem de VRP no Benedito Bentes. ....	114
Figura 40 - DMCs da região baixa I. ....	116
Figura 41 - Gráfico de pressões e vazões no Benedito Bentes, antes das VRPs. ....	118
Figura 42 - Gráfico de pressões e vazões no Benedito Bentes, depois das VRPs. ....	118
Figura 43 - Nível econômico de vazamento – custo anual na CASAL ZBI. ....	125
Figura 44 – Esquema do nível econômico de vazamento e do nível base de perdas reais, com as ações de controle de perdas reais em 2010 da parceria CASAL/SABESP. ....	129

---

---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volumes de distribuição.....	27
Tabela 2 – Volumes de faturamento e de perdas.....	28
Tabela 3 - Características dos vazamentos.....	33
Tabela 4 - Perdas não físicas: origem e magnitude.....	40
Tabela 5- Perdas físicas e suas causas.....	43
Tabela 6 - Indicadores de qualidade da IWA, com algumas de suas características.....	57
Tabela 7 - Indicadores de perdas recomendados.....	61
Tabela 8 - Indicadores complementares recomendados.....	62
Tabela 9. Indicadores de avaliação dos sistemas de abastecimento de água em 2008.....	64
Tabela 10. Indicadores de avaliação dos sistemas de abastecimento de água e, 2008 (cont). .	64
Tabela 11 - Valores típicos para consumo noturno.....	75
Tabela 12 - Métodos para cálculo do NEV.....	77
Tabela 13 - Diretrizes gerais para estabelecimento de uma meta para o nível do ILI.....	78
Tabela 14 - Categoria de performance técnica do Banco Mundial.....	79
Tabela 15 - Dados nacionais da água na África.....	80
Tabela 16 - Dados nacionais da água na África: média, mediana, mínima e máxima.....	81
Tabela 17 - Principais reservatórios do SAA de Maceió.....	89
Tabela 18 - Bairros e setores comerciais da zona baixa I.....	92
Tabela 19 - Poços que abastecem a zona baixa I.....	93
Tabela 20 - Características das tubulações da zona baixa I.....	95
Tabela 21 – Tabela 2. Informações do sistema.....	100
Tabela 22 - Dados da CASAL adaptados para o ECONOLEAK.....	101
Tabela 23 - Número total anual de RAs de Maceió.....	101
Tabela 24 - N° médio mensal de RAs da ZBI adaptados aos parâmetros do ECONOLEAK. .....	101
Tabela 25 – Tabela 3a. Perdas Reais Anuais Inevitáveis: Parâmetros Básicos.....	103
Tabela 26 - 3c. Índice de infra-estrutura de vazamento (ILI).....	104
Tabela 27 - 4a. Duração e taxas de vazamentos visíveis.....	104
Tabela 28 – Tabela 4b. Informações básicas de vazamentos não-visíveis.....	105
Tabela 29 - Cálculo da frequência de vazamentos na ZBI.....	105
Tabela 30 - 4c. Números de vazamentos por ano.....	106
Tabela 31 - 5a. Custo marginal da água.....	106
Tabela 32 - N° médio mensal de RAs da ZBI em 2008.....	107
Tabela 33 - Determinação do custo de intervenção por ligação.....	108
Tabela 34 - Parâmetros de entrada ao cálculo da % de correlação.....	108
Tabela 35- % do sistema a ser vistoriado anualmente.....	108
Tabela 36 - Custo do reparo por tipo de perda.....	109
Tabela 37- Custo do reparo por tipo de perda.....	109
Tabela 38 - 5b. Custos da detecção de vazamento.....	109
Tabela 39- 6a. Perdas inerentes não-visíveis (ajuste segundo a pressão local).....	110
Tabela 40- 6b. Nível base para perdas reais anuais.....	110
Tabela 41 - Cálculo de pressão média na ZBI.....	114
Tabela 42 – Medição de vazão na entrada do R1.....	114
Tabela 43 - Cálculo da perda visível de água na adutora DN550.....	119
Tabela 44- Cálculo do desperdício de água no ramal.....	119
Tabela 45- Cálculo da perda de água no cavalete.....	119
Tabela 46 - Cálculo das perdas inerentes para a CASAL.....	120

---

---

Tabela 47 - % de perdas reais em relação ao total de perdas. ....	120
Tabela 48 - Indicadores de perda da ZBI. ....	121
Tabela 49 - Consumo <i>percapita</i> . ....	121
Tabela 50 - Indicadores de avaliação do SNIS e sua comparação com os dados da ZBI. ....	122
Tabela 51 - Indicadores de avaliação do SNIS e sua comparação com os dados da ZBI (cont) .....	122
Tabela 52 - Índice de infra-estrutura de vazamento (tabela 3.c). ....	123
Tabela 53 - 6c. Nível básico de perdas reais anuais. ....	123
Tabela 54 - Custos para a intervenção e regularização por intervalos (tabela 5c). ....	124
Tabela 55- Perdas de água por número de intervenção por ano (tabela 7). ....	124
Tabela 56 - 8. Custo total de intervenção (Rand). ....	124
Tabela 57 - Nível econômico de perdas a cada intervenção do controle ativo de vazamento. .....	124
Tabela 58 – Intervenção a cada 6 meses e análise do NEV. ....	126

---



---

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 .....	47
Equação 2 .....	50
Equação 3 .....	51
Equação 4 .....	51
Equação 5 .....	52
Equação 6 .....	55
Equação 7 .....	58
Equação 8 .....	58
Equação 9 .....	58
Equação 10 .....	58
Equação 11 .....	59
Equação 12 .....	59
Equação 13 .....	59
Equação 14 .....	59
Equação 15 .....	60
Equação 16 .....	60
Equação 17 .....	60
Equação 18 .....	60
Equação 19 .....	61
Equação 20 .....	71
Equação 21 .....	78
Equação 22 .....	97
Equação 23 .....	97
Equação 24 .....	97
Equação 25 .....	98
Equação 26 .....	98
Equação 27 .....	98
Equação 28 .....	98
Equação 29 .....	98
Equação 30 .....	98
Equação 31 .....	98
Equação 32 .....	98

---

---

## 1. INTRODUÇÃO

Um provérbio bíblico cita que “Como fonte turvada, e manancial poluído, assim é o justo que cede diante do ímpio” (BIBLIA ON LINE, 2010). Já, no Dicionário Aurélio (EDITORA POSITIVO, 2009) consta que poluir homens de bem, no sentido de verbo pronominal, é cometer ação infamante; corromper-se, perverter-se. Poluir é sujar, tornando prejudicial à saúde. Manancial é nascente de água; fonte, em seu sentido figurado, fonte perene e abundante, origem, princípio.

O Relatório de Desenvolvimento Humano - RDH (AWWA, 2006) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, alertam que uma proporção de dois terços da população do mundo deve enfrentar escassez de água, dentro de 20 anos.

O cuidado com a água é uma questão de sobrevivência e a responsabilidade é de todos, destacando-se tratar de uma questão diretamente associada com a gestão ambiental. O Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) contempla esta premissa ao definir a água como um bem de domínio público e privilegiar os seus usos múltiplos (abastecimento público, lazer, uso industrial, geração de energia, irrigação, etc). Tais assertivas estão sendo implementadas visando à quebra dos fatores sociais que associam a abundância relativa de água no Brasil a uma cultura de desperdício da população, e como agravante deste processo, os sistemas de coleta, tratamento e distribuição de água do País, parte importante deles antigos e com sérios problemas de manutenção, acumulam perdas que podem superar até 40% do volume de água produzido (MMA, 2008).

Assim, as águas são finitas e além do problema da má distribuição e da poluição, existem ainda problemas sérios como elevados níveis de perdas de água nos sistemas de abastecimento.

Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2002) – sistema desenvolvido pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR) para demonstrar a situação das empresas e órgãos responsáveis pelo abastecimento de água no Brasil - os sistemas de abastecimento de água, em muitos casos, têm-se mostrado deficitários no que diz respeito ao controle de perdas, indicando a necessidade de investimento nessa área.

No Brasil existem, principalmente, dois modelos de administração dos serviços de saneamento: Serviços Municipais (1.661 municípios) e Estaduais (3.900 municípios, 74% da população urbana) (SABESP, 2009). Nessas empresas, os gerentes de distribuição de água e

---

---

os engenheiros estão conscientes de que podem ter reduções significativas em seus custos de produção de água através de redução de vazamento. O maior problema que ameaça a gestão de distribuição de água é determinar quais são as medidas mais benéficas e quanto pode ser salvo em termos reais de cada medida. Como resultado, as vezes é difícil convencer os gestores financeiros a controlar os orçamentos para a atribuição do financiamento necessário para a redução de vazamento.

Partindo desta consideração, nota-se a importância do planejamento e gestão proativa, que busque o uso racional dos recursos hídricos. Neste contexto, as empresas de saneamento, sejam essas estatais ou privadas, desempenham um papel fundamental para a universalização dos serviços de abastecimento de água, ao investirem em ações que visam a redução de perdas e desperdício de água. O investimento em estudos econômicos que traduzam o nível ótimo de redução e busquem incorporar as externalidades deste processo, se torna estratégico para a gestão hídrica atual.

Segundo Miranda (2002), no Brasil o planejamento da oferta de serviços públicos de abastecimento de água ganhou impulso a partir da criação do PLANASA – Plano Nacional de Saneamento, instituído em 1971 pelo BNH – Banco Nacional de Habitação, o qual, do ponto de vista da ampliação da cobertura dos serviços, permitiu avanços consideráveis ao setor saneamento do país. Os investimentos em saneamento, seguindo o modelo da maioria das obras de infra - estrutura urbana, privilegiaram as grandes obras, com ênfase nos sistemas de produção (captação, adutora e tratamento). O sistema de distribuição e as ações de desenvolvimento operacional receberam menor atenção, com recursos mais modestos e menor evolução tecnológica. (MIRANDA, 2002).

Na década de 80 o investimento foi na ampliação da capacidade dos sistemas existentes por meio de estações de bombeamento e extensão das redes até as áreas sem atendimento, porém, enquanto isso, os investimentos em ações de desenvolvimento operacional caíam, tornando o ambiente propício ao crescimento descontrolado das perdas de água nos sistemas de abastecimento, tornando-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento de água do país.

Miranda (2002) comenta que esse quadro fez inverter a lógica da aplicação de recursos no setor, dirigindo os investimentos, prioritariamente, para as ações de desenvolvimento operacional, dentre as quais se destacam aquelas de redução e controle das perdas. Programas de investimentos do Governo Federal e de organismos internacionais passaram a exigir menores níveis de perdas como condição para os prestadores de serviços acessarem recursos

---

voltados à ampliação dos sistemas. A redução das perdas possibilita o melhor aproveitamento da infra-estrutura existente e a postergação da aplicação de recursos para ampliação dos sistemas. Além do mais, possibilita o aumento do faturamento. A implementação dos programas de redução de perdas em diversos prestadores de serviços do país renova e enfatiza a necessidade de desenvolver metodologias e procedimentos para a avaliação das perdas em sistemas de abastecimento de água, incluindo a construção de indicadores – base para a comparação, o planejamento e a avaliação de resultados.

Por isso é importante analisar o vazamento de forma adequada e identificar e quantificar as áreas mais problemáticas, após esta identificação, a medida de redução de vazamento mais adequada deve então ser determinada e acompanhada por motivação financeira.

Existem vários indicadores que podem ser utilizados em pesquisas de perdas, entre estes encontra-se o Nível Econômico de Perdas (NEP) proposto também pela IWA (LAMBERT, 2007), para perdas aparentes (NEPa) e reais (NEPr), também denominado de NEV (nível econômico de vazamentos), que é o ponto de equilíbrio numa relação de custo benefício, ou seja, o ponto acima do qual qualquer outra redução obtida incorreria num excesso de custo, acima dos benefícios derivados dos ganhos.

Dentro deste contexto, este projeto procura referendar esta necessidade, a partir da análise econômica de um Programa de Gestão de Combate as Perdas de Água em uma zona do sistema de distribuição de água de Maceió, através da estimativa nível econômico de vazamentos, imbuído da preocupação com a escassez de água e sua melhor utilização pelos consumidores.

---

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo desse trabalho foi estimar o nível econômico de vazamentos para a zona baixa de Maceió, e avaliar os principais resultados obtidos no Programa de Gestão de Combate as Perdas de Água desenvolvido no âmbito do convênio de cooperação técnica entre a CASAL e a SABESP.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre metodologias para cálculo do Nível Econômico de Vazamentos;
  - Fazer um levantamento a respeito do Programa de Gestão de Combate as Perdas de Água da CASAL em Maceió;
  - Levantar os indicadores de perdas utilizados pela CASAL na área de estudo e compara-los com os dados apresentados no Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) para companhias de saneamento de mesmo porte;
  - Aplicar o ECONOLEAK (tradução, adaptação de parâmetros) para o cálculo do NEV da área de estudo;
  - Comparar os dados do NEV obtidos para a área de estudo com os dados da literatura;
-

---

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Como diretriz nacional para o saneamento básico e para a política federal de saneamento está a universalização do acesso aos serviços de saneamento (Lei nº 11.445/2007). O alcance da meta da universalização ressalta a importância da reestruturação do setor, especialmente o estabelecimento de novos marcos regulatórios e o aumento da eficiência na prestação dos serviços.

Werdine (2002) relata que em 1998 a DESAN/SEPURB/MPO (Diretoria de Saneamento da Secretaria de Políticas Urbanas do Ministério do Planejamento e Orçamento) estimava que os investimentos necessários para a universalização no período de 1999 a 2010 era da ordem de R\$ 44.237 bilhões. Investimentos estes relacionados à água (R\$ 6.663 milhões), coleta (R\$ 20.248 milhões) e tratamento (R\$ 9.926 milhões) de esgotos e reposição (R\$ 7.400 milhões). Nesta ocasião esses valores correspondiam em valores correntes, a 0,36% do PIB (Produto Interno Bruto). No entanto está citado no TRATABRASIL (2010) que nos últimos quatro anos, o investimento em saneamento foi de 0,22% do PIB. Ressalta-se ainda que segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS, cada R\$ 1,00 investido em saneamento representa uma economia de R\$ 4,00 em gastos com saúde.

Tolmasquim (2001) *apud* Ioris (2006) comenta que enquanto no passado a ênfase recaía sobre a expansão da infra-estrutura, os novos métodos de intervenção passam a exigir uma radical flexibilização da atuação do Estado por meio de instrumentos supostamente inovadores. A lei 9.433/1997 também determinou, entre outras medidas, que a água tem valor econômico e que a cobrança pela água bruta (i.e. uso da água de mananciais) serve para indicar aos usuários o seu valor real. A captação de água e o lançamento de efluentes estão agora sujeitos à outorga prévia junto ao órgão regulador (federal ou estadual) e devem pagar uma taxa anual proporcional aos custos sociais criados pelas externalidades econômicas.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, baseando-se em vários fundamentos, entre eles, o que diz, que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Mas será que dentro desta premissa estão incluídas as perdas de água nos sistemas de abastecimento e distribuição?

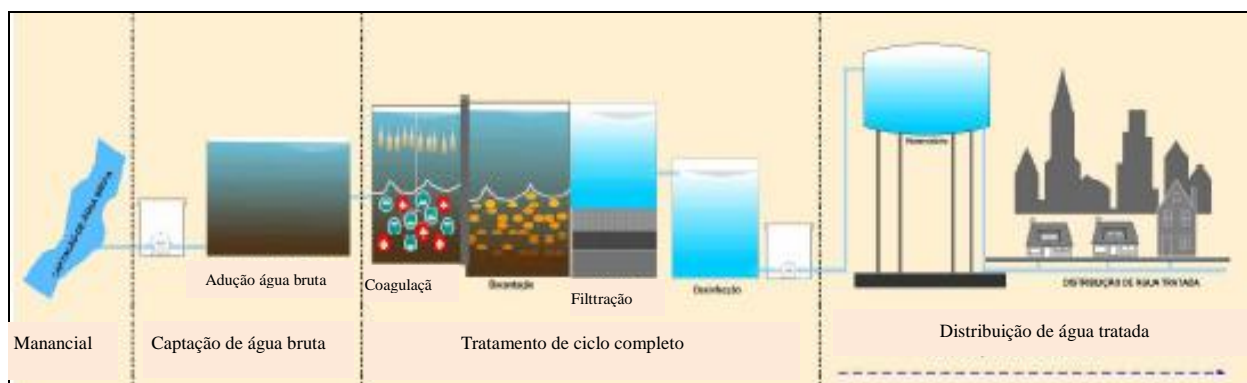
---

### 3.1. Sistemas de Abastecimento de Água

O saneamento básico é o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais, composto entre outros, pelo “abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição” (Lei 11.445/2007).

Segundo o Código Sanitário, Decreto n° 12.342, de 27 de setembro de 1978, no artigo 3° estabelece que “os projetos de sistemas de abastecimento de água e de coleta e disposição de esgotos deverão ser elaborados em obediência às normas e especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e às normas e especificações adotadas pelo órgão técnico encarregado de aprová-los”. Sendo assim, a ABNT responde pela normatização destes projetos.

“Não existe arranjo único que possa caracterizar um sistema de abastecimento de água” (BRASIL, 2007). No entanto, convencionalmente os sistemas de abastecimento de água são composto pelas unidades, apresentadas na Figura 1.



**Figura 1** - Sistema de abastecimento de água com tratamento de ciclo completo.

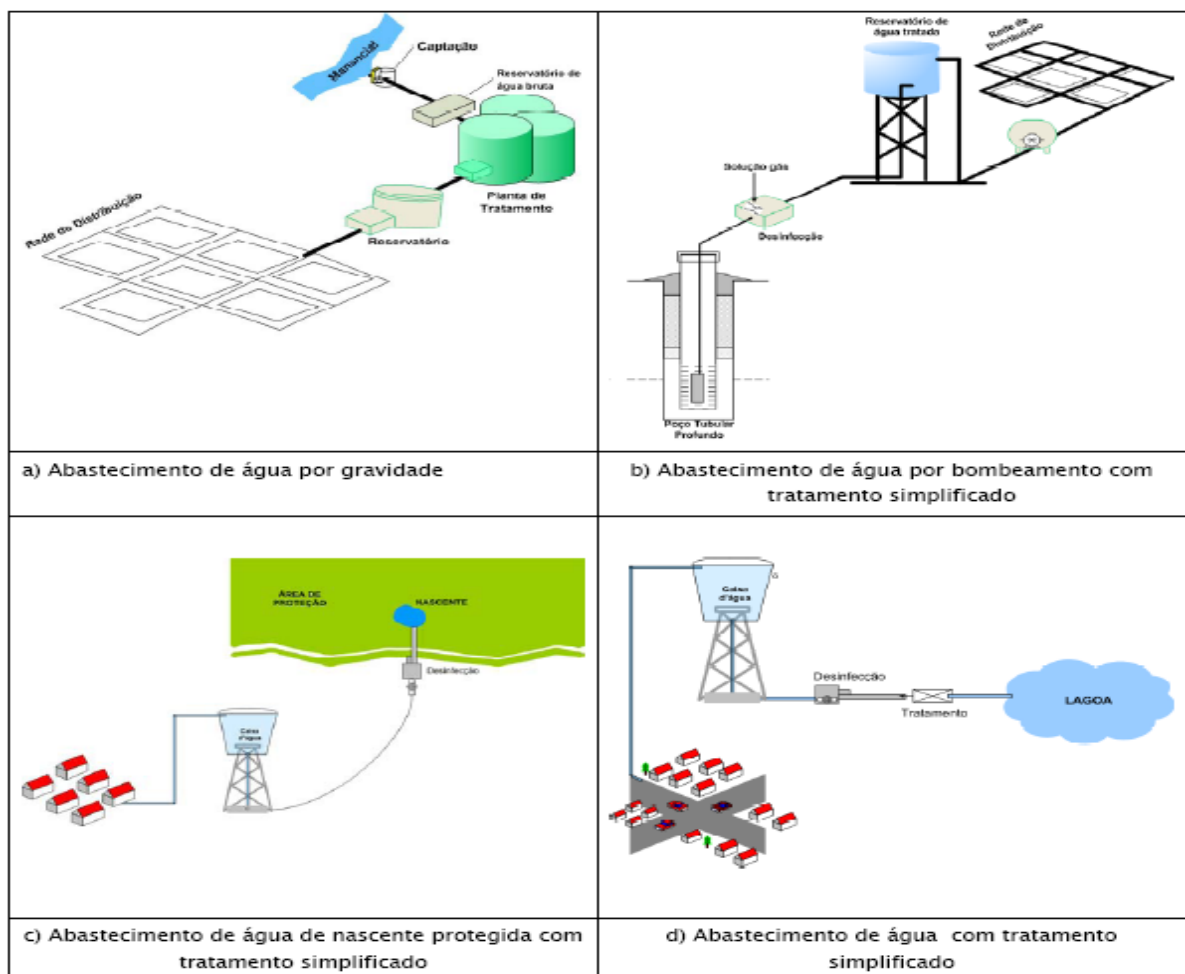
Fonte: BRASIL (2007).

Segundo a SANESUL (2009) as unidades convencionais do sistema de abastecimento de água em:

- Manancial: fonte de onde se retira a água.
- Captação: conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a tomada de água do manancial (por bombeamento ou por gravidade).
- Adução: transporte da água bruta ou da água tratada (por gravidade ou por recalque)
- Tratamento: melhoria das características qualitativas da água, dos pontos de vista físico, químico, bacteriológico e organoléptico a fim de que se torne própria para o consumo. É feito na chamada ETA (Estação de Tratamento de Água).

- Reservação: armazenamento da água para atender a diversos propósitos, como a variação de consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição.
- Rede de distribuição: condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações instaladas nas vias públicas.
- Estações elevatórias ou de recalque: instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevada, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras.
- Ligação Predial de Água: Tubulações e conexões compreendidas entre o registro externo e/ou hidrômetro (medidor do consumo de água) e a rede pública de água.

A captação para abastecimento de água pode ser feita em dois tipos de mananciais: superficiais em curso de água (rios); em represas; lagoas, etc., e subterrâneo através: de caixas de tomada e drenos; de poços horizontais; e poços profundos. E dependendo da qualidade da água e condições topográficas, os sistemas de abastecimento de água podem assumir outras configurações, tais como as apresentadas na Figura 2.



**Figura 2-** Plantas esquemáticas de algumas redes.

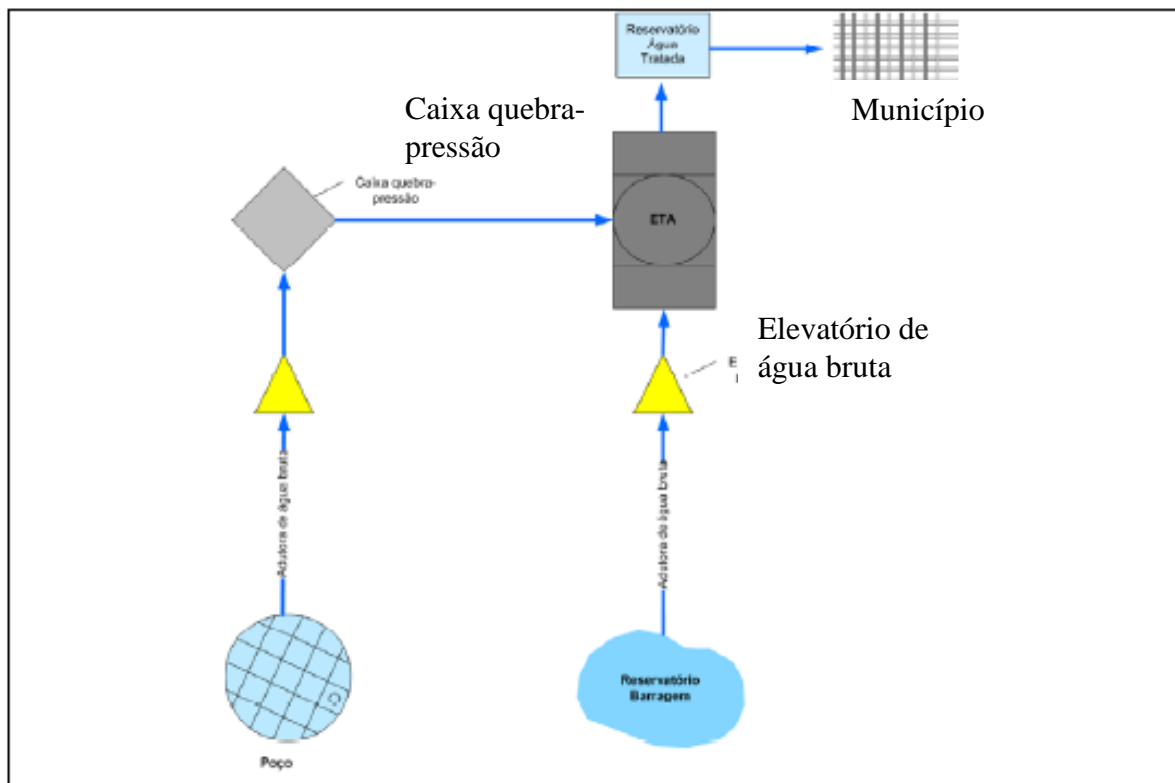
Fonte: BRASIL (2007).



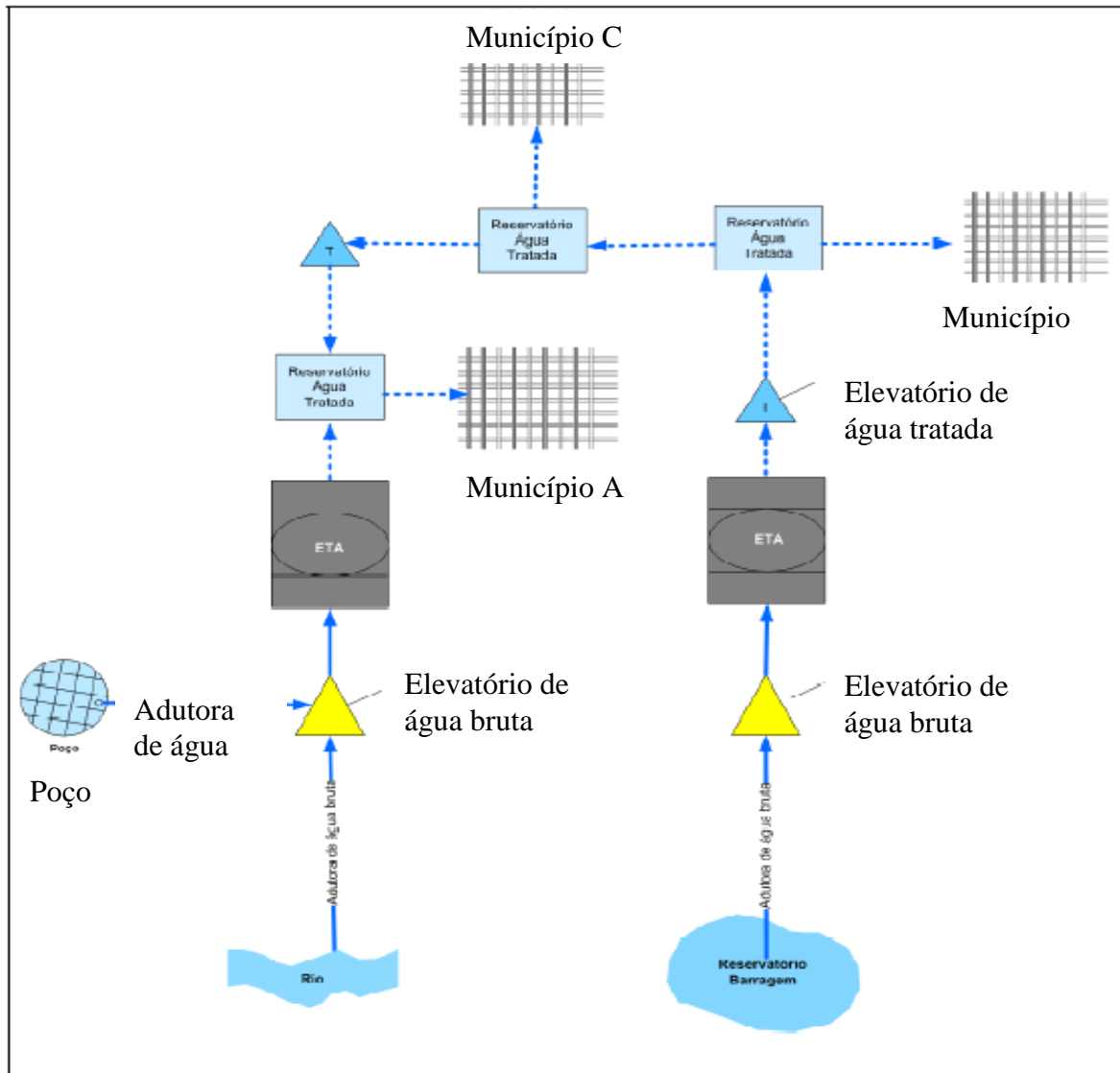
Existem ainda os sistemas isolados e integrados, com o objetivo de caracterizar as situações que podem ocorrer tanto para “sistemas”, como para “soluções alternativas coletivas” de abastecimento de água. Esses sistemas são definidos como (BRASIL, 2007):

- Sistemas isolados: sistemas que abastecem isoladamente bairros, setores ou localidade;
- Sistemas integrados: sistemas que abastecem diversos municípios simultaneamente ou quando mais de uma unidade produtora abastece um único município, bairro, setor ou localidade.

As Figuras 3 e 4 ilustram esses tipos de sistemas.



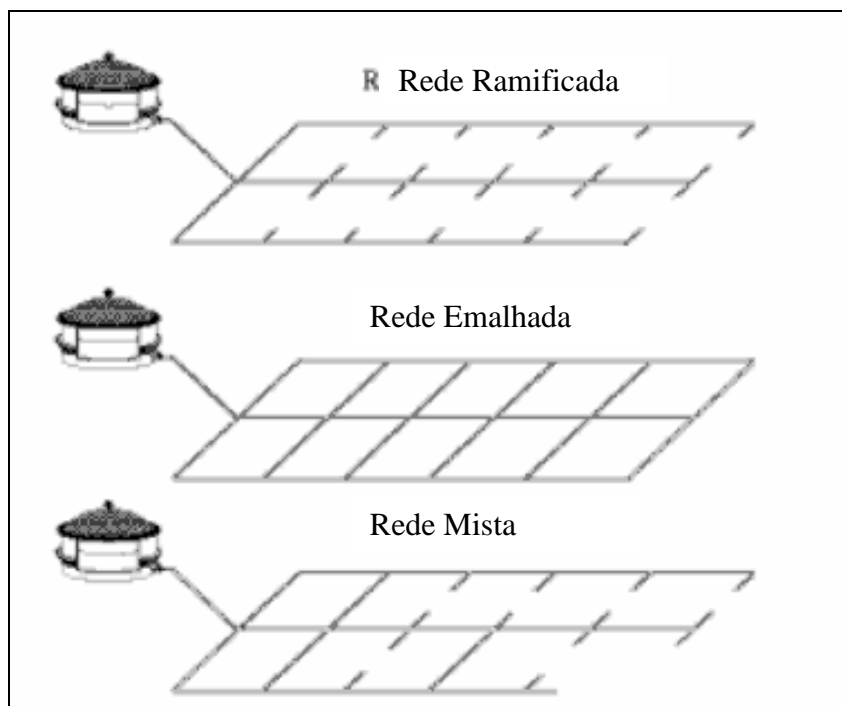
**Figura 3** – Ilustração de sistemas isolados.  
Fonte: BRASIL (2007).



**Figura 4** – Ilustração de sistemas integrados.  
Fonte: BRASIL (2007).

Marques e Sousa (2008) citam que nos sistema de abastecimento de água, a rede de distribuição de água ou o sistema de distribuição de água, é a unidade parcelar constituída pelo conjunto de condutos e pelos elementos especiais, que assegura o transporte e a distribuição da água desde o(s) reservatório(s) de distribuição até os consumidores finais, em quantidade e pressão adequadas.

Segundo Marques e Sousa (2008) a rede de distribuição de água deve seguir os arruamentos, em articulação com as restantes infra-estruturas. Relativamente ao traçado em planta, as redes podem classificar-se em: ramificadas; reticuladas ou emalhadas; mistas. Conforme a Figura 5. Casos especiais podem ainda definir-se os seguintes tipos de redes: redes por andares; e redes distintas para diferentes finalidades (p. ex.: para combate a incêndios).



**Figura 5** - Representação esquemática dos diferentes tipos de redes.  
Fonte: Marques e Sousa (2008).

Segundo Arikawa (2005), dentre as várias situações indesejadas que ocorrem durante o funcionamento de um sistema de abastecimento de água, observam-se: pressões inadequadas, demasiadamente baixas ou muito altas; velocidades baixas ou muito altas; fluxo invertido; vibrações prejudiciais; interrupções no abastecimento; e valores inadequados nos parâmetros de qualidade.

A responsabilidade de gestão do sistema de abastecimento de água é do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão. No Brasil existem, principalmente, dois modelos de administração desses serviços (SABESP, 2009):

- **Modelo 1: Serviços Municipais** (1.661 municípios) - quando o município administra os serviços de saneamento através:
  - da administração direta municipal;
  - de entidade autônoma: autarquia, empresa pública; ou companhia com controle acionário do município;
  - cerca de 60 concessões à iniciativa privada.
- **Modelo 2: Companhias Estaduais de Saneamento** (3.900 municípios – 74% da população urbana)

---

- São empresas de economia mista, com controle acionário de cada Estado da Federação, que operam os serviços de água e esgoto mediante contratos de concessão. (SABESP, 2009).

Assim, sistema de abastecimento e distribuição de água tem como objetivo principal abastecer e distribuir este recurso para a população sob sua responsabilidade, sendo papel da Companhia atuante, cuidar da manutenção de todo este sistema, incluindo o setor operacional de combate a perdas. Desde que existem verbas para tal assertiva.

### **3.2. Perdas em sistemas de abastecimento de água**

#### **3.2.1. Conceituação e terminologias**

Alegre *et al.* (2005) comentam que a implementação de uma política de controle ativo de perdas de água requer o uso de uma linguagem comum entre todos os agentes do processo. Conceitos distintos associados a um mesmo termo ou termos diferentes associados ao mesmo conceito estão freqüentemente na base de interpretações e decisões erradas.

A "International Water Association" – IWA é uma agência que visa a padronização de conceitos e métodos em nível internacional, dos termos ligados as companhias e empresas prestadoras de serviço de abastecimento e distribuição de água. Vários são os estudos na área, entre eles a proposta de padronização de conceitos e fundamentos básicos, tais como: Costa (2009); PNCDA (2003); Miranda (2002); Nazaré (2006).

Porém, na revisão bibliográfica de estudos da área de controle de perdas de água, percebe-se diferenças quanto os conceitos, definições e siglas. Observa-se ainda uma adaptação, segundo a vontade de cada um dos interessados, aos inúmeros termos técnicos, bem como a tradução e interpretação de termos propostos por uma língua estrangeira

Na busca pela padronização de conceitos e fundamentos básicos, Miranda (2002) promoveu uma exaustiva pesquisa no amplo rol de indicadores existentes, no cenário nacional e internacional, bem como de conceitos de termos necessários a elaboração dos índices. Este estudo apoiou-se em entidades/programas e autores reconhecidos no meio técnico de controle de perdas, entre eles: PNCDA; SNIS:PMSS; AESBE/ASSEMAE; AGHTM; IWA; U. K. Water Industry: Bessey e Lambert. A proposta privilegiou a busca de indicadores mais representativos, o que resultou num o glossário final dos dados que compõem os terminologias mais utilizadas em sistemas de abastecimento de água, os quais estão apresentadas na (Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4).

---

**Tabela 1 - Volumes de distribuição.**

<b>SIGLA</b>	<b>NOME</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>COMPOSIÇÃO/COMENTÁRIOS</b>
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>				
VTEX	Volume de água tratada exportado	m <sup>3</sup>	Volume de água potável, com qualidade para pronta distribuição, fornecido para outra(s) área(s) de serviço e/ou para outro(s) agente(s) distribuidore(s).	Divide-se em macromedido - VTEXm - e não macromedido - VTEXnm
VCONm	Volume de água consumido medido	m <sup>3</sup>	Volume de água registrado nas ligações providas de medidores. Não inclui os consumos autorizados não faturados.	
VCONnm	Volume de água consumido não medido	m <sup>3</sup>	Volume de água que corresponde a estimativa de consumo para as ligações não providas de medidores, feita a partir dos volumes medidos em áreas com as mesmas características e para as mesmas categorias de usuários da área estimada. Não inclui os consumos autorizados não faturados.	
VCON	Volume de água consumido	m <sup>3</sup>	Volume de água consumido por todos os usuários autorizados, compreendendo os consumos medido e não medido. Não inclui os consumos autorizados não medidos.	VCONm + VCONnm
VOPE	Volume de água para usos operacionais	m <sup>3</sup>	Volume de água utilizado como insumo operacional para desinfecção de adutoras e redes, para testes hidráulicos de estanqueidade e para limpeza de reservatórios, de forma a assegurar o cumprimento das obrigações estatutárias do operador (particularmente aquelas relativas a qualidade da água). São volumes plenamente conhecidos do operador, que varia em função da natureza do evento e das características da parte do sistema envolvido.	Os volumes que excedem o consumo estritamente necessário são considerados perdas de água (compõem as perdas reais - VPRS).
VREC	Volume de água recuperado	m <sup>3</sup>	Volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes, com incidência retroativa dentro do período da análise. Informação estimada em função das características das ligações eliminadas, baseada nos dados de controle comercial - ganho recuperado e registrado com a aplicação de multas.	
VESP	Volume de água para usos especiais	m <sup>3</sup>	Volume de água utilizado para usos especiais, enquadrando-se nesta categoria, os consumos dos prédios próprios do operador, os volumes transportados por caminhões-pipa, os consumidos pelo corpo de bombeiros, os abastecimentos realizados a título de suprimentos sociais, como para favelas e chafarizes, por exemplo, os usos para lavagem de ruas e rega de espaços verdes públicos, e os fornecimentos para obras públicas. De preferência, os usos considerados neste item devem ser medidos e controlados.	Este volume pode ser faturado ou não, de acordo com a prática local. Nos casos em que for faturado, o mesmo não deve ser considerado nesse item, mas sim nos volumes consumidos (VCON) e faturados (VFAT).
VCNF	Consumo autorizado não faturado	m <sup>3</sup>	Volume de água cujo consumo é autorizado, porém não faturado, compreendendo os volumes de usos operacionais, recuperados e de usos especiais.	VOPE + VREC + VESP
VCAU	Volume de água de consumo autorizado total	m <sup>3</sup>	Volume total de água consumido por usuários registrados, pela própria entidade gestora e por outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo pelo operador, para usos domésticos, comerciais, públicos e industriais. Inclui a água exportada. Corresponde ao somatório dos volumes consumido, tratado, exportado e de consumo autorizado não faturado.	VTEX + VCON - VCNF

Fonte: Miranda (2002).

**Tabela 2 – Volumes de faturamento e de perdas.**

VFAT	Volume água faturado	m <sup>3</sup>	Volume de águas faturado pelo sistema comercial do operador, compreendendo volumes medidos, presumidos, estimados e contratados, mais os consumos mínimos cobrados mediante tarifa fixa. Inclui o volume de água tratada exportado.	Dividi-se em medido - VFATm - e não medido - VFATnm VFATm + VFATnm + VTEX
<b>PERDAS DE ÁGUA</b>				
VCNA	Volume de água de consumo não autorizado	m <sup>3</sup>	Volume de água consumido sem autorização, incluindo usas em ligações clandestinas, furto e usos ilícitos diversos. O volume deve corresponder à melhor estimativa possível.	
VCMC	Volume de água de consumo mal contabilizado	m <sup>3</sup>	Volume de água consumido mas não contabilizado devido a imprecisão ou mau funcionamento dos medidores, omissões e erros de leitura, regras comerciais de limitacao do consumo e política de estornos. O volume deve corresponder a melhor estimativa possível.	Este volume contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas as medições da água produzida e da água consumida. Inclui as imprecisões decorrentes da submedição dos hidrômetros na vazão mínima, muito comum nos sistemas que utilizam caixas d'água domiciliares.
VPAP	Volume de de perdas aparentes de água	m <sup>3</sup>	Volume de perdas aparentes de água referente aos conumos não autorizados e/ou mal contabilizados.	Não se confundem com os consumos autorizados não faturados. Também denominadas, no Brasil, de perdas não físicas. VCNA + CVMC; ou VDIS + VCAU + VPRE
VVAZ	Volume de água de vazamentos nas redes	m <sup>3</sup>	Volume de água de vazamentos e rompimentos nas adutoras, redes e ramais prediais, até o ponto de medição do usuário, com o sistema em pressão.	
VOEX	Volume de água de usos operacionais extraordinários	m <sup>3</sup>	Volume de água destinado a operação da rede e reservatórios, que tem carácter incidental. Corresponde a extravasões ocasionais em reservatórios, a comportas mal fechadas, usos operacionais superiores ao estritamente necessário, etc., com o sistema em pressão.	
VPRE	Volume de perdas reais de água	m <sup>3</sup>	Volume de perdas físicas de água no sistema em pressão, até o ponto de medição do usuário, referente aos usos operacionais extraordinários e aos vazamentos na	VOEX + VVAZ; ou VDIS - VCAU - VPAP
VPAG	Volume de perdas totais de água	m <sup>3</sup>	Volume de perdas de água que corresponde aos somatório das perdas reais (vazamentos e usos operacionais extraordinários) e perdas aparentes (consumos não autorizados e mal contabilizados).	VPAP + VPRE; ou VDIS - VCAU
VANF	Volume de águas não faturadas	m <sup>3</sup>	Volume de água que corresponde a diferença entre o volume disponibilizado para distribuição e o consumo autorizado faturado (incluindo água tratada exportada). Inclui não só as perdas reais e aparentes, mas também o consumo autorizado não medido.	VCNF + VPAP + VPRE; ou /VDIS - VFAT

Fonte: Miranda (2002).

Tabela 3 – Dados de cadastro e operacionais.

SIGLA	NOME	UNIDADE	DEFINIÇÃO	COMPOSIÇÃO/COMENTÁRIOS
<b>DADOS DE CADASTRO</b>				
QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	lig	Quantidade de ligações de água providas ou não de medidores que contribuem para o faturamento. Ligações ativas são aquelas que	
QLAM	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	lig	Quantidade de ligações ativas de água providas de medidores com funcionamento regular, que contribuem para o faturamento. Ligações ativas são aquelas que estão em pleno funcionamento.	
QLIN	Quantidade de ligações inativas de água	lig	Quantidade de ligações inativas de água, providas ou não de medidores, que não contribuem para o faturamento. Ligações inativas são aquelas que embora cadastradas não estão em pleno	
QERE	Quantidade de economias ativas residenciais de água	eco	Quantidade de economias residenciais ativas de água, que contribuem para o faturamento. Economias ativas são aquelas que estão em pleno funcionamento.	O termo economias não é utilizado no cenário internacional. Aquele que mais se aproxima do conceito brasileiro é
QEPR	Extensão da rede de água	km	Extensão de adutoras e redes de distribuição e ramais prediais até o ponto de medição.	
QETR	Extensão local da rede de água	km	Extensão total de adutoras redes de distribuição e ramais prediais até o ponto de medição.	
QERA	Extensão do ramal predial interno	km	Extensão que corresponde ao somatório dos ramais prediais internos entre a divisa frontal do lote e ponto de medição do cliente referido	No Brasil esta extensão é pouco significativa e pode ser adotada igual a
QREP	Quantidade de reparos realizados	reparos	Quantidade de reparos efetuados nas adutoras, redes de distribuição e ramais prediais até o ponto de medição.	
QPME	Pressão média de operação da rede	mca	Pressão de operação na rede correspondente à medida noturna quando o sistema está em pressão.	
<b>DADOS OPERACIONAIS</b>				
QTPR	Tempo de pressurização	horas	Quantidade de horas em que o sistema está em pressão no período considerado na análise interrupções devidas a avarias imprevistas do sistema a reparações correntes ou a trabalhos de reabilitação não devem ser consideradas para este indicador. Em muitos sistemas intermitentes, as interrupções do abastecimento não são simultâneas em toda a rede quando na susistemas abastecidos em períodos diferentes, a informação tem de ser calculada individualmente para	
QDEX	Despesa de expolração	R\$	Custos totais de operação e manutenção, incluindo custos de pessoas, serviços de terceiros, energia elétrica, produtos químicos, taxas e impostos, custos da água importada, e outras despesas.	
QTMA	Tarifa média de água	R\$/m <sup>3</sup>	Tarifa média de água para consumidores diretos residenciais comerciais, industriais e públicos, excluídas receitas de venda de água	
QCMP	Custo médio assumido das perdas reais	R\$/m <sup>3</sup>	Corresponde ao custo marginal de longo prazo relativo as origens próprias de água.	
QDIA	Quantidade de dias	dia	quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.	

Fonte: Miranda (2002).

**Tabela 4** – Volumes de produção;

SIGLA	NOME	UNIDADE	DEFINIÇÃO PRODUÇÃO	COMENTÁRIOS
VPRO	Volume de água produzido	m <sup>3</sup>	Volume de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo operador e a água importada bruta, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do operador, medido e/ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água bruta que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) entrada(s) do sistema de distribuição.	Dividi-se em macromedido - VPROm - e não macromedido - VPROnm
VTIM	Volume de água tratada importada	m <sup>3</sup>	Volume de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebido de outra(s) área(s) de serviço e/ou de outro(s) agente(s) produtor(e)s.	Dividi-se em macromedido - VTIMm - e não macromedido - VTIMnm
VDDS	Volume disponibilizado para distribuição	m <sup>3</sup>	Volume total de água que é introduzido no sistema de adução ou diretamente na rede de distribuição. Corresponde ao somatório dos volumes produzido e tratado importado.	VPRO + VTIM

Fonte: MIRANDA (2002, p. 167).

Em 1997 foi instituído o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD, que está vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades – SNSA/MCidades (especificamente à Diretoria de Desenvolvimento e Cooperação Técnica) e tem por objetivo geral a promoção do uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas.

Esse Programa possui uma vertente relacionada à elaboração de estudos, entre eles os Documentos Técnicos de Apoio – DTAs, quais sejam “Guias Práticos” que visam o atendimento “a uma forte demanda, por parte das equipes operacionais dos prestadores de serviços de saneamento, por documentos de fácil entendimento, aplicativos e práticos de modo a serem úteis quando da realização de serviços de campo” (ALVIM e GONCALVES, 2005).

Entre os guias práticos, existe o DTA-2, que baseado na proposta da IWA de análise do Balanço Hídrico para identificação de perdas nos sistemas de abastecimento de água, sugere a padronização das terminologias apresentadas na Figura 6 para o controle de perdas.



Quadro Proposto pela IWA - International Water Association para a Realização do Balanço Hídrico								
1	2	3	4	5	6	7		
						Volume adicional faturado pela cobrança de consumos mínimos (VAJ)		
Volume importado (VI)	Volume de entrada no sistema de distribuição de água (VD)	Volume exportado para outros municípios (VEX)			Derivação 1 (VEX1)	Compensação na adução		
					Derivação 2 (VEX2)			
					Derivação n (VEXn)			
		Volume autorizado (consumo) (VCA)		Volume medido (consumo medido) (VCM)			Volume micromedido em ligações ativas (residencial, comercial, industrial, público) (VCM1)	Volume vendido (VV1)
							Volume fornecido por caminhão pipa (residencial, comercial, industrial, público) (VCM2)	Volume não vendido (VNV1)
							Volume medido nos próprios do SAAE (VCM3)	
							Volume fornecido por caminhões pipa (parceria medida e não vendida) (VCM4)	
							Outros volumes autorizados medidos e não medidos (VCM5)	
				Volume estimado (consumo estimado) (VCE)			Volume estimado por média em ligações hidrometradas (VCE1)	Volume vendido (VV2)
							Volume estimado em ligações sem hidrômetro (VCE2)	Volume não vendido (usos próprios e operacionais legítimos) (VNV2)
							Volume estimado nos próprios do SAAE (VCE3)	
							Limpeza e desinfecção de redes de água (VCE4)	
							Limpeza de coletores de esgoto (VCE6)	
							Volume de lavagem programada de reservatórios (VCE8)	
							Volume utilizado no combate a incêndio (VCE7)	Volume não vendido (VNV3)
Volume de perdas na distribuição (perda total na distribuição) (VPT)		Consumo não autorizado (VNA)			Consumo não autorizado em favelas e invasões (VPA1)	Volume de perda aparente na distribuição (VPA)		
					Consumo em outras ligações clandestinas (VPA2)			
					Consumo não autorizado em ligações cortadas (VPA3)			
					Volumes de fraudes em ligações ativas (VPA4)			
					Outros consumos não autorizados (VPA6)			
				Erro de medição e erro no tratamento de dados (VET)				
				Perdas em reservatórios, elevatórias e boosters (PRT)	Erro de macromedição (VPA8)	Volume de perdas reais na distribuição (VPR)		
					Erro de micromedição (VPA7)			
					Erros na estimativa de consumo em ligações sem hidrômetros (VPA8)			
				Vazamentos em adutoras e redes (VAR)	Perda referente a consumos acumulados antes da primeira leitura e não vendidos (VPA9)			
					Vazamentos em reservatórios de distribuição (VPR1)			
		Volume de mananciais próprios (VPP)		Descargas em adutoras, redes e lavagens de reservatórios prediais (VDA)			Volume de lavagem de reservatórios em função de problemas operacionais (VPR2)	
					Extravasamentos em reservatórios de distribuição (VPR3)			
				Vazamentos em estações elevatórias e boosters (VPR4)				
				Vazamentos nas adutoras e subadutoras (VPR6)				
				Vazamentos nas redes de distribuição (VPR8)				
				Descargas em manutenção de redes e adutoras (VPR7)				
		Vazamentos em ramais até o ponto de medição do cliente (VRL)	Descargas sanitárias em redes e adutoras (VPR8)					
			Volume de lavagem de reservatórios domiciliares em função de contaminação da rede (VPR8)					
			Vazamentos nas ligações prediais (trecho desde a conexão de derivação até hidrômetro) (VPR10)					

**Figura 6 - Quadro do balanço hídrico da IWA.**

Fonte: Costa (2009).

---

Segundo Miranda (2002) a quantidade de água perdida é um importante indicador da evolução positiva ou negativa da eficiência do sistema de distribuição de água. O cálculo contínuo do balanço de hídrico permite determinar o volume de água perdido e representa uma das melhores ferramentas de gerenciamento dessas perdas

### 3.2.2. Conceitos e classificação das perdas

Existem vários conceitos de perdas. Segundo o dicionário, perda é a “privação de alguma coisa que se possuía, o ato ou fato de deixar de ganhar. Perdas e danos. Prejuízos sofridos pelo credor em consequência de concreta diminuição do seu patrimônio e também pela cessação de lucros que normalmente deveria ter percebido”. (HOLANDA, 2009).

Levando para o aspecto técnico do sistema de abastecimento de água, qualquer parcela do produto que não for entregue (perdas físicas), ou não cobrada (não físicas ou comerciais) será considerado como déficit. A importância do problema dessas perdas está demonstrada sob diversas dimensões, tais como: econômico-financeira (perdas de faturamento); técnica (anulando a idéia de redes totalmente estanques); ambiental (água como recurso finito); de saúde pública (pontos onde existem fugas são potenciais fontes de contaminação da água); e social (principalmente se o custo da água incorporar as perdas) (ALEGRE *et al.* 2005).

Essas perdas vão de encontro ao que preconiza o artigo 2º, da Lei 11.445/2007, que aborda entre outros, os princípios: “VII - eficiência e sustentabilidade econômica; VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas”.

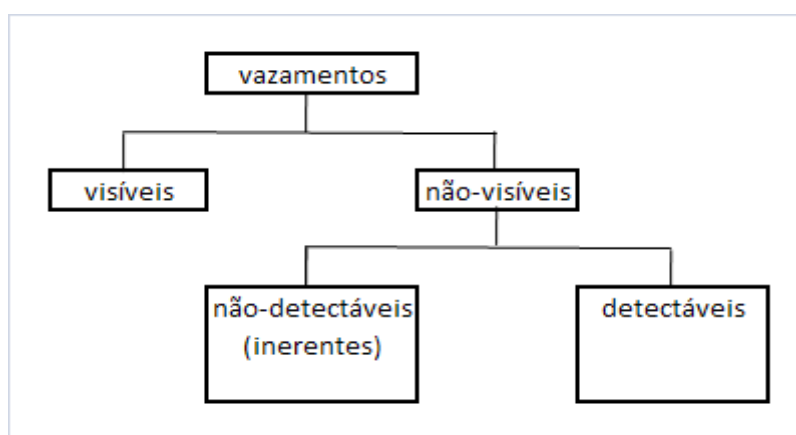
Lysa (1999) *apud* Miranda (2002) apresenta conceitos para perdas físicas (ou reais) e não físicas (comerciais), com um maior detalhamento nas suas definições, a qual se transcreve a seguir:

- (i) perdas físicas (ou reais) - devem ser entendidas como a água produzida, porém não consumida. São constituídas, portanto, pelo volume de água perdido em vazamentos nas redes distribuidoras e ramais prediais, pelos extravasamentos em reservatórios e todas as demais perdas volumétricas de água;
  - (ii) perdas não físicas (ou comerciais) - devem representar todas as perdas referentes à água produzida e consumida, porém não revertida em faturamento para a companhia; elas podem ser classificadas em cinco categorias básicas:
    - consumos não faturados referentes aos usuários não cadastrados – ligações clandestinas, prédios próprios da companhia quando os consumos próprios não são contabilizados;
-

- consumos em ligações inativas (não faturadas);
- subavaliação dos consumos dos usuários não hidrometrados ou com hidrômetro parado ou avariado;
- submedição dos consumos dos usuários hidrometrados devida a diferentes causas - hidrômetros antigos, sobre-dimensionados, inclinados, fraudados, classe metrológica inadequada, etc.;
- perdas geradas pelas regras ou pelos usos comerciais (regras de limitação do consumo faturado, política de estornos).

Com relação às perdas físicas, estas podem ocorrer na captação, na adução de água bruta; no tratamento; na adução de água tratada; na reservação; e na distribuição. Estas perdas podem ser operacionais; e por vazamentos. As operacionais são aquelas intrínsecas ao sistema, tais como em lavagens de unidades operacionais (ETAs, reservatórios, etc), utilizadas em testes, em descargas de fundo, etc.; e as por vazamentos são as perdas propriamente ditas.

Os vazamentos podem ser ocorrer na adutora, na rede, no ramal, no cavalete, bem como em outros pontos do sistema de abastecimento de água. E estão classificados em duas principais categorias: visíveis e não-visíveis. Por sua vez, os não-visíveis podem ser encontrados como não-detectáveis (inerentes) e detectáveis. A Figura 7 ilustra essa classificação dos vazamentos (perdas físicas ou reais) e a Tabela 3 apresenta as suas características.



**Figura 7** - Classificação dos vazamentos.

Fonte: ABENDE (2001/2002) apud Tardelli Filho (2004).

**Tabela 3** - Características dos vazamentos.

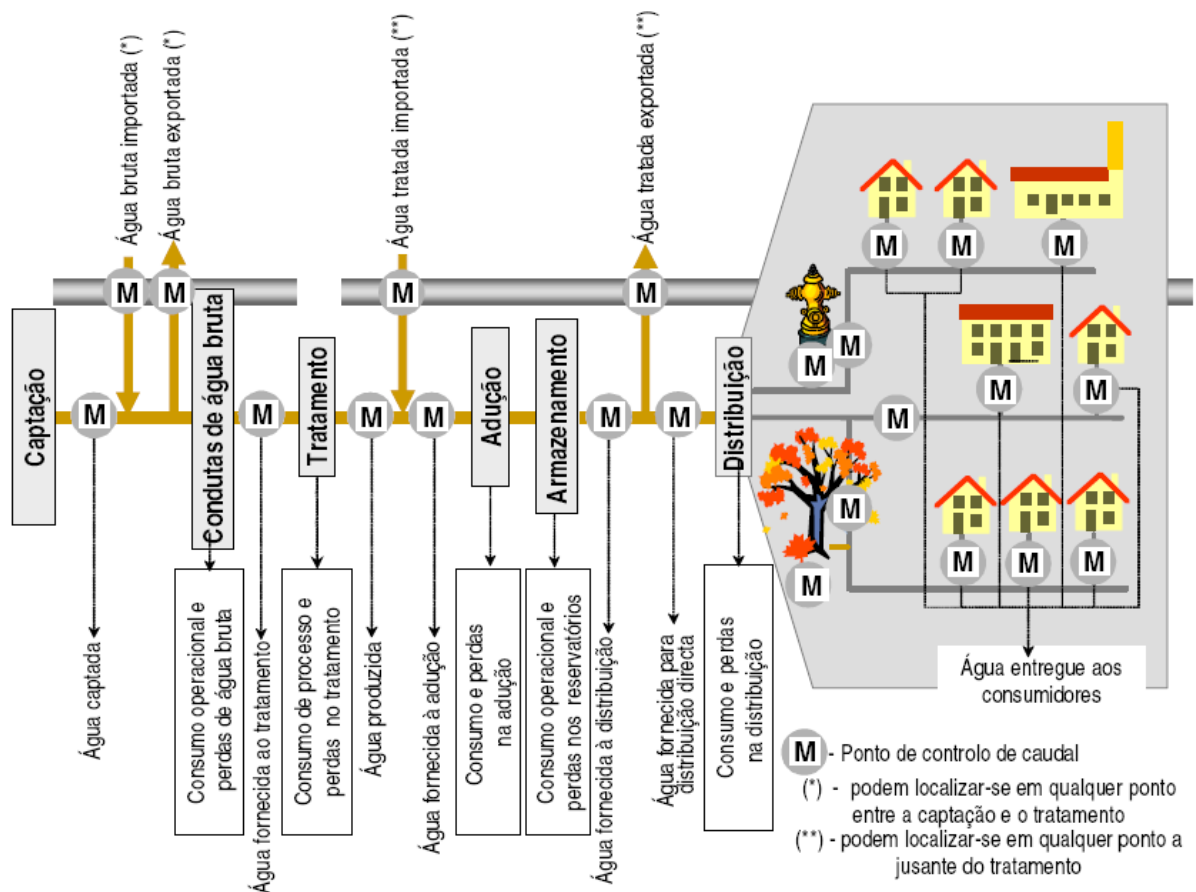
Tipo de vazamento	Características
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, baixas vazões, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

Fonte: Lambert (2000) apud Tardelli Filho (2004).

Segundo Tardelli Filho (2004) por razões práticas, por exemplo, tempo do conhecimento do vazamento até o efetivo reparo, e econômicas, por exemplo, limitações quanto à logística e o aparato tecnológico, é impossível garantir perda zero no sistema de abastecimento de água.

Assim, a IWA está trabalhando na padronização de mais um tipo de vazamento, os inevitáveis, que são todo tipo de perda considerado irrecuperável num sistema de abastecimento de água, que pode incluir também parte das perdas inerentes.

Para se ter o controle dessas perdas e se conhecer os volumes de água utilizados nos processos de operação dos seus sistemas de abastecimento de água, são necessárias, entre outras ações, medições periódicas em pontos estratégicos. Com o objetivo de visualizar melhor as perdas físicas encontra-se na Figura 8 um o diagrama de identificação de possíveis perdas e pontos de medição e controle.



**Figura 8** - Componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de controle de caudal.

Fonte: Alegre *et al.* (2005).

---

### 3.3. Controle de Perdas

Este item foi dividido em subitens relacionados ao histórico de controle de perdas; gestão, planejamento, auditoria, estratégia e otimização; principais causas de perdas; ações, métodos e técnicas de controle de perdas.

#### 3.3.1. Histórico do controle de perdas

Para melhor contextualização dos principais métodos e tecnologias de detecção e controle de perdas de água pelas Prestadoras de Serviços de Saneamento, faz-se necessário um breve comentário sobre o histórico da redução e controle de perdas em nível internacional e nacional.

Arikawa (2005) apresenta uma detalhada revisão deste assunto na qual comenta que antes de 1900 o controle de perdas reais era feito pelo Controle Passivo, ou seja, os reparos de vazamentos somente eram efetuados por intermédio de solicitação do usuário e o Controle Ativo iniciou-se com as medições de vazão, através da utilização de tubo pilot (1800), em zonas delimitadas. Em 1940 começou a ser realizada a pesquisa de vazamentos não visíveis com geofone mecânico e, a partir de 1950, com o geofone eletrônico. O correlacionador de ruídos (usado com amplificadores) e o armazenador de dados surgiram após os anos 70. Nos anos 80 e 90 as perdas reais passaram a ser monitoradas por meio do controle de pressão e modelagem ativa das perdas. A nível internacional essa autora destaca o seguinte histórico:

- 1980 – Inglaterra – Leakage Control Policy and Practice - Relatório 26 - Redução de Perdas Físicas - WRC (o ponto de partida para que os operadores de sistemas de abastecimento de água examinassem suas perdas, e desenvolvessem melhores técnicas para controlá-las);
  - 1994 – Inglaterra – Controle de Perdas 9 Informes (Managing Leakage – Reports A to J – WRC): constituído de nove relatórios que compõem o modelo para conceituação das perdas e apresentação de técnicas para redução e controle de perdas. Também aborda a determinação de indicadores de desempenho, a avaliação econômica, a estimativa de água consumida não medida, a interpretação da mínima vazão noturna e seu uso, o controle de pressão e as perdas nas unidades consumidoras;
  - 1994-1998 – Inglaterra – Seção de Descarga Constante e Variável (em inglês: Fixed and Variable Area Discharge – FAVAD, para avaliação de perdas reais). Os conceitos BABE e FAVAD, definidos no Item 3.4 – Métodos para Avaliação de Perdas Reais, tem sido aplicados nos projetos e estudos de redução de perdas nos seguintes países: Austrália,
-

---

Áustria, Bahamas, Bolívia, Bósnia, Brasil, Canadá, França, Gana, Grécia, Japão, Jordânia, Kazaquistão, Malásia, Malta, Nova Zelândia, Noruega, Omã, Palestina, Filipinas, Arábia Saudita, África do Sul, Inglaterra e Estados Unidos (LAMBERT, 2002);

- 1996-2000 – Força Tarefa – Introdução de terminologia padrão e Melhores Práticas para análise de índices de performance e Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) (em inglês: Unavoidable Annual Real Losses – UARL) – IWA; e 2001 – Alemanha – International Report – IWA (atualizaram os métodos para avaliação de perdas, e definiram as melhores práticas para análise de indicadores de performance em sistemas de abastecimento de água);
- 2002 – Princípios para cálculo do Nível Econômico de Perdas: atualização da bordagem apresentada no Report A – Key principles in the economic level of leakage calculation referente aos 9 Informes da Managing Leakage – WRC (destaca-se a iniciativa do Nível Econômico de Vazamentos envolvendo métodos para determinação do balanço entre custos e benefícios do gerenciamento de perdas reais).

No Brasil Arikawa (2005), cita que vários programas de redução de perdas foram implantados pelas Prestadoras de Serviços de Saneamento públicas e privadas desde a conscientização da sua importância, entre eles destaca-se a implantação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) em 1969, com investimentos consideráveis e a constituição da Comissão Nacional de Controle de Perdas pelo Banco Nacional de Habitação (BNH). Depois de 1984 foi complementada a Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) uma Câmara de Desenvolvimento Operacional, cuja finalidade é apoiar e incentivar programas dirigidos à redução das perdas e otimização operacional dos sistemas de abastecimento de água. Em seqüência a revisão histórica dessa autora, destaca vários seminários, reuniões e projetos que foram criados, tais como:

- Seminário de Macromedição, realizado em 1980, no Rio de Janeiro, com a participação das Companhias Estaduais de Saneamento;
  - A campanha para redução de perdas incentivada pelo BNH acabou dando origem ao Plano Estadual de Controle de Perdas (PECOP), implantado em 1981, com o objetivo de reduzir o volume perdido, bem como identificar e eliminar os fatores que ocasionam as perdas;
  - Em 1984, o PECOP sofreu reformulações em sua abrangência, dando maior ênfase na ação global de planejamento, controle e desenvolvimento da operação, originando o Programa de Controle e Desenvolvimento da Operação (PEDOP);
-

- 
- Em 1995, criação do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNSA), por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). O SNIS constitui um diagnóstico contendo informações coletadas e indicadores de desempenho, referentes a uma amostra de Prestadoras de Serviços de Saneamento. Além do Diagnóstico, são também produtos do SNIS: a série Visão Geral da Prestação de Serviços de Água e Esgotos, e o Aplicativo da Série Histórica;
  - Em 1997, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), financiado pela União, foi desenvolvido pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR), por intermédio de convênio firmado com a Fundação para Pesquisa Ambiental da Universidade de São Paulo. O convênio teve como escopo a realização de estudos especializados e a organização de um conjunto de 16 Documentos Técnicos de Apoio (DTA) as atividades do Programa, nas áreas de planejamento das ações de conservação, de tecnologia dos sistemas públicos de abastecimento de água e de tecnologia dos sistemas prediais de água e de esgoto;
  - Em 1998, a Fase II do PNCDA incluiu a produção de mais 4 DTAs;
  - Em 1999-2000 foi desenvolvido o Programa de Qualificação e Certificação em Detecção de Vazamentos Não-Visíveis de Líquidos sob Pressão, pela Associação Brasileira de Ensaio Não-Destrutivo (ABENDE) e pela Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE);
  - Seminário Internacional sobre Programas de Redução e Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água, realizado em 2002 no Recife – PE, pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano (SEDU/PR) por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS).

### **3.3.2. Planejamento e gestão**

O modo de gestão dos agentes de sistema de abastecimento e distribuição de água varia de acordo com a cultura, interesse, necessidade, visão da equipe e do líder da mesma, entre outros fatores. O controle de perdas de água pode ser considerado como parte integrante da gestão dos sistemas de abastecimento de água, para o fornecimento de água potável em quantidade suficiente, à pressão adequada e com o menor custo possível. Para se atingir tal meta e necessário considerar a eficiência e eficácia do sistema.

---

---

Segundo Alegre *et al.* (2005) a eficiência (ações de controle de perdas) mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia mede até que ponto os objetivos de gestão, definidos específica e realisticamente, foram cumpridos, ou seja, se a infra-estrutura existente é adequada, se os recursos atuais disponíveis são racionalmente utilizados e se este conjunto é gerido com sustentabilidade.

Arikawa (2005) comenta que quando as Prestadoras de Serviços de Saneamento estudam alternativas para atender as demandas futuras frente a atual disponibilidade hídrica, duas alternativas são consideradas:

- Aumento da produção: além do aumento da capacidade de tratamento da água, às vezes há necessidade do aumento da reservação, da capacidade de bombeamento, e também da adução;
- A redução da demanda futura de água por meio da redução de perdas e do gerenciamento da demanda.

De maneira lógica a segunda alternativa é recomenda antes da primeira. Pode-se dizer que o Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água é um dos aspectos mais importantes para a utilização racional e eficiente dos recursos naturais e das instalações existentes para seu melhor aproveitamento.

Estrategicamente o principal elemento a ser definido é a meta de redução de perdas a ser alcançada, considerando as características do sistema e as práticas operacionais existentes, com seus respectivos prazos. Desta forma, deve-se então definir um padrão de ações estratégicas de controle de perdas, da qual se da o nome de Programa de Controle de Perdas. A estratégia de combate a perdas proposta por Farley e Trow (2003, *apud* Arikawa 2005), é dividida em cinco etapas: Preparação, definição de metas, implantação das ações, gerenciamento e monitoramento.

- Preparação

Refere-se à elaboração do plano, incluindo o diagnóstico dos níveis atuais de perdas e o entendimento das causas e efeitos das perdas. Identificando onde as maiores perdas ocorrem é possível à Prestadora de Serviços de Saneamento definir prioridades de combate às perdas, e elaborar um plano estratégico a ser implementado.

- Definição de metas

---



---

Consiste na definição de metas de curto e longo termo para redução de perdas, considerando o plano de investimentos da empresa, levando-se em consideração a determinação do Nível Econômico de Perdas.

A meta de curto prazo deve ser estabelecida com referência à meta de longo prazo. Uma aproximação razoável é considerar entre 50 e 80% da redução em longo prazo dentro de um período de 5 anos. Em curto prazo, período menor que 4 anos é muito ambicioso, e maior que 7 anos não será um plano econômico. É recomendável que a estratégia de gerenciamento de perdas seja mantida sob constante revisão e que seja submetida a auditorias anuais.

- Implantação das ações

Execução das intervenções de combate às perdas; incluindo as de infra-estruturas (tais como reabilitação dos sistemas: substituição, renovação e o reforço de elementos do sistema) as quais deve se basear em previsões realistas das necessidades a curto, médio e longo prazo, em situação normal e em situação de emergência.

- Monitoramento

Etapa de manutenção e controle para que os níveis de perdas não aumentem, onde são feitas avaliações constantes destas perdas. Segundo Arikawa (2005) existem dois métodos para avaliação de perdas, conhecidos no setor de saneamento como Top-down e Bottom-up.

O primeiro, Top-down, consiste em avaliar as perdas por meio do cálculo do Balanço de Águas “de cima para baixo”, ou seja, pelo volume de água que entra no sistema menos o volume de água consumido. Neste método as perdas calculadas são as perdas totais resultantes das várias partes da infra-estrutura. O segundo, Bottom-up, consiste em avaliar as perdas por meio de pesquisas, testes e inspeções em campo de cada componente de perda, real ou aparente, e ainda para cada área específica, compondo, assim, a somatória das parcelas de volumes perdidos até a obtenção do volume total de perdas.

Esta avaliação consiste numa auditoria que identifica o volume de água perdido e seu com o objetivo de subsidiar a empresa na seleção e implementação de programas para redução de perdas no sistema de abastecimento de água. Mas antes dessa auditoria deve-se estabelecer a planilha modelo; o período de análise; a unidade de medida. Os passos para a auditoria são: Medição da produção; Medição do consumo autorizado medido; Medição do consumo autorizado não-medido; Análise dos resultados (ARIKAWA, 2005).

- Gerenciamento

Segundo Tardelli Filho (2004) o gerenciamento do controle de perdas envolve o acompanhamento de diversas ações especializadas, integradas e seqüências, avaliando o

---

andamento e medindo os resultados, para definição de novas estratégias e etapas. Isso nada mais é do que incorporar o ciclo do PDCA nos processos operacionais envolvidos no controle e redução de perdas em sistemas de abastecimento de água.

O ciclo começa pelo planejamento (PLAN), em seguida a ação ou conjunto de ações planejadas são executadas (DO), checa-se se o que foi feito estava de acordo com o planejado (CHECK), constantemente e repetidamente (ciclicamente), e toma-se uma ação (ACTION) para eliminar ou ao menos mitigar defeitos no produto ou na execução.

O que há de importante nesse processo (ciclo do PDCA) é que as decisões devem ser tomadas baseadas em indicadores e análises criteriosas dos resultados, deixando de lado o predomínio da experiência dos operadores do sistema de abastecimento de água como definidora das ações. Essa bagagem de conhecimentos, que não deve ser desprezada, merece ser utilizada junto com ferramentas e métodos que traduzam uma maior otimização dos recursos disponíveis e uma elevada eficácia do resultados.

### 3.3.3. Principais causas das perdas

Para melhor definição das ações, métodos e técnicas de controle de perdas de água e importante avaliar suas causas. Na Tabela 4 - 6 pode-se observar as perdas não físicas (comerciais), origem e magnitude.

**Tabela 4 - Perdas não físicas: origem e magnitude.**

<b>Perdas não físicas: origem e magnitude</b>	
<b>Origem</b>	<b>Magnitude</b>
Ligações clandestinas/irregulares	Podem ser significativas, dependendo de procedimento cadastral e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento via sistema.
Ligações não hidrometradas	
Hidrômetros parados	
Hidrômetros subdimensionados	
Ligações inativas reabertas	
Erros de leitura	
Número de economias errado	

Fonte: adaptado PNCDA (1999) *apud* Gomes (2006).

Com relação as perdas físicas Miranda (2002) cita que a pressão de operação dos sistemas de abastecimento tem efeito expressivo nos vazamentos de água, existindo atualmente uma forte tendência de construção de indicadores que entram no cálculo com a pressão de operação da rede. O conceito FAVAD – Fixed and Variable Area Discharge Paths (Seção de Descarga Constante e Variável), estabelece parâmetros de avaliação das perdas a partir da variação da pressão. Assim, este autor comenta, que um rigoroso sistema de monitoramento das pressões, uma setorização eficiente e o adequado controle de cada setor de

---

abastecimento são fatores fundamentais para o controle de perdas; e a determinação da pressão média de operação uma atividade indispensável.

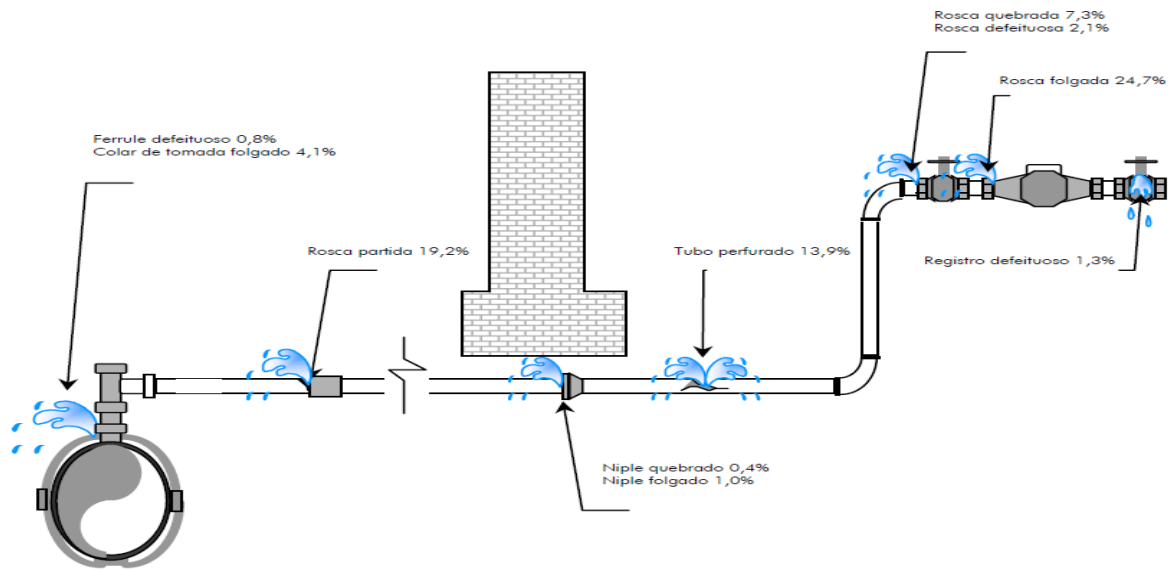
Outro fator de grande influencia nos vazamentos (perdas físicas) é o estado de conservação da rede de distribuição. Encontra-se mencionado no DTA-A2 que a magnitude das perdas é tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

Farley e Trow (2003) *apud* Arikawa (2005) citam que na rede de distribuição os tipos de vazamento mais freqüentes são:

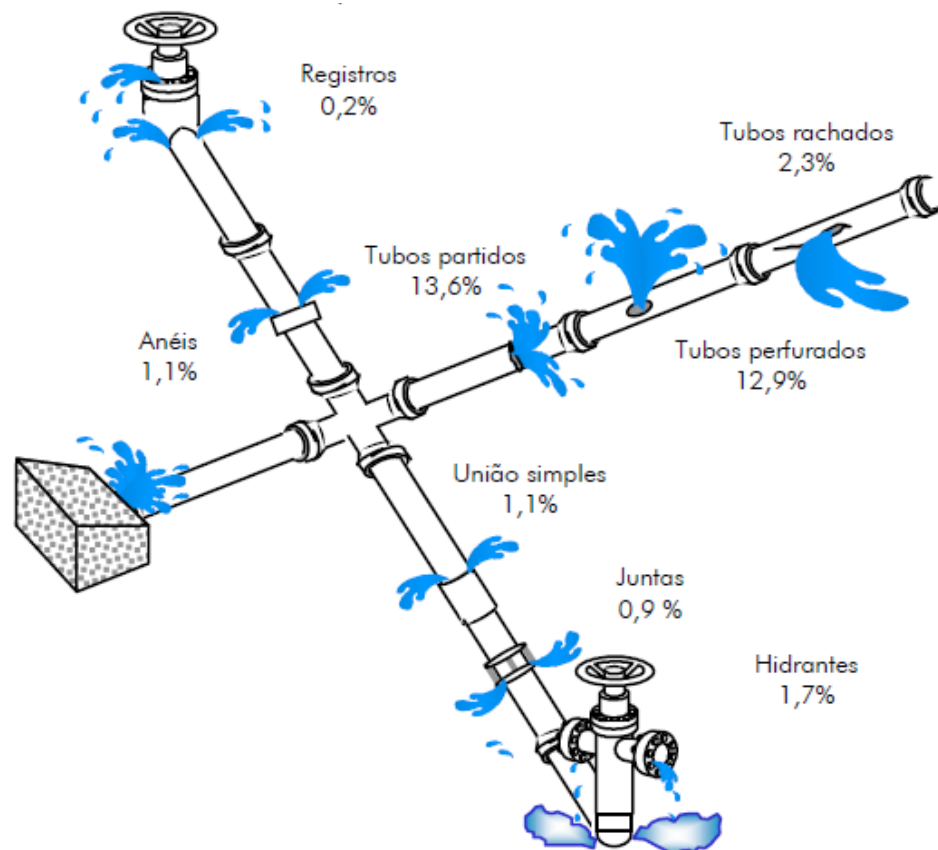
- Trincas: alguns tipos de materiais como o aço e o PVC podem trincar horizontalmente devido ao excesso de pressão ou por algum dano externo;
- Ruptura em anel: pode ocorrer em tubos de ferro fundido de parede fina. Os tubos de menor diâmetro são mais suscetíveis a este tipo de fratura do que os de grande diâmetro;
- Pontos de corrosão: todas as tubulações metálicas são suscetíveis a pontos de corrosão;
- Ferrules danificados: o ponto de conexão entre a ligação de água e a rede de distribuição é um ponto comum de ocorrência de vazamentos. A movimentação das ligações de água pode causar o dano, bem como, o aumento da corrosão;
- Vazamentos em juntas: a junta é um ponto bastante comum de vazamentos, mesmo em sistemas recentemente implantados. Testes de pressão sempre devem ser executados para observar a estanqueidade da instalação;
- Vazamentos em acessórios da rede: todos os acessórios de rede como hidrantes, válvulas, ventosas, flanges, etc. são suscetíveis a vazamentos.

Encontra-se no DTA A2 (2004) que a maior incidência de ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais, onde cerca de 35 % é oriundo das roscas dos registros e hidrômetros (Figura 9); mas em termos de volume perdido, a maior quantidade é nas tubulações da rede de distribuição, sendo cerca de 25 % oriundas de tubulações perfuradas/partidas (Figura 10). E a Tabela 5- apresenta, resumidamente, algumas perdas físicas, com sua origem, causa e magnitude.

---



**Figura 9** - Pontos freqüentes de vazamentos em ramais.  
Fonte: DTA A2 (2004)



**Figura 10** - Pontos freqüentes de vazamento em redes de distribuição.  
Fonte: DTA-A2 (2004)

**Tabela 5- Perdas físicas e suas causas.**

Parte do sistema	Origem da Perda	Causa Provável	Magnitude
Captação e Adução de Água Bruta	Vazamento na Adução	Pressão elevada	Variável em função do estado das instalações
	Limpeza poço de sucção	Ajuste inadequado de conexões	
	Limpeza do desarenador		
Estação de Tratamento	Vazamento estrutural	Má qualidade do material	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional.
	Lavagem de filtros	Envelhecimento	
	Descarga de lodo	Má execução das obras	
Reservação	Vazamento estrutural	Má qualidade do material	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional.
	Lavagem de filtros	Envelhecimento	
	Descarga de lodo	Má execução das obras	
Adução de Água Tratada e Instalações de Recalque	Vazamento Tubulação	Má qualidade do material	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional.
	Descarga	Envelhecimento/Corrosão	
		Projeto ou execução inadequados	
		Ajuste inadequado das conexões	
		Pressão alta	
		Golpe de ariete	
		Corrosão interna devida qualidade da água	
Distribuição - redes e ramais prediais	Vazamento em rede	Má qualidade do material	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente pressões elevadas.
	Vazamento em ramal	Envelhecimento/Corrosão	
	Descarga	Projeto ou execução inadequados	
		Ajuste inadequado das conexões	
		Pressão alta	
		Golpe de ariete	
		Corrosão interna devida qualidade da água	

Fonte: adaptado PNCDA (1999) *apud* Gomes *et al.* (2006).

### 3.3.4. Métodos de controle de perdas

De acordo com COSTA *et al.* (2009) para se conhecer os volumes de água utilizados nos processos de operação dos seus sistemas de abastecimento de água, a macro e a micro-medição são ferramentas básicas para o conhecimento confiável dos volumes de água captados, aduzidos, tratados e distribuídos, e conseqüentemente se desenvolver um controle seguro de perdas.

A macromedição é a ferramenta básica para o conhecimento com confiabilidade dos volumes de água captados, aduzidos, tratados, armazenados e distribuído, enquanto a micromedição para o volume de água comercializado.

Neste sentido a partir da definição da abrangência do programa (sistemas produtores e de distribuição para as áreas das cidades escolhidas) torna-se necessário a ampliação e melhoria do sistema de macromedição e pitometria, com a finalidade de atender aos objetivos primários de uma Companhia, que são aferir os volumes captados; aduzidos e tratados dos sistemas produtores; aferir os volumes distribuídos (em área normais, às favelas ou áreas sub

---

– normais); setorizar a rede de distribuição de água (setorização a nível de distrito; de favelas, áreas sub-normais, etc.).

A IWA, uma agência internacional de gestão de água, reconhecida por seus trabalhos de grande impacto, definiu algumas ações estratégicas de controle de perdas reais e aparentes de água num sistema de abastecimento e distribuição de água, de maneira a intentar padrozinar esta administração.

As ações estratégicas são específicas em função de sua origem das perdas, se são não comerciais (também denominadas de perdas não-físicas ou aparentes) ou perdas reais (também chamadas de físicas ou vazamentos).

#### **3.3.4.1. Perdas não físicas (comerciais ou aparentes)**

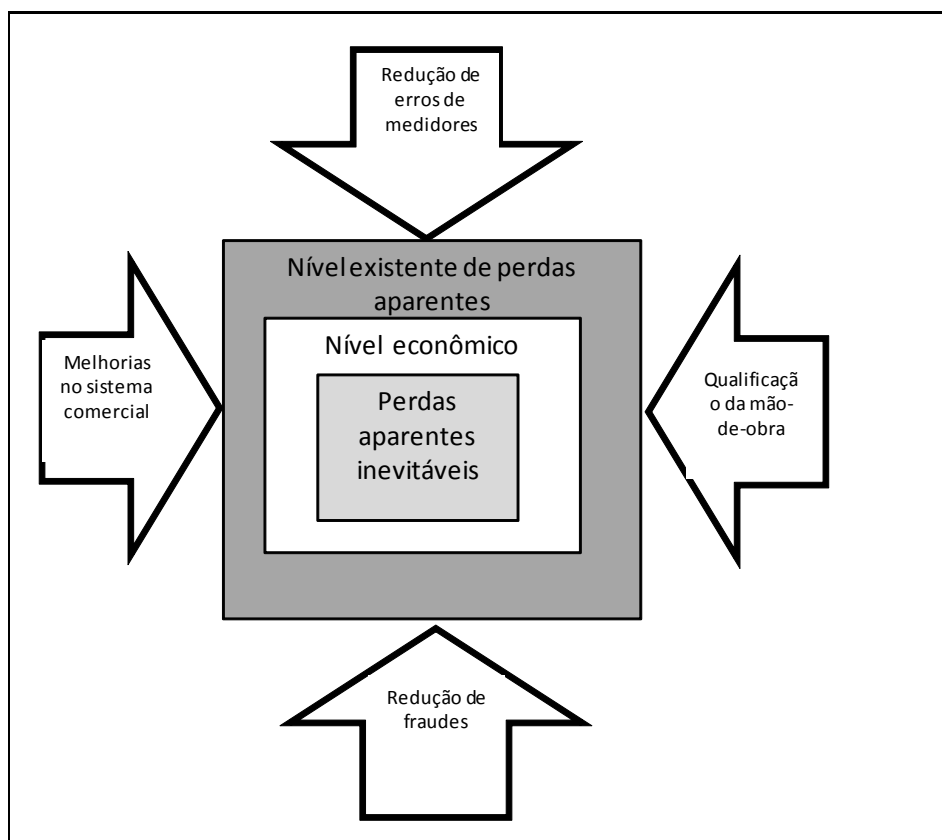
Segundo ARIKAWA (2005) o efeito das perdas aparentes na gestão da empresa tem caráter financeiro que incide diretamente no preço de venda da água tratada ao consumidor. Este efeito tem ainda conseqüências mais sérias quando associado a um outro fator importante relativo ao volume faturado de esgotos, o qual, geralmente, é faturado a partir do volume de água medida. Logo, uma unidade de volume recuperado de perdas aparentes significa duas unidades de volume faturado (água + esgoto) onde há redes de esgotos implantadas.

As ações estratégicas para controle de perdas não-físicas apontadas pela IWA são:

1. Maior precisão da medição e da informação: Complementação da medição; substituição de hidrômetros; aferição de macro/micro medidores; mudança de local de padrão; setorização; treinamento;
2. Controle Ativo de Fraudes: Revisão cadastro comercial; estruturação de equipes de pesquisa de fraude; aquisição de equipamentos de pesquisa;
3. Gerenciamento da Infra-estrutura: Manutenção dos atuais padrões; padronização de cavaletes;
4. Rapidez e Qualidade de Medidores: Estruturação de equipes de hidrometria; cadastro de medidores.

A ilustra uma caixa de perdas, onde a caixa central representa as perdas aparentes inevitáveis (PAI), a caixa intermediária representa o nível econômico de perdas aparentes (NEPa), e a caixa externa representa a quantidade de perdas comerciais potencialmente recuperáveis; e que atuando-se nessas quatro ações estratégicas propostas pela IWA pode-se “espremer” essa “caixa” reduzindo-a a NEPa ou as perdas inevitáveis.

---



**Figura 11** - Ações Estratégicas para redução de perdas aparentes.  
 Fonte: Thornton (2002), *apud* Tardelli Filho (2004).

Arikawa (2005) descreve quatro formas de atuar na redução de perdas aparentes:

**a) Redução de erros de medidores**

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

A substituição de hidrômetros está inserida na preocupação de ter uma micromedição correta. Existem técnicas para a substituição de hidrômetros, consequências de erros e tipos específicos de hidrômetros. Dentre estes tipos estão: Medidores tipo volumétrico; Medidores tipo turbina (unijato ou multijato); Medidores eletrônicos.

**b) Qualificação da mão-de-obra**

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

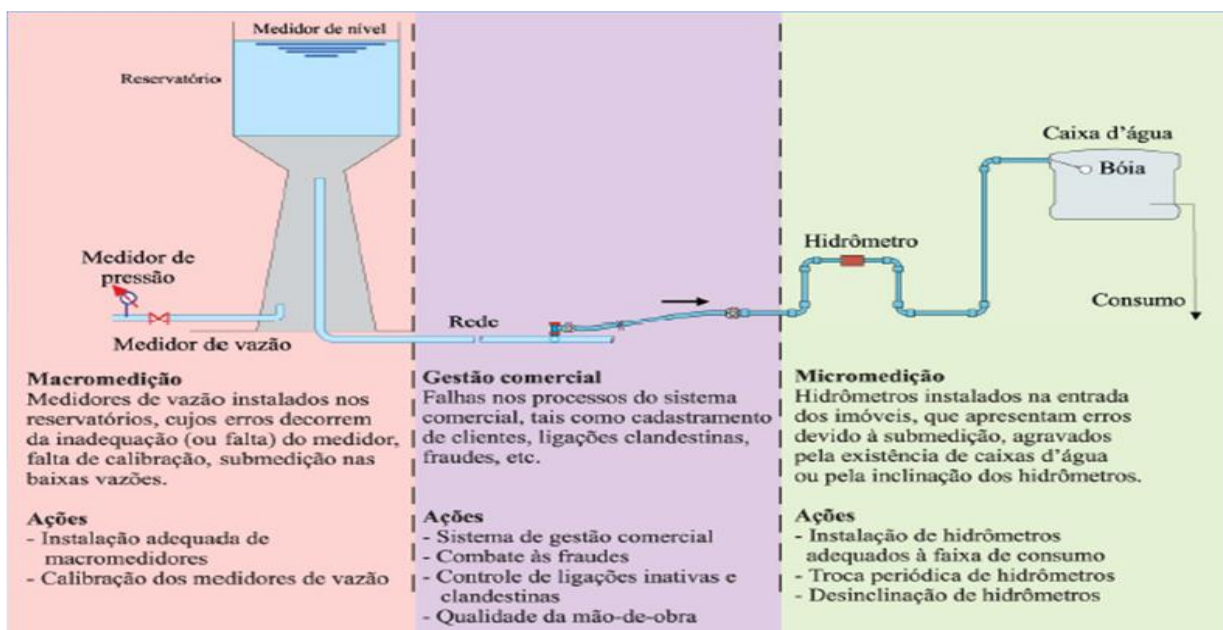
### c) Redução de fraudes

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

### d) Melhorias no sistema comercial

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

A Figura 12 ilustra 3 ações estratégicas de combate a perdas utilizadas pela SABESP.



**Figura 12** - Perdas não-físicas.

Fonte: SABESP (2006).

### 3.3.4.2. Perdas físicas

Para as perdas reais, é necessário avaliar o Programa de Controle de Perdas de Água – PCPA, de cada companhia de abastecimento de água, pois as atividades de controle devem variar conforme as principais causas de perdas em seu sistema.

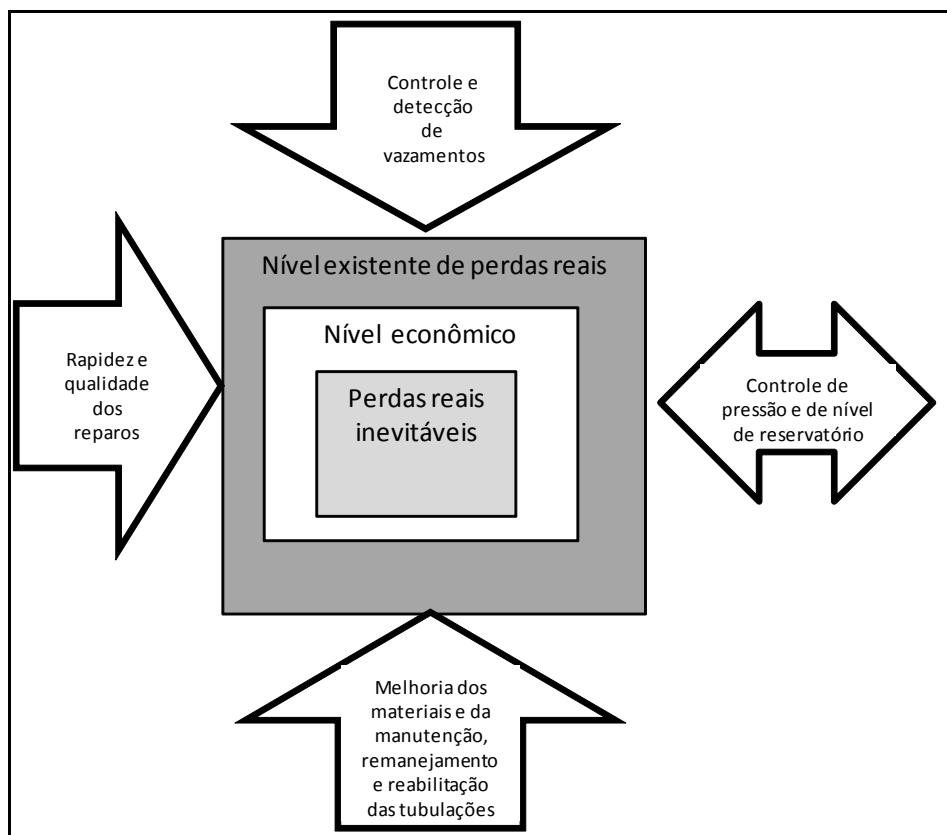
As ações estratégicas para controle de perdas físicas apontadas pela IWA são:

1. Controle de pressão: instalação de válvulas redutoras de pressão (VRPs); setorização; unidades de reservação;
2. Controle Ativo de Vazamentos e Fugas: Pesquisa de vazamentos e fugas; pesquisa de vazamento não visível;
3. Gerenciamento da infra-estrutura; Substituição de redes e ramais; recuperação; revitalização; padronização e treinamento;



4. Rapidez e qualidade dos reparos: setorização de redes; cadastro; agilizar o atendimento.

A Figura 13 ilustra uma caixa de perdas, onde a caixa central representa as perdas reais inevitáveis (PAI), a caixa intermediária representa o nível econômico de perdas reais (NEPa), e a caixa externa representa a quantidade de perdas reais potencialmente recuperáveis; e que atuando-se nessas quatro ações estratégicas propostas pela IWA pode-se “espremer” essa “caixa” reduzindo-a NEPr ou as perdas inevitáveis (Figura 14).



**Figura 13** - Ações estratégicas: perdas reais.  
Fonte: Thornton (2002), *apud* Tardelli Filho (2004).

A estimativa das perdas reais inevitáveis (Equação 1) envolvem valores de referência da IWA para vazamentos inerentes, para os não-visíveis e para os visíveis, obtidos em sistemas com boas condições infra-estruturais e operacionais.

$$\text{PRAI} = (18 \times \text{Lm} + 0,8 \times \text{N} + 25 \times \text{Lp}) \times \text{P}/1.000, \text{ em l/dia}$$

**Equação 1**

Onde: Lm = extensão da rede em km;

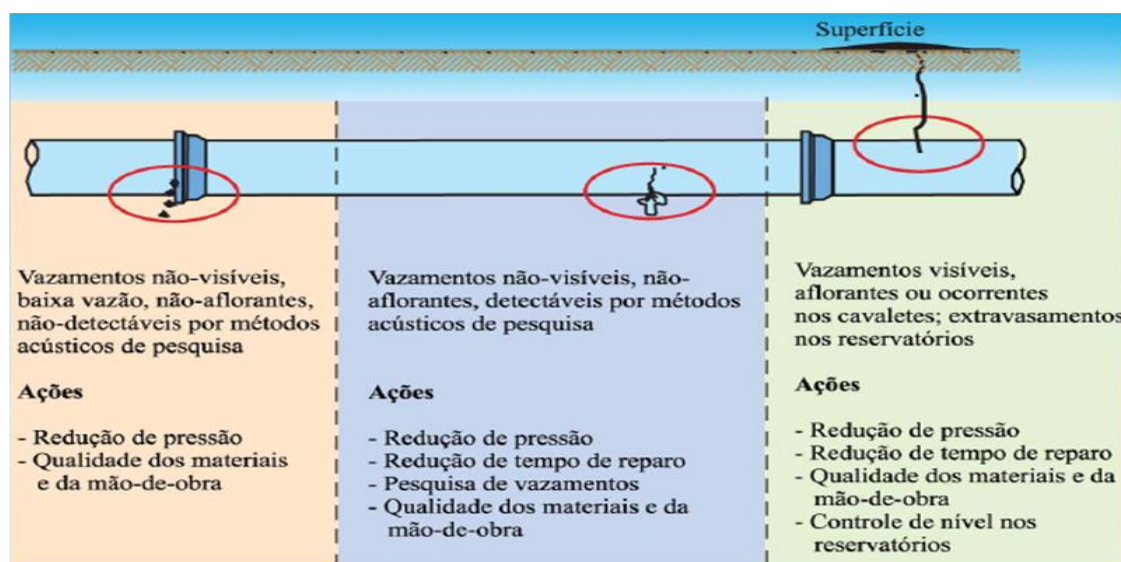
$N$  = número de ramais;

$L_p$  = extensão do tubo entre a testada do imóvel e o hidrômetro (no Brasil pode-se considerar nulo, então exclui a expressão  $25 \times L_p$  da formula);

$P$  = pressão média de operação, em mca.

Segundo Arikawa (2005), quando a rede é deteriorada por algum motivo as perdas tendem a aumentar se não forem implementadas algumas das quatro ações de combate às perdas. A análise destas ações – qualidade do reparo, controle ativo de vazamentos, gerenciamento da infra-estrutura e controle de pressões - indica que enquanto os três primeiros podem ser aplicados para reduzir o volume de perdas atuais tendendo à fronteira do volume de perdas inevitáveis, o controle de pressões atua diretamente sobre o conjunto desses fatores, sendo o elemento determinante tanto do volume de perdas atuais quanto do volume das perdas inevitáveis.

As ações mais importantes para o controle de Perdas Reais em sistemas de abastecimento de água, tratando de medidas preventivas e corretivas normalmente utilizadas pelas companhias de saneamento foram sintetizadas na Figura 14.



**Figura 14** - Vazamentos no sistema de abastecimento de água.

Fonte: SABESP (2006).

Segundo Arikawa (2005) as ações mais importantes para o controle de perdas reais, especificadas pela IWA são: o controle ativo de vazamentos, a rapidez e a qualidade dos reparos, o controle de pressão e a gestão da infra-estrutura.

### **a) Controle ativo de vazamentos**

O controle ativo de vazamentos é a metodologia mais aplicada para pesquisa de vazamentos não-visíveis, e envolve intervenções periódicas de pesquisa de vazamentos em tubulações enterradas com a utilização de equipamentos acústicos de detecção.

A pesquisa regular de vazamentos constitui a busca de vazamentos realizada em campo por meio das seguintes técnicas: pesquisa acústica de vazamentos não-visíveis em redes, ramais e cavaletes; com utilização de equipamentos detectores de vazamentos. Os equipamentos utilizados na pesquisa são: a haste de escuta; o geofone eletrônico; o correlacionador de ruídos; armazenador de dados e analisador estatístico de ruído.

A eficiência de um programa de controle ativo de vazamentos na obtenção de níveis econômicos de perdas por vazamentos depende da frequência da pesquisa, das vazões de perdas, do tempo de duração dos vazamentos e da visão do administrador quanto à viabilidade econômica em dar continuidade às atividades de pesquisa.

O monitoramento contínuo das vazões em áreas de controle é uma ferramenta não estritamente necessária, mas importante para o controle ativo de vazamentos, pois permite analisar gráficos de tendência (acréscimo ou decréscimo) da mínima vazão noturna para um dado período de observação, ou aumentos abruptos da vazão indicando a existência de vazamentos em determinada área de controle. (ARIKAWA, 2005)

Segundo Arikawa (2005), o a pesquisa regular de vazamentos é o monitoramento de vazão em distritos pitométricos, baseado na análise do comportamento da vazão ao longo de um determinado período visando a priorização das atividades de detecção de vazamentos. Este monitoramento pode ser realizado por meio de: medição de vazão em zonas de pressão, microzonas ou áreas controladas; medição de vazão contínua ou intermitente de vazões noturnas; medições esporádicas em campo. Sistemas de monitoramento de vazão por telemetria também são utilizados.

Segundo Herpetz (2003) *apud* Gumier (2005) a concepção metodológica para realização dos serviços de investigação de fugas em campo, dividem os trabalhos em três etapas: levantamento da área, pré-localização e detecção de fugas (vazamentos visíveis).

Para detecção de vazamentos existem modelos que podem ser utilizados para como ferramenta auxiliar para tal finalidade chamados modelos computacionais de simulação hidráulica para detecção de fugas, além dos modelos matemáticos. Os quais estão disponíveis em duas categorias de modelos, separados em métodos direto e inverso (GUMIER, 2005).

---

- Modelos para simular o comportamento do sistema em função de fugas conhecidas ou com posicionamento e valor arbitrado.
- Modelos para a detecção da posição e valor das fugas, propriamente ditos.

Os aspectos da modelação das fugas levam em consideração a caracterização da rede hidráulica, calibração do modelo, modelação das fugas.

Para a estimativa da vazão perdida nos vazamentos visíveis (fugas) pode-se utilizar a fórmula de vazão por orifício ( $m^3/s$ ), como método indireto de cálculo, conforme Equação 2.

$$Q = C \times S \times (2 \times g \times H)^{0,5}$$

Equação 2

Diâmetro do orifício (m)

Área da sessão transversal (S, ou seja,  $(3,14 \times (d^2/4))$  ( $m^2$ )

Coefficiente de descarga adotado (0,61, adimensional)

Aceleração da gravidade (9,81) ( $m/s^2$ )

Pressão no ponto de vazamento (m.c.a.)

Para o gerenciamento de vazamento não-visível existem vários métodos de atuação, para os não-visíveis detectáveis, a Figura 15 ilustra algumas ferramentas de detecção e a Figura 16 uma sequência básica de atividades.

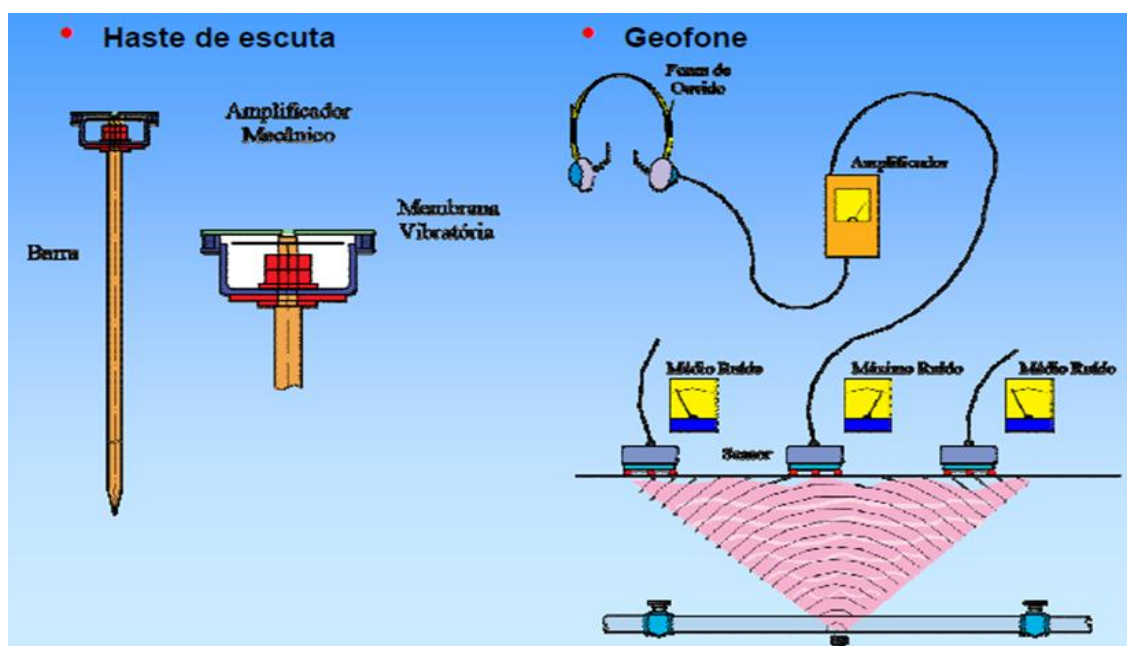
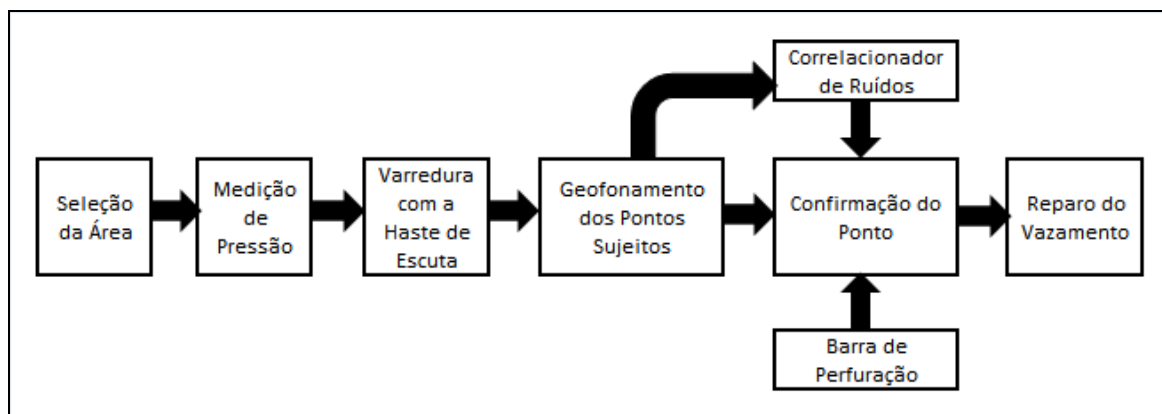


Figura 15 - Ferramentas para o controle ativo de perdas reais não visíveis detectáveis.

Fonte: UFRJ (2010).



**Figura 16** - Sequência básica de atividades.  
Fonte: Menezes (2001).

Para as perdas reais não detectáveis (inerentes) Tardelli Filho (2004) cita que uma metodologia disponível para a determinação dessas perdas, em bases anuais, apresenta as seguintes etapas:

- Determinação de um valor de referência da IWA ( $V_i$ ), equivalente a redes com baixos índices de Vazamentos Inerentes, definido a partir de estudos feitos no Reino Unido e outros países em redes com boas condições de infra-estrutura;
- Determinação do Fator de Condição da Infra-estrutura (FCI), que é a relação entre o Menor Volume Possível de Vazamentos Inerentes em uma área de teste ( $V_p$ ) e o volume de Vazamentos Inerentes de Referência da IWA ( $V_i$ ); para as outras áreas do setor de abastecimento, similares à de teste em termos de qualidade da infra-estrutura.

O Índice Infra-estrutural de perdas foi desenvolvido pela IWA como uma proposta atual de avaliar a situação das perdas e permitir comparação entre sistemas distintos. Segundo Tardelli Filho (2004) este índice é um número adimensional, obtido a partir das relações entre o nível atual de perdas encontrado em um sistema e o nível mínimo de perdas esperado para o sistema (perdas inevitáveis). Estudos desenvolvidos em 27 sistemas de abastecimento no mundo mostram que este índice geralmente pode variar entre 0,5 a 13 em cidades grandes, com valor médio da ordem de 6,5. O conceito básico é:

$$FCI = \frac{\text{Volume Perdido Total Anual}}{\text{Vol. Perdido Total Inevitável Anual}}$$

**Equação 3**

A partir desses dados o volume de vazamentos inerentes são determinados utilizando-se as Equações 4 e 5.

$$\text{Vazamentos Inerentes} = V_i \times FCI$$

**Equação 4**

$$V_i = (20 \times 24/1000) \times L \times (P/50)N_1 + (1,25 \times 24/1.000) \times N \times (P/50)N_1 \quad (\text{m}^3/\text{dia})$$

Equação 5

Sendo: L = rede (km)

P = pressão média (mca)

N = ligações

Os vazamentos de referência da IWA são calculados a partir dos seguintes valores:

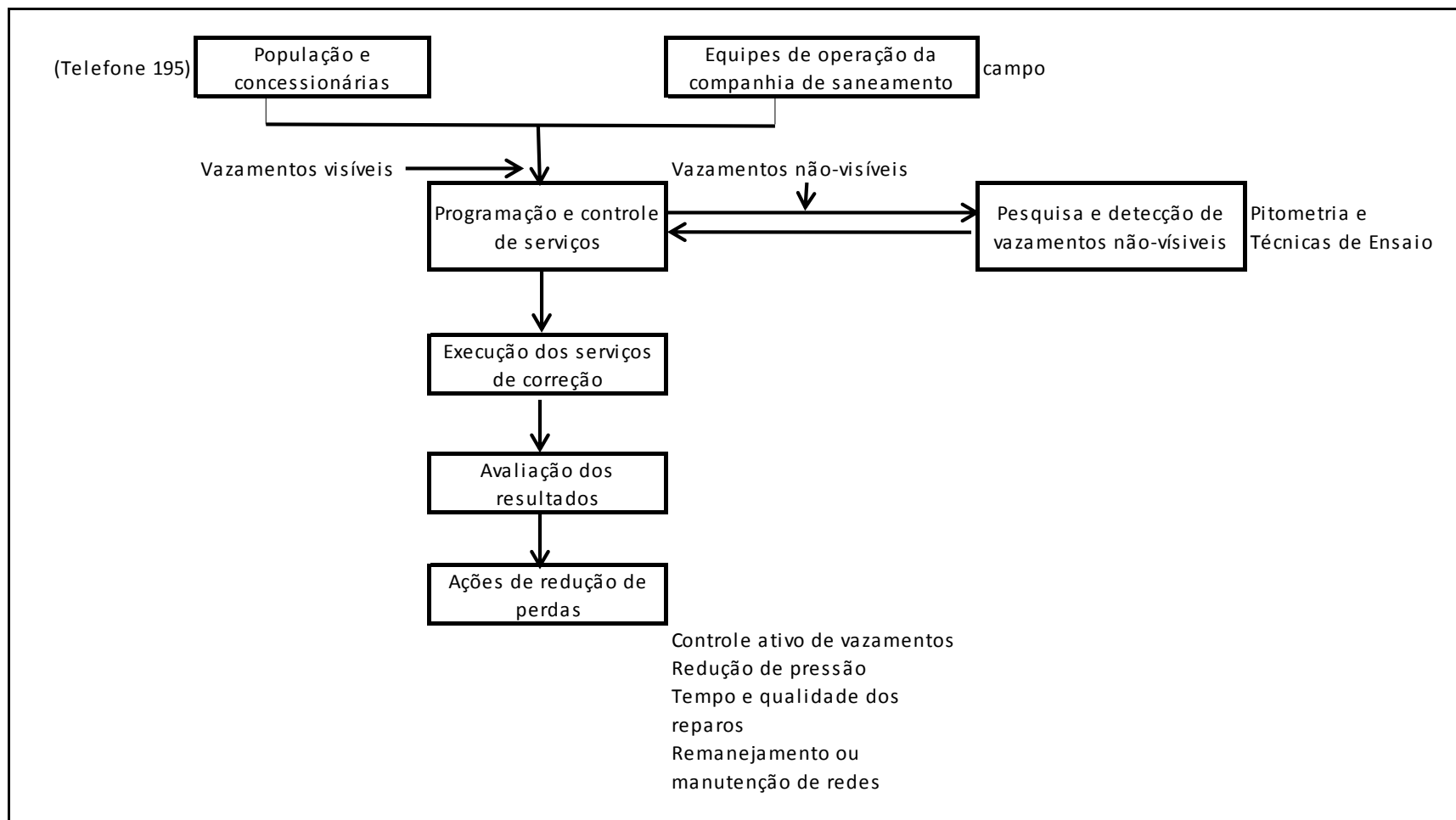
- Redes: 20 l/km/hora a 50 mca de pressão;
- Ramais: 1,25 l/ramal/hora a 50 mca de pressão.

Tardelli Filho (2004) recomenda que os valores do FCI devem ser levantados em pequenos setores ou trechos de rede, com 200 a 1.000 ligações, analisando-se a menor vazão noturna possível após intensas campanhas de detecção e reparo de vazamentos não-visíveis na área, resultando, daí, que os vazamentos existentes são efetivamente os Inerentes. Caso seja possível, é interessante bloquear todos os hidrômetros durante os testes, impedindo o consumo, obtendo-se maior confiabilidade nos resultados. Se durante o teste a pressão for diferente de 50 mca, deve-se corrigir a vazão encontrada aplicando-se a relação entre pressões e vazamentos, adotando-se  $N_1 = 1,5$ .

### **b) Rapidez e qualidade dos reparos**

Desde o conhecimento da existência de um vazamento, o tempo decorrido para sua efetiva localização e seu estancamento é um ponto chave para o gerenciamento das perdas reais (ver Figura 17). Entretanto, a qualidade do reparo é um aspecto que deve ser assegurado para evitar a reincidência do vazamento. Segundo Tardelli Filho (2004) as condições de infraestrutura e de logística requeridas a uma boa gestão para o reparo de vazamentos envolvem os seguintes aspectos:

- Existência de comunicação direta (telefone) entre clientes e a Prestadora de Serviços de Saneamento para avisar da ocorrência de vazamentos ou de problemas operacionais;
- Controle ativo de vazamentos;
- Equipes próprias ou contratadas bem treinadas e equipadas;
- Existência de um sistema de programação e controle dos reparos de vazamentos;
- Emprego de materiais de qualidade;
- Sistema de gerenciamento e controle de resultados, contemplando a redução de perdas reais obtida, o levantamento de retrabalhos e demais indicadores pertinentes.



**Figura 17** - Sistema de gerenciamento do reparo de vazamentos.  
Fonte: ABENDE (2001/2002) apud Tardelli Filho (2004).

As técnicas disponíveis de reparo de vazamento dependem do tipo de vazamento, e as mais utilizados são: reparo de vazamentos e manutenção em tubulações utilizando abraçadeiras; reparo de vazamento com acoplamento de toco de tubo; reparo em adutora de água tratada.

O tempo necessário para conhecimento, localização e reparo de vazamento varia conforme a capacidade da companhia de abastecimento de água. Segundo Tardelli Filho (2004) nas tubulações de distribuição de água, a duração média do vazamento é o resultado da soma do tempo de três fases sequências (Figura 18): conhecimento, localização e reparo.

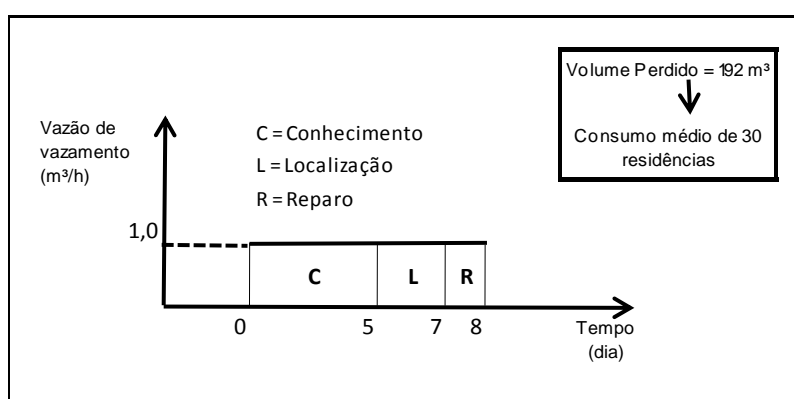


Figura 18 - Duração de vazamentos.

Fonte: Tardelli Filho (2004).

- Conhecimento: tempo médio entre o início do vazamento até o instante em que a companhia de saneamento passa a saber da sua existência;
- Localização: tempo médio entre o instante em que se toma a ciência do vazamento até o momento em que se localiza exatamente o ponto da ocorrência; e
- Reparo: tempo médio entre a localização do vazamento e o instante em que a fuga é finalmente reparada.

### c) Controle de pressão

O controle de pressão visa minimizar as pressões do sistema e a faixa de duração das pressões máximas, bem como, assegurar os padrões mínimos de serviço aos consumidores. Estes objetivos são atingidos pelo projeto específico e setorização dos sistemas de distribuição, pelo controle de bombeamento direto na rede ou pela introdução de válvulas redutoras de pressão (VRPs). O controle de pressão é a melhor forma de reduzir perdas de vazamentos não-visíveis sem substituição de toda a infra-estrutura.

O modelo FAVAD (Fixed and Variable Area Discharge Paths), desenvolvido no Reino Unido, apresenta um equacionamento para as várias situações encontradas nas redes de



distribuição de água segundo Lambert (2002). Dentro deste modelo, encontra-se uma equação que relaciona a vazão dos vazamentos com a pressão, variando conforme o material da tubulação (variação da abertura em função da carga piezométrica reinante, quanto maior a pressão maior a área do furo):

$$Q_1 = (P_1)^{N_1} / (Q_0 \times P_0)$$

**Equação 6**

Onde:  $Q_0$  = vazão inicial à pressão  $P_0$ ;

$Q_1$  = vazão final à pressão  $P_1$ ;

$N_1$  = expoente que depende do tipo de material dos tubos.

Ensaio realizados em diversos países chegaram aos seguintes valores para o expoente  $N_1$ :

Tubos metálicos:  $N_1 = 0,5$

Tubos plásticos:  $N_1$  entre 1,5 e 2,5

Vazamentos inerentes:  $N_1 = 1,5$

#### **d) Gestão da infra-estrutura**

A prática das três atividades citadas anteriormente já traz melhorias à infra-estrutura do sistema. Portanto, a substituição de tubulações somente deve ser realizada quando, após a implantação de outras ações menos onerosas, ainda forem observados índices de perdas elevados. Outros objetivos desta ação estão relacionados com a melhoria da qualidade da água, e o uso apropriado das especificações na seleção dos materiais e dos serviços. Segundo Arikawa (2005) alguns exemplos de práticas indevidas durante a reabilitação de redes são apresentados a seguir:

- Tubulações antigas não completamente desconectadas da rede nova;
- Transferência parcial das ligações às redes novas devido a dificuldade de acesso;
- Danos às tubulações e às ligações causados durante as instalações;
- Serviços não qualificados;
- Prática de técnicas provisórias na manutenção de tubulações;
- Falta de prevenção de corrosão futura.

Segundo Arikawa (2005), os métodos para controle da corrosão em tubulações de um modo geral, as soluções mais comuns são:

---

- Colocação de camada externa de proteção (mantas betuminosas, argamassa de cimento);
- Revestimento interno do tubo (argamassa de cimento, epóxi, etc.);
- Isolamento das juntas dos tubos;
- Uso de inibidores no tratamento da água ou ajuste do pH;
- Controle dos fluxos elétricos utilizando proteção catódica;
- Substituição por tubos não-metálicos, especialmente os plásticos (PVC e Polietileno).

Segundo esta mesma autora, a substituição de redes de água pode ser feita pelo método convencional através da escavação do terreno, retirada da tubulação original e assentamento da nova tubulação, ou por métodos não-destrutivos. Os métodos não-destrutivos evitam o processo de escavação do local para substituição da tubulação e, geralmente, são processos de elevado custo. Dentre os métodos existentes destacam-se: o método por inserção, ou *Slip Lining*, e o método por quebra da tubulação existente, ou *Pipe Cracking*. Os métodos para limpeza e reabilitação de redes de água mais comuns são: a injeção de ar, ou *air scouring*, os colares rotacionais, ou *rotating chains and rods*, e o *polly-pig*.

### **3.4. Indicadores de Perdas**

De acordo com Alegria (2000) os indicadores de desempenho são medidas da eficiência e da eficácia das entidades gestoras relativas a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas. A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia mede até que ponto os objetivos de gestão, definidos específica e realisticamente, foram cumpridos. Cada indicador expressa o nível do desempenho efetivamente atingido, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, simplificando uma situação que de outro modo seria complexa.

Segundo Miranda (2002) a IWA divide os indicadores de desempenho em 7 grupos: de recursos naturais; humanos; tecnológicos; financeiros; operacionais; de qualidade de serviço (níveis de serviço); e físicos. Por sua vez os indicadores de desempenho de qualidade de serviço estão distribuídos em três níveis, como apresentado na Tabela 8.

---

**Tabela 6** - Indicadores de qualidade da IWA, com algumas de suas características.

<b>Indicador</b>	<b>Nível</b>	<b>Grupo</b>	<b>Unidades recomendadas</b>
Ineficiência de utilização dos recursos hídricos	N1	Recursos hídricos	Perdas reais em % da água entrada no sistema
Perdas de água	N1	Operacional	m <sup>3</sup> /ligação/dia
Perdas aparentes	N3	Operacional	m <sup>3</sup> /ligação/dia
Perdas reais	N1	Operacional	l/ligação/dia (1)
Índice de vazamentos na infra-estrutura	N3	Operacional	Relação das perdas reais com as perdas reais mínimas inevitáveis
Água não faturada por volume	N1	Financeiro	Volume de água não faturado em % da água entrada no sistema
Água não faturada por custo	N3	Financeiro	Valor da água não faturada em % dos custos correntes anuais

(1) Quando o sistema está em pressão.

Fonte: Miranda (2002).

As características básicas dos níveis propostos são as seguintes:

- Nível 1: fornece uma síntese da eficiência do sistema e da eficácia da operadora;
- Nível 2: permite um conhecimento mais pormenorizado que os indicadores do Nível 1, para uma análise mais profunda; e
- Nível 3: indicadores com maior detalhe específico, relevantes para a gestão da alta administração da operadora.

Segundo Costa (2009) os indicadores de perdas estão divididos em: percentuais (de faturamento; totais; reais; águas não comercializadas); técnicos (total por ramal; real por ramal; aparente por ramal; de vazamentos de infra-estrutura; reais associados à pressão); de infra-estrutura (de macromedição; de adequação da macromedição; do nível de hidrometração; do nível de adequação dos hidrômetros; de vazamentos visíveis na rede; de vazamentos visíveis no ramal; de vazamentos em cavaletes; de pressão adequada); das ações de controle de perdas (de detecção de vazamentos; de vazamentos detectados por extensão de rede; de tempo médio de atendimento a reparos de rede; do nível de ligações inativas; de oferta de água bruta por economia residencial; do consumo de água por economia residencial).

A proposta de padronização de indicadores buscam melhor representar as condições necessárias ao gerenciamento das perdas, seja como ferramenta de planejamento e controle operacional, seja como instrumento de avaliação de desempenho.

Os principais indicadores operacionais, para avaliação da eficiência dos sistemas de abastecimento de água, considerados no PNCDA (BRASIL, 2004) *apud* Nazaré (2006) são apresentados a seguir:

- a) Indicador de Perda Real na Adução (IPRAd): Indicador de nível básico, correspondendo a perda de água bruta entre a captação e a reservação. Resulta, portanto, da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VAd) afluyente à ETA, conforme Equação 7:

$$\text{IPRAd} = \frac{(\text{VCap} - \text{Vad})}{\text{VCap}} \times 100 = \left(1 - \frac{\text{Vad}}{\text{VCap}}\right) \times 100$$

**Equação 7**

- b) Indicador de Perda Real no tratamento (IPRTr): Indicador de nível básico, correspondendo a relação entre o volume aduzido, afluyente à ETA e o volume de água produzida, dada pela Equação 8:

$$\text{IPRTr} = \frac{(\text{VAd} - \text{VProd})}{\text{VAd}} \times 100 = \left(1 - \frac{\text{Vprod}}{\text{VAd}}\right) \times 100$$

**Equação 8**

- c) Indicador de Perda Real até a Produção (IPRPr): Indicador de nível básico, correspondendo a relação entre o volume captado e o volume efetivamente tratado ou produzido, afluyente ao Reservatório de água tratada. Esse indicador engloba os indicadores anteriores (IPRAd e IPDTr) e é dado pela Equação 9:

$$\text{IPRPr} = \frac{(\text{VCap} - \text{VProd})}{\text{VCap}} \times 100 = \left(1 - \frac{\text{Vprod}}{\text{VCap}}\right) \times 100$$

**Equação 9**

- d) Indicador de Perda Real na Distribuição (IPRDist): Indicador de nível básico, correspondendo a relação entre o volume de água tratada disponibilizada a uma determinada rede de distribuição e o volume efetivamente consumido ou utilizado ao longo desta rede, sendo dado pela Equação 10:

$$\text{IPRPr} = \frac{(\text{VDisp} - \text{VUnit})}{\text{VDisp}} \times 100 = \left[1 - \frac{\text{VUtil}}{\text{VDisp}}\right] \times 100$$

**Equação 10**

- e) Indicador de Perda Real Total no Sistema de abastecimento d'água (IPRTot): Indicador de nível básico, relacionando as perdas físicas totais em todo o sistema, desde a captação até a distribuição, sendo dada pela relação entre os volumes de água captada + água importada – água exportada. É o volume utilizado na área de abrangência do sistema, sendo dado pela Equação 11:

$$\text{IPRTot} = \text{VCap} + \text{VImp} - \text{Exp}$$

**Equação 11**

Onde:

Volume importado é o volume de água tratada que chega ao sistema vindo de outros sistemas.

Volume exportado é o volume de água tratada enviada para outros sistemas de abastecimento.

- f) Indicador de Perda de Faturamento (IPFat): Com relação ao aspecto comercial e financeiro da Empresa de Abastecimento de água, um dos Indicadores mais importantes é o Indicador de Perda de Faturamento (IPFat). Indicador de nível básico, que relaciona o volume de água tratada disponibilizada em uma dada rede e o volume de água efetivamente faturado nesta rede. Por sua composição, constitui-se no principal indicador das perdas aparentes, isto é, do volume d'água produzido e não faturado, conforme Equação 12:

$$\text{IPFat} = \frac{(\text{VProd} - \text{VFat})}{\text{Prod}} \times 100 = \left(1 - \frac{\text{VFat}}{\text{VProd}}\right) \times 100$$

**Equação 12**

- g) Indicador de ligações ativas com volume estimado pelo mínimo (I.Lig.At.Min): Indicador de nível básico, dado pela relação do número de ligações ativas e o número de ligações ativas faturadas pelo consumo mínimo, conforme a Equação 13:

$$\text{I.Lig.At.Min} = \frac{\text{n}^\circ \text{Lig.At.Fat.Min}}{\text{n}^\circ \text{Lig.At}} \leq 1$$

**Equação 13**

- h) Indicador de Hidrometração (I.H.) (ou Indicador de Micromedicação): Indicador de nível básico que relaciona o número de ligações ativas micromedidas com o número de ligações ativas, conforme expressão abaixo, Equação 14:

$$\text{I.H.} = \frac{\text{n}^\circ \text{Lig.Micromedidas}}{\text{n}^\circ \text{Lig.Ativas}} \leq 1$$

**Equação 14**

Sempre que o  $\text{I.H.} < 1$  deve-se considerar nas análises do sistema, a existência de consumo estimado e a sua influência para não se incorrer em erros significativos.

- i) Indicador de Perdas de Vazão (IPVaz): Indicador de nível básico, correspondendo ao volume perdido com o tempo em que a mesma ocorre, sendo expresso em l/s ou m<sup>3</sup>/h. O diferencial desse indicador é que ele fornece um valor que permite uma rápida aferição do benefício que sua redução trará ao sistema de abastecimento. Equação 15.

$$I.P.Vaz. = \frac{Vol.Perdido}{Tempo} = \frac{Vol.Disponibilizado - VolUtilizado}{Tempo}$$

**Equação 15**

- j) Indicador de Perdas Distribuídas na Rede (IPDistrR): Indicador considerado de nível avançado por exigir o conhecimento real das dimensões físicas da rede, dados esses nem sempre disponíveis nas companhias de abastecimento, haja visto que, nos últimos 20 anos, no intuito de “queimar etapas”, as companhias estaduais e de serviços autônomos, ampliaram suas redes, sem que houvesse um competente cadastramento. Equação 16.

$$IPDistRede = \frac{V.Disponibilizado - vol.Utilizado}{Comprimento da Rede (Km)} \quad (m^3/km)$$

**Equação 16**

- k) Indicador de Perdas de Vazão por habitante (IPVaz/Hab): Indicador de nível básico, usado por algumas companhias estaduais e é normalmente dado em L/h.hab. Equação 17.

$$I.P.Vaz/Hab = \frac{Vol.Disponibilizado - VolUtilizado}{T(h) \times (n^{\circ} \text{ hab. atendidos})} \quad (L/h \times \text{hab atendido})$$

**Equação 17**

- l) Indicador de Perdas de Vazão Distribuídas na Rede (IPVaz.Dist.R) ou Indicador Linear Bruto de Perdas (ILBP): Esse Indicador relaciona a vazão perdida ao longo da Extensão Parcial da Rede (EPRede) por hora de funcionamento da rede pressurizada, conforme Equação 18:

$$I.P.Vaz.Dist.R = \frac{Vol.Disp - VolUtilizado}{r(h) \times EPRede} \quad (m^3/h \times Km)$$

**Equação 18**

Onde: EPR = extensão da rede – ramais prediais

- m) Indicador de Perdas por Ligação Dia (IPLD): Esse Indicador relaciona o volume perdido ou não contabilizado com o n° de ligações ativas (Lat) e com o n° de dias referentes ao tempo considerados para medição. É dado pela Equação 19.
-

$$\text{IPLD} = \frac{\text{Vol. Disponibilizado} - \text{Vol. Utilizado}}{(\text{n}^\circ \text{de Ligacoes Ativas})(\text{n}^\circ \text{de Dias})} = \frac{\text{VD} - \text{VU}}{\text{LA} * \text{ND}}$$

Equação 19

Estudos de indicadores realizados por Miranda (2002) baseados em estudos de entidades/programas e autores reconhecidos no meio técnico de controle de perdas, entre eles: PNCDA; SNIS; PMSS; AESBE/ASSEMAE; AGHTM; IWA; U. K. Water Industry; Bessey e Lambert recomendam o uso de indicadores de perdas apresentados na Tabela 9.

Tabela 7 - Indicadores de perdas recomendados.

Sigla	Nome	Unidade	Fórmula*
<b>NÍVEL BÁSICO</b>			
IANF/V	Indicador de águas não faturadas por volume	%	$\text{VANF} \times 100 / \text{VDIS}$ $\text{VANF} = \text{VDIS} - \text{VFAT}$ $\text{VDIS} = \text{VPRO} + \text{VTIM}$
IPAG	Indicador de perdas totais de água	%	$\text{VPAG} \times 100 / \text{VDIS}$ $\text{VPAG} = \text{VDIS} - \text{VCAU}$ $\text{VCAU} = \text{VTEX} + \text{VCON} + \text{VCNF}$ $\text{VCNF} = \text{VOPE} + \text{VREC} + \text{VESP}$
IPAG/L	Indicador de perdas totais de água por ligação	l/lig.dia	$(\text{VDIS} - \text{VCAU}) / (\text{QLAT} \times \text{QDIA})$
<b>NÍVEL INTERMEDIÁRIO</b>			
IPRE/L	Indicador de perdas reais por ligação	l/lig.dia	$\text{VPRE} / (\text{QLAT} \times \text{QDIA} \times \text{T})$ $\text{VPRE} = \text{VVAZ} + \text{VOEX}$ $\text{T} = \text{QTPR} / (\text{QLAT} \times 24)$
IPAP/L	Indicador de perdas aparentes por ligação	l/lig.dia	$\text{VPAP} / (\text{QLAT} \times \text{QDIA})$ $\text{VPAP} = \text{VCNA} + \text{VCMC}$
IANF/C	Indicador de águas não faturadas em termos de custo	%	$((\text{VCNF} + \text{VPAP}) \times \text{QTMA} + (\text{VPRE} \times \text{QCMP})) / \text{QDEX}$
<b>NÍVEL AVANÇADO</b>			
IPRE/P	Indicador de perdas reais por ligação associado à pressão	l/lig.mca.dia	$\text{VPRE} / (\text{QLAT} \times \text{QPME} \times \text{QDIA})$
IVIN	Indicador de vazamentos da infra-estrutura	-	$\text{VPRE} / \text{VPRI}$ $\text{VPRI} = ((18 \times \text{QEPR}) + (0,8 \times \text{QLAT}) + (25 \times \text{QERA})) \times \text{QPME} / 1000$

\* Ver significado das siglas no glossário dos dados: Anexo I de Miranda (2002).

Fonte: Miranda (2002).

Ainda segundo Miranda (2002), os indicadores complementares recomendados estão representados na Tabela 10.

**Tabela 8 - Indicadores complementares recomendados.**

Sigla	Nome	Unidade	Fórmula*
<b>NÍVEL BÁSICO</b>			
IMAC	Indicador da eficiência da macromedição	%	$(VPROm + VTIMm) \times 100 / VDIS$
IHID	Indicador do nível de hidrometração	%	$QLAM \times 100 / QLAT$
IMIC	Indicador da eficiência da micromedição	%	$VCONm \times 100 / VCON$
ILIN	Indicador do nível de ligação inativa	%	$QLIN \times 100 / (QLAT + QLIN)$
IOER	Indicador da oferta bruta de água por economia residencial	l/eco.dia	$VDIS / (QERE \times QDIA)$
ICER	Indicador do consumo de água por economia residencial	l/eco.dia	$VCON / (QERE \times QDIA)$
IREP	Indicador da quantidade de reparos por extensão da rede total	reparos/km.dia	$QREP / (QETR \times QDIA)$
<b>NÍVEL INTERMEDIÁRIO</b>			
IRHI	Indicador da ineficiência no uso dos recursos hídricos	%	$VPRE \times 100 / (VCAP + VTIM)$
IPRP	Indicador de perdas reais na produção	%	$(VCAP - VPRO) \times 100 / VCAP$
IPRA	Indicador de perdas reais na adução	%	$(VCAP - VADZ) \times 100 / VCAP$
IPTR	Indicador de perdas reais no tratamento	%	$(VADZ - VPRO) \times 100 / VADZ$

\* Ver significado das siglas no glossário dos dados: Anexo I de Miranda (2002).

Fonte: Miranda (2002).

Visando avaliar a disponibilizar dados sobre os sistemas de saneamento o Ministério das cidades criou o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). No início de cada ano letivo as empresas de saneamento enviam ao SNIS os dados relativos ao ano anterior, os quais são publicados no final do ano ou início do ano subsequente. Ou seja, no final de 2010 foram publicados os dados relativos a 2009, e assim sucessivamente. Alguns indicadores do SNIS referente a sistemas de abastecimento de água são:

AG001 - População total atendida com abastecimento de água [habitante]

AG002 - Quantidade de ligações ativas de água [ligação]

AG003 - Quantidade de economias ativas de água [economia]

AG005 - Extensão da rede de água [km]

AG006 - Volume de água produzido [1.000 m<sup>3</sup>/ano]

AG008 - Volume de água micromedido [1.000 m<sup>3</sup>/ano]

AG010 - Volume de água consumido [1.000 m<sup>3</sup>/ano]

AG011 - Volume de água faturado [1.000 m<sup>3</sup>/ano]

FN002 - Receita operacional direta de água [R\$/ano]

FN006 - Arrecadação total [R\$/ano]

FN023 - Investimento realizado em abastecimento de água [R\$/ano]



- 
- FN033 - Investimentos totais [R\$/ano]
  - IN004 - Tarifa média praticada [R\$/m<sup>3</sup>]
  - IN013 - Índice de perdas faturamento [percentual]
  - IN020 - Extensão da rede de água por ligação [m/lig.]
  - IN022 - Consumo médio *percapita* de água [l/hab./dia]
  - IN023 - Índice de atendimento urbano de água [percentual]
  - IN028 - Índice de faturamento de água [percentual]
  - IN049 - Índice de perdas na distribuição [percentual]
  - IN050 - Índice bruto de perdas lineares [m<sup>3</sup>/dia/Km]
  - IN051 - Índice de perdas por ligação [l/dia/lig.]

As Tabelas 11 e 12 apresentam esses indicadores para 10 (dez) estados brasileiros publicados em 2009 referentes ao ano de 2008.

Em 2007, utilizando as informações destes índices referentes a 2005, Gomes *et al.* (2007), realizaram um exercício de cálculo do potencial de retorno dos investimentos no combate a perdas reais de água adotando a hipótese de 50% (1000m<sup>3</sup>/ano) para o volume de perdas reais para toda a abrangência dos operadores, porém, para a hipótese de redução em %, os valores foram de 50, 40 e 45 para a abrangência regional, local e microrregional respectivamente, além de um volume economizado (1000 m<sup>3</sup>/ano) e o valor da economia (R\$/ano) para toda a abrangência dos operadores. Estes autores estimaram que os valores da economia (R\$/ano) seriam de R\$ 1.136.464.965, R\$ 167.621.274 e R\$ 6.619.492 para a abrangência regional, local e microrregional respectivamente. Conforme os autores, “com este exercício simples chega-se à conclusão que um valor de R\$ 1,3 bilhão por ano estaria sendo simplesmente jogado fora, já que o investimento necessário para evitar isso seria remunerado pelas tarifas atualmente praticadas”.

---

**Tabela 9.** Indicadores de avaliação dos sistemas de abastecimento de água em 2008.

Nome da Capital	AG001 População total atendida [habitante]	AG002 Quant. ligações ativas [ligação]	AG003 Quant. de economias ativas [economia]	AG005 Extensão da rede de água [km]	AG006 Volume de água produzido [1.000 m³/ano]	AG008 Volume de água micromed. [1.000 m³/ano]	AG010 Volume de água consumido [1.000 m³/ano]	AG011 Volume de água faturado [1.000 m³/ano]	FN002 Receita operacional direta [R\$/ano]	FN006 Arrecadação total [R\$/ano]
Belém	1.825.450	388.653	457.260	5.076	153.773	35.850	80.549	82.663	160.753.203	118.247.909
Fortaleza	3.966.692	1.221.019	1.396.962	10.014	301.758	185.421	186.938	223.501	336.019.519	493.120.468
Maceió	1.539.753	323.446	368.795	3.759	119.200	30.971	45.478	54.143	138.016.384	187.147.776
Natal	2.034.298	556.248	641.708	5.783	215.329	58.016	82.249	98.506	207.615.088	249.386.407
Recife	6.057.761	1.471.943	1.651.898	12.909	566.772	119.846	190.607	241.809	471.064.189	570.829.849
Belo Horizonte	12.402.062	3.278.098	3.997.536	40.716	852.411	562.541	564.462	594.647	1.674.827.735	2.217.638.942
Rio de Janeiro	10.544.756	1.610.088	3.215.741	19.732	1.811.592	529.744	1.070.106	870.945	1.914.371.443	2.276.077.344
São Paulo	23.161.850	6.242.838	8.582.726	62.582	2.848.901	1.409.785	1.692.979	1.877.732	3.503.638.734	6.894.994.645
Porto Alegre	5.892.099	1.616.242	2.070.420	24.148	530.830	211.464	288.026	378.276	1.090.403.952	1.178.598.697
Brasília	2.543.094	497.992	808.501	7.507	224.806	156.119	157.267	165.919	427.038.024	793.694.749

Fonte: SNIS (2009).

**Tabela 10.** Indicadores de avaliação dos sistemas de abastecimento de água e, 2008 (cont).

Nome da Capital	IN004 Tarifa média praticada [R\$/m³]	IN013 Índice de perdas faturamento [percentual]	IN020 Extensão da rede por lig. [m/lig.]	IN022 Consumo médio <i>percapita</i> [l/hab.dia]	IN023 Índice de atendimento urbano [percentual]	IN028 Índice de faturamento [percentual]	IN049 Índice de perdas na distribuição [percentual]	IN050 Índice bruto de perdas lineares [m³/dia.Km]	IN051 Índice de perdas por lig. [l/dia.lig.]	FN023 Investim. realizado em abast. água [R\$/ano]
Belém	1,98	45,03	8,8	122,2	49,1	54,97	46,44	37,78	496,62	41.531.481,78
Fortaleza	1,54	23,02	7,5	133,5	74,4	76,98	35,61	29,18	238,73	25.279.705,00
Maceió	2,48	54,58	9,1	82,4	82,5	45,42	61,85	55,65	629,28	1.501.483,75
Natal	1,98	53,08	8,5	108,2	92,4	46,92	60,82	61,41	635,73	22.655.518,89
Recife	1,95	57,27	7,4	89,7	90,7	42,73	66,32	81,54	727,28	225.471.288,14
Belo Horizonte	2,42	29,89	12,3	126,8	100	70,11	33,45	19,33	240,91	220.296.785,00
Rio de Janeiro	2,44	49,64	11,3	259,5	84,9	50,36	38,12	91,85	1157,8	6.400.576,00
São Paulo	2,1	29,65	9,1	167,5	98,3	70,35	36,57	42,83	433,44	513.499.411,00
Porto Alegre	2,85	28,82	14	134,8	96,6	71,18	45,8	27,74	417,16	54.625.250,10
Brasília	2,56	26,19	14,2	175,6	100	73,81	30,04	25,52	386,55	96.429.830,00

Fonte: SNIS (2009).

### 3.5. Nível Econômico de Vazamento

A proposta de desenvolvimento sustentável traz uma crescente demanda multidisciplinar de estudos e questões ligados ao meio ambiente para melhor utilização de seus recursos, como o caso da água.

Gestão Ambiental é o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço, com vistas a garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais - naturais, econômicos, e sócio-culturais. (LANNA, 1995)

Como gerenciamento dos recursos hídricos entende-se que seja um processo dinâmico, ambientalmente sustentável que, baseado numa adequada administração da oferta de água, da quantidade das águas e da disponibilidade hídrica, vai tratar da compatibilização dos diversos usos setoriais da mesma: saneamento, geração de energia, irrigação, navegação, controle, e outros. Tendo como objetivo uma operação harmônica e integrada das estruturas decorrentes desses usos. (COIMBRA, 1992, *apud* BORGES *et al*, 2006).

Analisando as experiências de política de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água (como instrumento econômico de gestão) em países como França, Holanda, Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos da América e Escócia, segundo Sousa (2005), percebe-se que as leis que estabelecem as políticas de recursos hídricos em vigor na maior parte dos países pesquisados foram promulgadas na segunda metade do século passado, apontando uma mudança de postura que se disseminou por todo o mundo, como no Brasil.

As principais inovações no espectro legal mais recente apontam para a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão, a participação dos usuários nos sistemas de gestão das águas, a criação de entidades de regulação e execução das políticas públicas – Agências de Bacia – e o enfoque no gerenciamento, com ênfase no uso de instrumentos econômicos. (SOUSA, 2005)

As preocupações da sociedade com problemas ligados ao uso e ao manejo das águas levaram a debates e inovações nas últimas décadas. Apesar das diferenças de entendimento, há algo novo nascendo na sociedade: a aceitação de que devemos mudar a maneira de tratar nossos recursos hídricos, conservando-os para o nosso futuro e para as futuras gerações. (CAMPOS, 2003).

Os recursos hídricos, apesar de ter política própria no Brasil, não são separados do meio ambiente, e este por sua vez da economia.

---

---

Nos estudos da Ciência Econômica busca-se, entre outros objetivos, uma solução para eliminar perdas e desperdícios na produção de água das empresas de serviços de abastecimento e distribuição.

A ciência econômica busca a distribuição de bens e recursos escassos na sociedade, entre eles a água. Segundo Ortiz (2003, apud MAY *et al.*, 2003) a valoração econômica ambiental busca medir as preferências das pessoas em relação a mudanças de qualidade e quantidade ofertada do recurso ambiental, ou seja, medida de bem estar – variação compensatória, excedente do consumidor e variação equivalente – que pode ser interpretadas como a disposição a pagar ou a disposição a aceitar.

Portanto, a valoração econômica ambiental busca avaliar o valor econômico de um recurso ambiental através da determinação do que é equivalente, em termos de outros recursos disponíveis na economia, que estaríamos (os seres humanos) dispostos a abrir mão de maneira a obter uma melhoria de qualidade ou quantidade do recurso ambiental. Em resumo, a valoração econômica de recursos ambientais é uma análise de trade - offs (escolha entre opções). (ORTIZ, 2003, apud MAY *et al.*, 2003)

Segundo Ortiz (2003) o valor de uso direto é a utilização ou consumo direto de um recurso. A de uso indireto é advinda de funções ecológicas do recurso ambiental ou derivada de uso *ex-situ* ao ambiente do recurso. O valor de uso de opção é a quantidade que está disposto a pagar para manter o recurso e o de existência esta relacionada à satisfação pessoal de saber que o bem esta lá. Em resumo, o valor econômico total de um recurso ambiental é a soma de todos os seus valores de uso direto e indireto (que podem ser vários) mais o seu valor de opção e o seu valor de existência.

Um sistema de abastecimento de água, no Brasil, geralmente é considerado como monopólio natural. Ou seja, um só fornecedor (caracterizando a falta de competição), geralmente o governo, e com demandas praticamente inelásticas, a partir de certo limite. Visto que a água é um bem essencial a toda a humanidade e não se pode viver sem ela (considerado então como bens públicos).

Em monopólio a receita media é igual à demanda (considerando que tudo é vendido é demandado, visto o poder da presença de um só fornecedor). Porém, o máximo lucro total é encontrado através da projeção do ponto de intersecção (receita marginal igual a custo marginal) até a curva de demanda. Podendo gerar assim, um excedente do produtor (se o preço cobrado for menor que o preço de máximo lucro total) ou do consumidor (se o preço cobrado for maior que o preço de máximo lucro total). (FOLLAND *et al.*, 2008).

---

---

Uma situação que pode ocorrer em monopólio natural é preços cobrados menores que o custo total médio mínimo (ou seja, ponto de eficiência). Isto poderia gerar prejuízo, dado a insuficiência de receitas para cobrir os custos, ou seja, em uma empresa de abastecimento, geralmente os gastos necessários para manter o sistema (como investimento em controle de perdas de água) não é considerado na tarifa, o que elevaria o preço desta.

Muitos cientistas concordam na tarifa como sendo o ponto ótimo, para gerar poupança e depois investimento nesta área. Porém, uma das dificuldades encontradas no aumento da tarifa é a elasticidade da demanda. O que diminuiria a receita da empresa, num primeiro momento, e então anularia a diferença de aumento de tarifa, como é o caso do estudo de Pedrosa (2001) através da análise da inclusão da cobrança pelo uso da água na tarifa.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, baseando-se em vários fundamentos, entre eles, diz que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.

A necessidade de sucesso nos programas de conservação de água de abastecimento público se torna evidente, principalmente quando relacionada às diversas questões que a envolve, como social, econômica, ambiental e institucional.

Essas preocupações foram claramente demonstradas na *House of Lords*, através do Relatório de Ciência e Tecnologia da Comissão sobre Gestão de Águas, que alertou para um nível sustentável de vazamento. Da mesma forma, o Conselho de Consumidores de Água esboçou uma necessidade de metas de vazamento em áreas com escassez de água.

Uma investigação em cada uma dessas áreas foi realizada simultaneamente durante 2007 e então se definiu o cálculo do nível de vazamento econômico sustentável (NEVS), determinado através do total dos custos relacionados com vazamento e custos da gestão de vazamentos. Quando o custo total relacionamento é determinado, o ponto ótimo é determinado pela minimização da soma de todos os custos, tanto internos como externos (também demonstrado através de custos marginais). (TRIPARTITE GROUP, 2002).

Externalidades surgem quando os impactos positivos (ou a prevenção de impactos negativos) têm um valor, mas não há preço de mercado óbvio (ou custo), que reflete a vontade de terceiros para pagar. (TRIPARTITE GROUP, 2002).

- As externalidades ambientais relacionadas a vazamento surgem quando o aumento na captação de água gera impactos ecológicos em um rio, que tanto afeta a biodiversidade e reduz oportunidades para os usuários recreativos do rio. Alternativamente, uma
-

---

externalidade social ocorre quando a detecção e reparo de vazamentos gera perturbação ou incômodo em termos de ruído ou interrupção do tráfego rodoviário. Algumas externalidades de vazamentos relatados na captação são: impactos na pesca e navegação comercial; recreação e pesca a linha; consumo de combustível e energia (carbono); etc. No tratamento: emissões de carbono no tratamento de água e esgoto; etc. Na distribuição: consumo de energia e de combustível.

- Externalidades na gestão de vazamento podem ser vistas nas atividades de pesquisa e detecção de vazamento, por exemplo, com potenciais impactos: ruído; atraso no trânsito de pedestres e tráfego rodoviário; uso de energia e combustível; etc.
- As externalidades ambientais relacionadas com o carbono resultantes dos efeitos de redução de vazamento (ou seja, os benefícios de controle externo vazamento ativo) estão mais diretamente associadas com a redução da captação, tratamento e distribuição que podem resultar. Estes podem ser vistos como os custos externos de vazamentos e, como com os custos de exploração privada, o seu valor total aumentará com o aumento do vazamento. Os custos externos marginais podem, portanto, aumentar ou permanecer constante, dado o aumento nos níveis de vazamento.

As limitações de dados e da ausência de orientações detalhadas de técnicas de valoração das externalidades do vazamento e da gestão do vazamento resultaram em avaliação insuficiente ou inadequada.

Nos últimos anos, as metodologias de avaliação dos custos e benefícios externos tornaram-se tanto melhor fundamentada na teoria econômica e mais aceita por não-especialistas. A abordagem chave de avaliação de benefício inclui técnicas de preferência revelada (como, por exemplo, preços hedônicos); preferência declarada (incluindo, por exemplo, valoração contingente), e disposição a pagar (ou disposição a aceitar) eliciado utilizando cuidadosamente pesquisas de opiniões de clientes.

A sociedade deveria, em teoria, estar disposto a pagar agora para evitar os danos futuros causados pelas emissões de carbono incremental. No entanto, em todo o Governo da Inglaterra documentos e avaliações desta política têm sido substituídos pelo preço sombra de carbono (SPC). (TRIPARTITE GROUP, 2002).

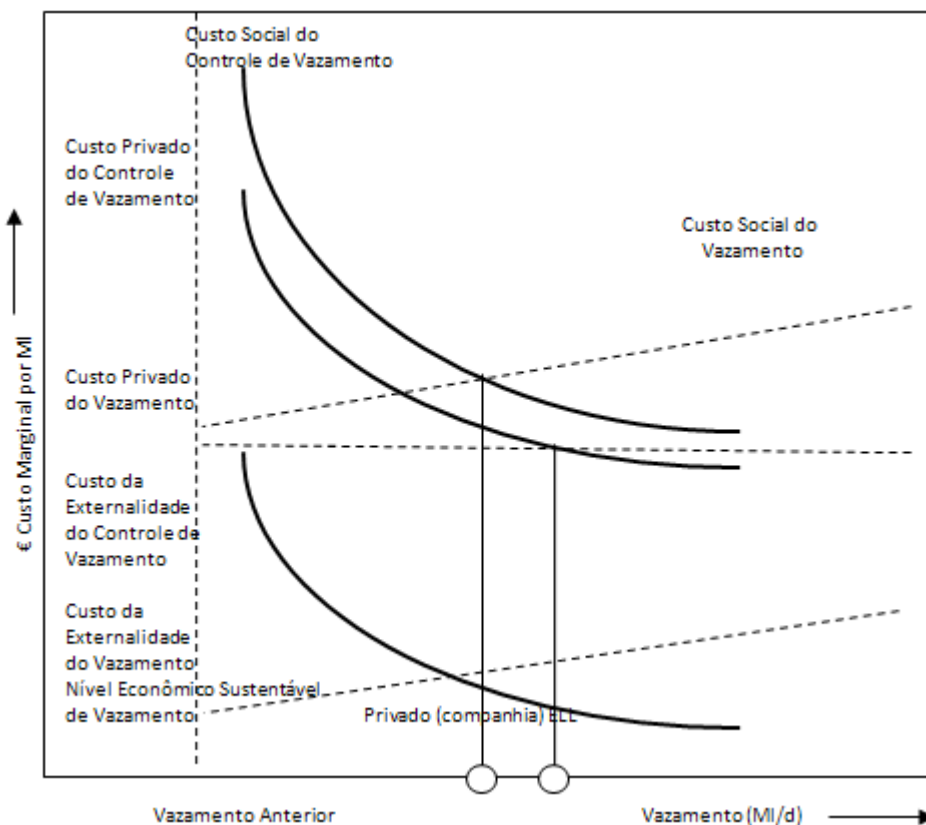
Segundo Tardelli Filho (2004) as perdas nos sistemas de abastecimento de água podem e devem ser reduzidas a um nível compatível com as condições ambientais e econômicas específicas de uma região, devendo ser uma busca permanente a melhoria dos

---

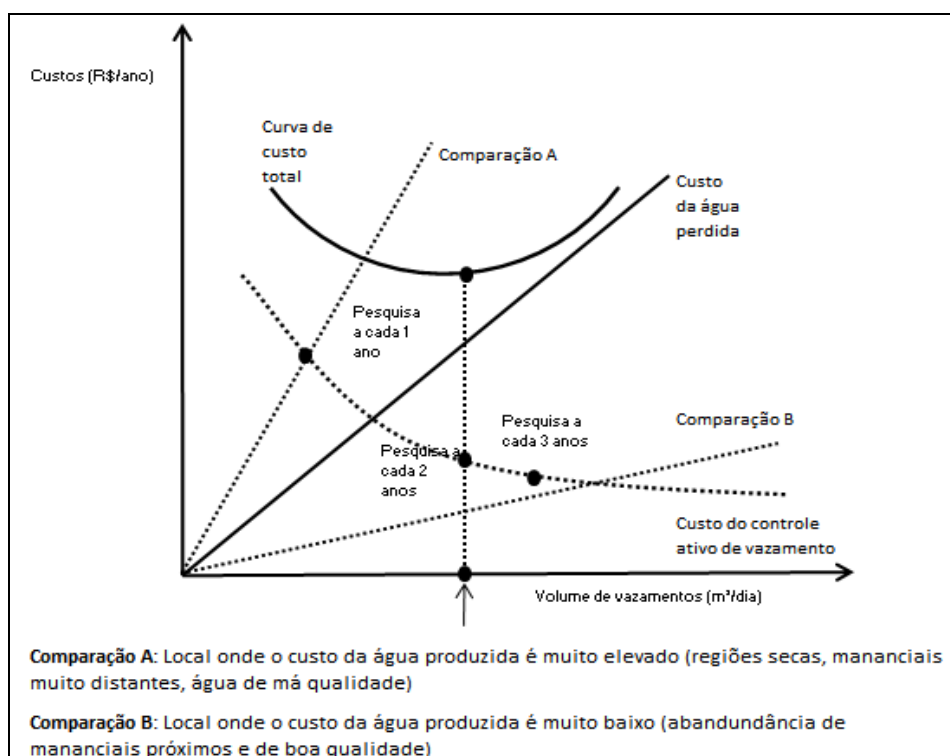
materiais e da mão-de-obra, a mobilização de todos os profissionais da empresa e a racionalização dos processos e instrumentos de gestão das companhias de saneamento.

A Figura 19 ilustra um caso de aumento de custos marginais externos de vazamento com o aumento dos custos de vazamento. Também ilustra o custo marginal privado de vazamento (medido pelo custo de operação marginal da perda de água) e que, normalmente é constante para todos os níveis de vazamentos. A soma das duas relações de custo fornecem uma avaliação do custo social do vazamento (ou seja, o benefício social do controle de vazamento).

Membros da Associação Internacional de Água (IWA) e Força Tarefa de Água (Water Task Force) desenvolveram o Nível Econômico de Perdas (NEP) definido como sendo o somatório do NEPa (Nível Econômico de Perdas Aparentes) e o NEPr (Nível Econômico de Perdas Reais) também denominado de Nível Econômico de Vazamento (NEV), que é o ponto de equilíbrio numa relação de custo benefício, ou seja, o ponto acima do qual qualquer outra redução de vazamento obtida incorreria num excesso de custo, acima dos benefícios derivados dos ganhos. Na Figura 20 está representada uma análise econômica por ação de controle de perdas, neste caso, o controle ativo de vazamento.



**Figura 19 -** Comportamento do nível econômico de vazamento sustentável  
Fonte: Tripartite Group (2002).



**Figura 20** - Análise econômica - controle ativo de vazamentos.

Fonte:UFRJ (2010).

Tardelli Filho (2004) detalhou de maneira muito clara a análise deste gráfico, conforme a descrição a seguir. No eixo das ordenadas estão os custos e no eixo das abscissas representam-se os volumes perdidos nos vazamentos não-visíveis:

- Uma curva representa o custo da produção de água, que é linearmente crescente à medida que aumentam os volumes perdidos nos vazamentos (a linearidade é uma hipótese assumida nesse conceito).
- Outra curva representa os custos das pesquisas de vazamento não-visíveis, que são decrescentes à medida que aumentam os volumes perdidos. Em outras palavras, se são realizadas três pesquisas em um ano, as perdas serão menores, porém os custos com a atividade de pesquisa serão mais altos. Na sequência, se forem realizadas duas pesquisas em um ano, há um custo menor, em contrapartida ao maior volume perdido. Na hipótese de realizar apenas uma pesquisa ao ano, os custos da pesquisa serão maiores. Note-se que à esquerda obtém-se uma assíntota, que representa as Perdas Reais Inerentes (ou aproximadamente as Inevitáveis), ou seja, por mais dinheiro que se gaste nas pesquisas de vazamento, não se conseguirá reduzir as Perdas Reais abaixo desse valor, pois se atingiu o limite operacional e tecnológico para a detecção dos vazamentos não-visíveis.



- A soma das duas curvas definirá o ponto onde os custos atingem o valor mínimo, e daí chega-se a frequência ótima de pesquisa para aquela área.
- A análise pode continuar, alterando-se a curva de custos de produção de água, inserindo uma curva representando uma região onde há extrema carência de recursos hídricos nas proximidades e outra onde há abundância de água nos mananciais próximos. Notem-se os pontos ótimos diferenciados, podendo-se conviver com índices de perdas mais altos naquela região onde o custo de produção da água é mais baixo e, ao contrário, incrementar a frequência das pesquisas na região onde há escassez relativa de água.

### 3.5.1. Análise Benefício-custo

Segundo AFONSO *et all* (2009) a análise benefício/custo é um primeiro indicador de viabilidade econômico-financeiro do empreendimento, sendo maior que 1 (um) é viável e menor que 1 (um) indica inviabilidade econômica. Na Equação 20 é apresentada a relação benefício-custo (B/C).

$$B/C = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}$$

**Equação 20**

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

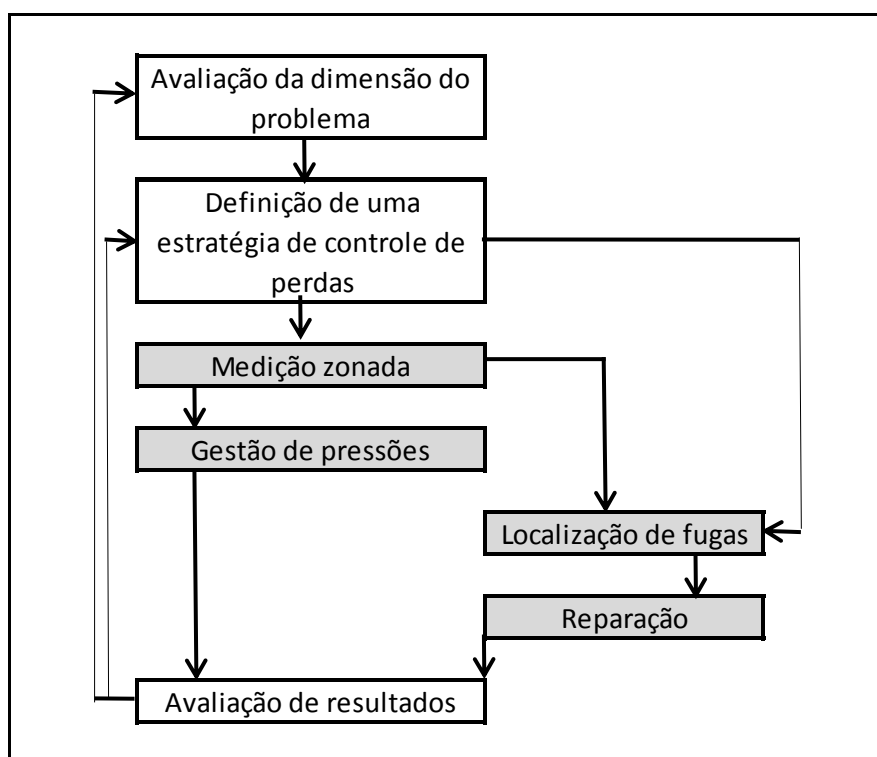
i = taxa de juros.

Percebe-se então uma limitação desta abordagem a falta de levantamento de qualquer aspecto ou critério que seja relevante na decisão que afete os custos/benefícios associados ao controle ativo de perdas de água de um sistema de abastecimento e distribuição.

### 3.6. Metodologias de cálculo para o Nível Econômico de Vazamentos

Em 2002, o resultado do *Tripartite Group* (OFWAT, Agência do Ambiente e Defra), estabeleceu um quadro amplo de análise para determinação do NEV, incluindo uma visão geral da avaliação dos custos ambientais e sociais, e fornecendo uma série de regras básicas pertinentes para métodos das melhores práticas de levantamento de dados e análise.

Alegre *et al.* (2005) desenvolveram uma série de Guias Técnicos sobre o controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição, com o apoio de instituições como o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), o Instituto da Água (INAG) e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Em seu terceiro guia técnico, propôs uma estratégia para o cálculo do NEPr, conforme fluxograma apresentado na Figura 21, definindo as fases para a gestão de perdas reais em empresas de abastecimento de água, baseado nos métodos internacionalmente conhecidos da IWA para o cálculo do NEV.



**Figura 21** - Estratégia para o cálculo do NEPr.  
Fonte: ALEGRE *et al.* (2005)

Para melhor esclarecimento de cada fase da estratégia proposta, Alegre *et al.* (2005) faz uma síntese do fluxograma da figura 43 da seguinte forma:

- **Avaliação da dimensão do problema:** determinação do Cálculo dos componentes do balanço hídrico, segundo adaptação proposta pelo Manual Técnico.
- **Definição de uma estratégia de controle de perdas:** avaliar a partir de que nível de perdas é economicamente rentável proceder a uma intensificação de meios para redução de perdas aparentes, para melhorar a gestão de pressões ou para a localização e reparo de vazamentos não visíveis. Intervenção para o controle de perdas reais proposta: Medição zoneada; gestão de pressões; localização de vazamentos e seus reparos.

- 
- **Avaliação de resultados:** Destina-se a avaliar a eficiência de utilização dos recursos afetada e a eficácia das medidas postas em prática, comparando a situação inicial do período em análise com a final. O principal objetivo desta fase é a identificação de áreas de melhoria para o ciclo seguinte. A última etapa da avaliação de resultados, e uma das mais importantes, contempla a análise das causas dos eventuais desvios entre objetivos e resultados e a identificação de aspectos a melhorar, de modo a ajustar o novo ciclo em conformidade, num processo de melhoria contínua.

Para avaliação geral de perdas reais são utilizadas varias metodologias, as principais são: Balanço de água, Monitoramento da vazão mínima noturna, BABE (Background and Bursts Estimates), entre outras.

### 3.6.1. Balanço de Água

Consiste na estimativa das perdas reais através das perdas totais. Miranda (2002) cita que, com a intenção de entender mais detalhadamente este Balanço Hídrico, a SABESP disponibilizou um quadro (Figura 22) proposto pela IWA, demonstra a divisão de perdas de água no Balanço Hídrico e também a entrada e o consumo desta água. Em outras palavras, busca identificar as perdas mais comuns e impactantes no sistema.

Para demonstrar os passos para cálculo da água não faturada e as perdas de água, de maneira simplificada, é necessário observar o diagrama da Figura 22, e seguir a metodologia proposta por Alegre (2000, *apud* MIRANDA 2002):

Passo 1: determinar o volume de água de entrada no sistema e introduzi-lo na Coluna A;

Passo 2: determinar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido na Coluna D; introduzir o total desses como consumo autorizado faturado (Coluna C) e como água faturada (Coluna E);

Passo 3: calcular o volume de água não faturada (Coluna E) subtraindo a água faturada (Coluna E) da água entrada no sistema (Coluna A);

Passo 4: definir o consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido na Coluna D; registrar o total em consumo autorizado não faturado na Coluna C;

Passo 5: somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado e ao consumo autorizado não faturado da Coluna C; registrar o total em consumo autorizado (Coluna B);

Passo 6: calcular as perdas de água (Coluna B) como a diferença entre a água entrada no sistema (Coluna A) e o consumo autorizado (Coluna B);

---

Passo 7: avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição (Coluna D), somá-las e registrar o resultado em perdas aparentes (Coluna C);

Passo 8: calcular as perdas reais (Coluna C) subtraindo as perdas aparentes (Coluna C) das perdas de água (Coluna B);

Passo 9: avaliar as parcelas das perdas reais (Coluna D) usando os melhores métodos disponíveis (análise da vazão mínima noturna, cálculos de frequência/vazão/duração dos vazamentos, modelações, etc.), somá-las e comparar com o resultado das perdas reais (Coluna C).

A	B	C	D	E	
Água entrada no sistema (M <sup>3</sup> /ano)	Consumo autorizado faturado (M <sup>3</sup> /ano)	Consumo faturado medido (M <sup>3</sup> /ano)	Consumo faturado medido (incluindo água exportada) (M <sup>3</sup> /ano)	Água faturada (M <sup>3</sup> /ano)	
			Consumo faturada não medido (M <sup>3</sup> /ano)		
	Perdas de água (M <sup>3</sup> /ano)	Consumo faturado não medido (M <sup>3</sup> /ano)	Perdas aparentes (M <sup>3</sup> /ano)	Consumo não faturado medido (M <sup>3</sup> /ano)	Água não faturada (perdas comerciais) (M <sup>3</sup> /ano)
				Consumo não faturado não medido (M <sup>3</sup> /ano)	
		Perdas reais (M <sup>3</sup> /ano)	Perdas reais (M <sup>3</sup> /ano)	Uso não autorizado (M <sup>3</sup> /ano)	
				Erros de medição (M <sup>3</sup> /ano)	
				Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável) (M <sup>3</sup> /ano)	
				Vazamentos nas tubulações de adução e/ou distribuição (M <sup>3</sup> /ano)	
		Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição (M <sup>3</sup> /ano)			
		Vazamentos nos ramais (a montante do ponto de medição) (M <sup>3</sup> /ano)			

**Figura 22** - Componentes do balanço de águas.  
Fonte: Adaptado de Alegre (2002) apud Miranda (2002).

### 3.6.2. Monitoramento da mínima vazão noturna

Consiste na avaliação da vazão dos vazamentos no horário em que o consumo é mínimo no sistema, que ocorre geralmente no período noturno. A vazão dos vazamentos é obtida pela medição de vazão no horário de mínima vazão noturna, associada à variação de

pressão no sistema ao longo do dia, resulta no perfil diário de perdas reais no sistema. Para tanto, também é necessária a medição de pressão durante a medição de vazão noturna e ao longo do dia. Os componentes da vazão mínima noturna são: vazão noturna de vazamentos na rede (perdas reais na rede de distribuição de água) e consumo noturno (residencial, não-residencial, excepcional e perdas noturnas após hidrômetro), como apresentados na Figura 23.

Vazão mínima medida	Vazão noturna dos vazamentos	Vazão noturna dos vazamentos na rede	Vazamentos não-visíveis estimados	Vazamentos não-visíveis estimados
			Vazamentos inerentes no sistema de distribuição	Na rede
		Consumo noturno	Vazamentos em tubulações internas das economias	Nas tubulações internas até a caixa d'água, inclusive
				Nas bóias das caixas d'água
				Nas tubulações internas de cada economia, após a caixa d'água
	Uso noturno pelos consumidores	Consumo noturno excepcional	Não-residencial	
		Consumo noturno estimado	Residencial	
			Não-residencial	
	Residencial			

**Figura 23** - Componentes da vazão mínima noturna.

Fonte: Lambert (2002) apud Tardelli Filho (2004).

Os consumos residenciais podem ser obtidos através de extrapolações de consumos da área envolvida ou utilizados dados da literatura. A Tabela 13, reproduzida de Motta (2010) mostra os valores típicos da Inglaterra e os recomendados para utilização na RMSP (região metropolitana de São Paulo).

**Tabela 11** - Valores típicos para consumo noturno.

Valores típicos para consumo noturno			
Consumo Noturno	Padrão na Inglaterra	Valor obtido no DMC da RMSP	Valor recomendado para RMSP
Perdas após a caixa d'água	0,5 L/econ./h	0,425 L/econ./h	0,425 L/econ./h
Uso noturno residencial	0,60 L/hab./h	0,10 L/hab./h	0,10 L/hab./h
Uso noturno não residencial	8,0 L/ñ res./h	0,6 L/ñ res./h	

Fonte: Motta (2010).

Segundo Tardelli Filho (2004) a volume de vazamentos, observada na hora da mínima vazão noturna, traduz a vazão máxima diária dos vazamentos, que se multiplicada por 24 h estaria supervalorizando os volumes diários perdidos. Por isso, sugere-se a correção através do "Fator Noite/Dia", que é um número, dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão

---

dos vazamentos (extraída da vazão mínima noturna) resulta no volume médio diário dos vazamentos, ou seja, nas perdas reais médias do ensaio.

O “Fator Noite/Dia” é determinado a partir de medições de pressão em um ponto médio representativo do subsetor, utilizando-se, posteriormente, a relação entre pressão e vazão de vazamentos. Sendo assim, o volume diário de perdas reais ( $\text{m}^3/\text{dia}$ ) é obtido através da multiplicação do FND ( $\text{h}/\text{dia}$ ) pela vazão dos vazamentos ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) (TARDELLI FILHO, 2004).

### **3.6.3. BABE – Background and Bursts Estimates**

Segundo Alegria (2008), desde a década de 80 o LNEC desenvolve estudos e metodologias para apoio ao diagnóstico de funcionamento de sistemas de saneamento básico através do uso de indicadores de desempenho. Em 1991, o Reino Unido através da Direção da Associação dos Serviços de Água e Associação das Empresas de Água estabeleceu uma Iniciativa Nacional de Vazamento para atualizar e revisar as diretrizes sobre controle de vazamento que estava em uso desde 1980.

Como resultado da nova legislação sobre a água, ficou estabelecido que todos os fornecedores de água deveriam demonstrar aos órgãos reguladores que compreendiam totalmente a sua posição em relação as perdas reais. Para este fim, foi acordado que todos os fornecedores de água iriam adotar uma rotina para estimativa direta dos níveis de vazamento. Isto foi conseguido através do desenvolvimento de várias técnicas que ficou conhecida como procedimentos BABE (Background and Bursts Estimates – Contexto e estimativas de perdas) (WRC, 2001).

O BABE possibilita o cálculo estimado de 43 componentes das perdas reais segundo três tipos distintos: vazamentos inerentes, vazamentos visíveis e vazamentos não-visíveis. Literalmente Estimativas de Vazamentos Inerentes e Arrebatados, vincula-se a um conceito que considera, de forma abrangente, os parâmetros e os processos que influenciam as Perdas Reais. Segundo Tardelli Filho (2004), o BABE permite avaliar as reduções de Perdas Reais e os fatores econômicos envolvidos, a partir da definição de diferentes alternativas estratégicas, tais como, mudança da frequência da pesquisa de vazamentos, alteração da pressão média ou incrementos na qualidade da infra-estrutura.

A prática internacional de cálculo do NEPr ou NEV se baseia no diagrama das quatro ações estratégicas propostas pela IWA, por meio dos métodos apresentados na Tabela 14.

---

Tabela 12 - Métodos para cálculo do NEV.

Equações Utilizadas para Definição do NEV ou NEPr			
Índice	Nome	Formulações	Parâmetros
NEV ou NEPr	Nível Econômico de Vazamento	$U\text{ARL} = (18 \times L\text{m} + 0,80 \times N\text{c} + 25 \times L\text{p}) \times P$ ; $C\text{ARL} = U\text{ARL}/(N \times p \times d)$ ; $I\text{LI} = C\text{ARL}/U\text{ARL}$ ; $E\text{LI} = C\text{ARL}/E\text{ARL}$ ; $E\text{URL} = \{182,5 \times (C\text{I}/C\text{V}) \times R\text{R}\}0,5$ ; $E\text{IF} (\text{meses}) = 0,789 \times (C\text{I}/C\text{V})/R\text{R}$ 0,5; $E\text{P} (\%) = 182,5 \times R\text{R}/(C\text{I}/C\text{V})$ 0,5; $A\text{BI}(\text{R}\$) = 182,5 \times C\text{I} \times C\text{V} \times R\text{R}$ 0,5	<b>UARL ou PRAI</b> (Perdas reais anuais inevitáveis ou irrecuperáveis (L/day), dados: Lm = Comprimento de rede em Km; Nc = Número de conexões de serviços; Lp = Comprimento total, em Km de tubos de ligação subterrânea (entre a borda da rua e dos clientes metros); P = Média da pressão de operação, em m); <b>CARL ou TIRL</b> (Perdas Reais no ano, dados: N = número de ligações; p = pressurização; d = 365 dias); <b>ILI</b> (Índice de infra-estrutura de vazamentos); <b>ELI</b> (Índice Econômico de Vazamento); <b>EURL</b> (Perdas Reais Não Visíveis econômicas (m³/ano), dados: CI; CV; RR); <b>EARL</b> (Perdas Reais Anuais Econômicas, calculo similar ao do UARL); <b>EIF</b> (Frequencia da Intervenção Econômica, quando o custo da água perdida for igual ao custo da intervenção); <b>EP</b> (% econômica do sistema a ser vistoriado anualmente); <b>ABI</b> (Orçamento anual para a intervenção); <b>CAV</b> (Controle Ativo de Vazamento, dados: CI =Custo da Intervenção (R\$); CV = Custo variável (R\$/m³); RR = Taxa de Crescimento em m³/dia por ano); <b>NEPr ou ELL</b> (Nível Econômico de Perdas Reais, a curto prazo (CP) ou a longo prazo (LP).
NEV_1	Método 1 do Nível Econômico de Vazamento	Gerenciamento de pressão + Diretrizes Econômicas do ILI	Balanço Hídrico; <b>CARL ou PRAT (Total Annual Real Losses)</b> ; Pressões do sistema; <b>UARL</b> ; Identificar oportunidades para alcançar gestão econômica das pressões; <b>ILI</b> ; <b>ALC</b> - tempos de intervenção econômica; <b>EARL</b> ; velocidade econômica da qualidade dos reparos; <b>ELI</b> ; identificar oportunidades para gestão das atividades econômicas de infra-estrutura; desempenho operacional na gestão de perdas reais (comparar <b>ELI</b> e <b>ELI</b> na WBI faixas).
NEV_2	Método 2 do Nível Econômico de Vazamento	Espremendo a Caixa + WBI Faixas	Melhores ações de <b>custo efetivo</b> (velocidade e qualidade nos reapros; gerenciamento de pressões; controle ativo de vazamentos); identificar iniciativas que tiveram curto período de retorno ou alto benefício (relação de custos) até esgotar as possibilidades; <b>UARL</b> (utilizando medidas de vazões mínimas noturnas); estimativa de <b>custos das perdas</b> (custo da água perdida); estimativa dos <b>custos de controle</b> destas perdas (controle ativo de vazamentos ou investimentos em perdas reais); <b>custo total</b> (custo das perdas + custo do controle de perdas); representação através dos custos marginais ou totais
NEV_3	Método 3 do Nível Econômico de Vazamento	Intervenção Econômica + Análise de Componentes + Gerenciamento de Pressão	Cálculo intensivo dos dados <b>UK</b> ; controle ativo de vazamento ( <b>ALC</b> ); vazão mínima noturna; critérios diferentes para grandes e pequenos sistemas; encorajar a utilização do controle ativo de vazamentos ( <b>ALC</b> ) ou testar se os planos de intervenção existentes são econômicos; aceitar um plano básico de inspeção regular; aplicável à qualquer sistema ou sub-sistema; utilizar limites realistas (ou acessíveis) para avaliação de dados.
SRELL	Método 3 do Nível Econômico de Vazamento de forma rápida. Software Standard ELL.	CL; CV; RR; ICF; UBL	Passo 1: <b>Passo 1:</b> Calcular rapidamente o NEV em pressões atuais utilizando a análise dos componentes: rompimentos notificados; use os números atuais, como volume perdido por rompimento (vazamento) o qual varia conforme a pressão do sistema e o material e tipo da rede. <b>Passo 2:</b> Modele os efeitos das variações de pressão, as quais influenciam em todos os componentes acima (para Cálculo rápido do nível econômico), incluindo a frequência de rompimentos (vaz) e os custos dos consertos. Rompimentos não notificados: calcular economicamente as perdas reais não visíveis e não notificadas (m³/ano) com a fórmula ( <b>usando CI, CV, RR</b> ); Vazamentos no subsolo: calcular vazamentos inevitáveis ( <b>UBL</b> ) x o fator de infra-estrutura apropriado às suas condições ( <b>ICF</b> ). <b>Passo 3:</b> Identifique a melhor seqüência de ações para cada sistema.

Fonte: Lambert (2007); e Alegre *et al.* (2005).

O método 1 é baseado na experiência Inglesa e constitui-se pelo gerenciamento de pressão sempre e em todos os lugares em que se tiver a oportunidade. Esse modelo utiliza o índice de Infra-estrutura de perdas físicas (IIE ou ILI - "Infrastructure Leakage Index"), calculado pela razão entre perdas reais anuais inevitáveis (PRAI ou UARL) e as perdas reais anuais total (CARL - Total Annual Real Losses), pela Equação 21.

$$ILI = \frac{UARL}{CARL}$$

Equação 21

O IWWA (2003) estabelece que Índice Infra-Estrutural de Perdas Físicas, para um país desenvolvido deverá estar entre 1 e 3, dependendo do custo e a escassez de água, e estabelece diretrizes gerais para estabelecimento de uma meta para o nível do ILI, com uma descrição geral de performance e um conjunto de atividades recomendadas para cada faixa (Tabela 15).

**Tabela 13 - Diretrizes gerais para estabelecimento de uma meta para o nível do ILI.**

Faixa de IIE/ILI como meta	Condições dos Mananciais	Condições Operacionais	Condições Econômico-Financeiras
1,0 a 3,0	Os recursos hídricos disponíveis são muito limitados e apresentam grande dificuldade ou restrições ambientais para serem explorados.	Para operar o sistema com um nível de vazamentos acima do atual, seria necessária a expansão da infraestrutura de abastecimento existente e/ou a busca de novos mananciais, para que a demanda de longo prazo fosse atendida adequadamente.	O desenvolvimento de novas fontes para captação de água ou a compra de água de outras companhias tem um custo alto; a margem para aumento de faturamento através da tarifa de água é extremamente limitada devido às restrições dos órgãos reguladores ou à baixa pré-disposição dos consumidores em aceitar aumentos na tarifa.
3,0 a 5,0	Os recursos hídricos disponíveis são considerados suficientes para atender às necessidades de longo prazo, mas intervenções no gerenciamento das demandas (gestão do controle de vazamentos, uso racional da água) estão incluídas nesse planejamento de longo prazo.	A capacidade da infra-estrutura existente do sistema de abastecimento de água é suficiente para atender a demanda de longo prazo, uma vez que um sistema razoável de gestão e controle de vazamentos está em operação.	Novas fontes para captação de água ou a compra de água de outras companhias podem ser feitas a custos aceitáveis; aumentos periódicos na tarifa de água são possíveis de serem impostos e são tolerados pelos consumidores.
5,0 a 8,0	Os recursos hídricos são abundantes, confiáveis e de fácil utilização.	A capacidade, confiabilidade e integridade superiores da infra-estrutura de abastecimento de água tornam o sistema relativamente imune a falhas no abastecimento (rodízio).	O custo da compra de água de outras companhias ou da busca de novos mananciais/tratamento da água é baixo, assim como a tarifa cobrada dos consumidores.
> 8,0	Apesar de determinadas condições operacionais e econômico-financeiras poderem justificar um IIE/ILI dessa magnitude, esse nível mostra que os recursos hídricos não estão sendo utilizados de maneira eficiente. O estabelecimento de uma meta para o IIE/ILI numa faixa acima de 8,0 (ao invés de se estabelecer uma meta de longo prazo de menor valor) não é recomendado.		

FONTE: Journal AWWA (2003).

Uma sistemática desenvolvida em 2005 pelo Banco Mundial para interpretar ILIs, classifica a Performance Técnica dos sistema de abastecimento de água em categorias entre as faixas de A à D, com limites diferentes para países desenvolvidos e em desenvolvimento, em



levando em consideração, também o IPL (índice de perda por ligação) como pode ser observado na Tabela 16.

**Tabela 14** - Categoria de performance técnica do Banco Mundial.

Categoria de performance técnica		ILI	Perdas Reais em litros/ligações/dia				
			(quando o sistema esta pressurizado); com uma pressão média de:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Países desenvolvidos	A	1 – 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 – 4		50 - 100	75 - 150	100 - 200	125 - 250
	C	4 – 8		100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Países em desenvolvimento	A	1 – 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 – 8	50 - 100	100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	C	8 – 16	100 - 200	200 - 400	300 - 600	400 - 800	500 - 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Fonte: Tardelli Filho (2010).

Para facilitar o cálculo das perdas reais as companhias de saneamento tem utilizado o modelo do software da IWA, traduzido para o português e disponibilizado pelo PMSS. Com o intuito de aprofundar o tema e demonstrá-lo de maneira padronizada, a IWA criou o Balanço Hídrico e um software chamado WB-EasyCalc (como complemento existe o Check-Calc).

Outra ferramenta disponível para o cálculo do NEV é o modelo ECONOLEAK, que se apóia no Controle ativo de vazamento, e foi desenvolvido para ajudar os fornecedores de água na África do Sul na compreensão e gestão de suas perdas (fuga). O software é fornecido para os fornecedores de água na África do Sul livre de encargos (embora já tenha sido proibitivamente caro) como um serviço para a indústria da água, e complementa os três modelos BABE anteriormente desenvolvidos pela WRC (o SANFLOW, o PRESMAC e o BENCHLEAK). Os quatro pacotes juntos formam uma grande suíte útil do software, que foi projetado para ter aplicação da forma mais simples e direta quanto possível. Os quatro modelos são completamente independentes, embora todos eles tenham os mesmos princípios e a maior parte dos dados de entrada são os mesmos (ECONOLEAK, 2010).

Para a utilização do modelo as seguintes informações são necessárias: dados básicos do sistema (comprimento das adutoras e rede de distribuição, o número de ligações, pressão da rede, etc); dados de perdas de água; duração dos vazamentos relatados; número e taxas de vazamentos visíveis e não visíveis; o custo marginal da água; custos para detecção de vazamentos e reparos.

Para a utilização do modelo as seguintes informações são necessárias: dados básicos do sistema (comprimento das adutoras e rede de distribuição, o número de ligações, pressão da rede, etc); dados de perdas de água; duração dos vazamentos relatados; número e taxas de vazamentos visíveis e não visíveis; o custo marginal da água; custos para detecção de vazamentos e reparos.

Além da metodologia BABE básica, o modelo ECONOLEAK faz uso dos princípios básicos da área fixa e área de descargas variável (FAVAD) desenvolvido por May (1994) em meados de 1990. Dado a falta de dados em muitos países, o modelo é muito útil na criação da consciência de que algumas informações são importantes, e que todos os fornecedores de água deve ter o volume de água captada e o monitoramento desses dados numa base contínua.

O modelo ECONOLEAK foi concebido para avaliar o vazamento de um sistema de distribuição de água baseado no controle ativo de vazamento a cada 24, 12 e 6 meses. As perdas de água para cada uma das três opções são então comparadas com os custos associados a cada opção identificando o nível de vazamento mais apropriado.

A Tabela 17 apresenta valores do NEV calculados pelo ECONOLEAK para a África do Sul, em nível nacional, regional e municipal. (WYATT, 2010).

Informações detalhadas do modelo ECONOLEAK podem ser visualizadas no Capítulo 6 descrição da metodologia e no Capítulo 7 que trata dos resultados da aplicação do modelo.

**Tabela 15 - Dados nacionais da água na África.**

<b>Dados Nacionais da Água na África 2005</b>					
<b>Informações</b>	<b>População Servida</b>	<b>Num de Conexões</b>	<b>Produção de Água m³/dia</b>	<b>Condição de Infra-estrutura</b>	<b>Nível Ótimo de Perdas Físicas</b>
DRC	7.000.000	259.560	650.000	6	38.418
Niger – SEEN	960.752	82.042	113.959	2,5	7.029
C.I. – SODECI	8.160.777	545.042	451.044	1,5	41.561
Benin – SONEB	1.450.000	122.157	82.562	2	11.760
Uganda – NWSC	2.136.834	225.932	189.538	5	23.513
SDE – SENEGAL	3.578.610	412.304	341.699	3	32.602
<b>Informações sobre Países em Desenvolvimento em Nível Municipal e Regional 2003</b>					
Bansalan Water District – Philippines	20.230	3.551	2.354	4	223
Tandag Water Dsitric – Philippines	24.872	4.120	2.708	10	204
Metro Carigara Water District - Philippines	19.769	3.500	3.070	10	158
San Francisco Water District - Philippines	16.212	2.878	2.517	3	221
Silay City Water District – Philippines	21.899	3.872	3.859	8	269
Victorias Water District – Philippines	21.210	3.695	3.981	10	194

Fonte: Wyatt (2010).

A Tabela 18 apresenta os valores médios, a mediana e os valores mínimos e máximos calculados a partir dos dados apresentados na Tabela 17, para África do Sul, em nível nacional, regional e municipal. (WYATT, 2010).

**Tabela 16 - Dados nacionais da água na África: média, mediana, mínima e máxima.**

<b>Dados Nacionais da Água na África 2005</b>					
<b>Informações</b>	<b>População Servida</b>	<b>Num de ligações</b>	<b>Produção de Água m<sup>3</sup>/dia</b>	<b>Condição de Infra-estrutura</b>	<b>NEV</b>
Média	3.109.855	303.936	286.022	3,9	25.080
Mediana	1.450.000	104.400	189.538	3	11.358
Mínima	274.002	33.902	42.584	1,5	3.296
Máxima	9.361.760	2.067.000	1.143.014	8	135.170
<b>Informações sobre Países em Desenvolvimento em Nível Municipal e Regional 2003</b>					
Média	1.096.082	223.464	352.071	5,6	14.793
Mediana	255.162	28.638	52.895	5,5	2.738
Mínima	16.212	2.878	2.354	1,5	158
Máxima	11.000.000	1.967.292	4.153.425	12	96.027

Fonte: WYATT (2010).

A Tabela 18 fornece dados nacionais sobre os sistemas de abastecimento de água na África, em nível mínimo, médio e máximo segundo a população servida, número de ligações e produção de água respectivamente. Porém, como observado na tabela acima, a condição de infra-estrutura e o NEV também seguem esta classificação respectivamente.

## **4. Sistema de Abastecimento de Água de Maceió**

### **4.1. Características da região**

A capital de Alagoas, Maceió, esta localizada no nordeste brasileiro, com uma população urbana de 932.608 habitantes (IBG 2010). Geograficamente o município de Maceió/AL ocupa três planos distintos: a baixada litorânea (com altitude que varia entre 02 e 04 m); o terraço, cortado na base do tabuleiro (com altitude variando entre 06 e 10 m acima do nível do mar); e o tabuleiro – antigo planalto Jacutinga (com altitude variando de 30 a 50 m em relação ao nível do mar).

### **4.2. Histórico**

O historia do abastecimento de água de Maceió teve inicio com a Companhia das Águas, a qual atendia, através de mini-sistemas operacionais, os bairros de Jaraguá, Poço, Pajuçara, Centro, Cambona e parte de Bebedouro, componentes da população de Maceió da primeira metade do século XX. Em 1949 foi criado o Serviço de Água e Esgoto de Maceió (SAEM), e o sistema de abastecimento de água do Catolé/Cardoso, concebido pelo escritório do Engenheiro Saturnino de Brito, e se propunha atender 80% da população da capital. Depois de 10 (dez) anos de funcionamento do sistema Catolé/Cardoso, constatou-se a situação do abastecimento de água de Maceió estava novamente precária. Diante de tal realidade, foi criada em 1963 a Companhia de Abastecimento de Água e Saneamento do Estado de Alagoas (CASAL) que por exigência do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) absorveu o SAEM em 1970. A exploração do Sistema Maceió passou da Administração Municipal do SAEM para a gestão da concessionária estadual, atualmente denominada de “Companhia de Saneamento de Alagoas” (CASAL, 2010).

### **4.3. Mananciais de abastecimento**

Atualmente o abastecimento de água em Maceió provém de 4 mananciais: riacho Catolé, riacho Aviação, rio Pratagy e Águas Subterrâneas. O mananciais superficiais (Pratagy, Catolé e Aviação), são atualmente responsáveis por 65% do abastecimento de Maceió, ficando o restante a cargo de mananciais subterrâneos (CASAL, 2010). Mas existe projeto para ampliação do sistema de abastecimento de água de Maceió, para ser executado com recursos do PAC2 (Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal) com captação de água no rio Meirim (CASAL, 2009).

---

---

O riacho Catolé está situado à Noroeste de Maceió, no município de Satuba e alimenta o sistema Catolé/Cardoso (outorga concedida em 2008) por meio de uma barragem que regulariza sua vazão para cerca de 320 L/s. Nesta barragem existe a tomada d'água do aqueduto por gravidade, com cerca de 12 km de comprimento ao longo da encosta que margeia a lagoa Mundaú, que conduz a água até a estação de tratamento de água (ETA) do Cardoso, no bairro de Bebedouro.

O riacho Aviação situa-se nas proximidades da barragem do Catolé, em Satuba, e juntamente com as sobras da barragem do Catolé alimenta o sistema Aviação, com vazão de 200 L/s (outorga concedida em 2008). A captação compreende uma tomada d'água através de um canal de concreto com seção retangular e um poço de sucção em concreto armado enterrado.

O Rio Pratagy tem as vertentes mais distantes em Messias e drena parte do Rio Largo e Maceió. É o segundo maior curso e volume de água da região e alimenta o sistema Pratagy, com outorga concedida em 2004 para vazão de 1.440 L/s, que atualmente funciona com 2/3 da vazão da primeira etapa, com cerca de 720 L/s. A captação compreende uma tomada d'água através de 3 canais de aproximação com seção retangular (Figura X) e poço de sucção em concreto armado. A Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) abriga 2 conjuntos moto-bombas para vazão de 360 L/s cada, que recalca a água até a ETA Josué Palmeira (Figura 24), localizado no bairro Benedito Bentes. Está prevista para 2011, a implantação da 3ª. bomba da EEAB do Pratagy, a qual passará a recalcar a vazão de 1.080 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 24** – Captação Pratagy.  
Fonte: CASAL (2010).

Com relação aos poços, existem atualmente em operação cerca de 180 poços espalhados pela cidade, totalizando uma vazão média de 1.230 L/s, onde cerca de 150

---

---

possuem outorga, e o restante tem pedido de outorga em trâmite na SEMARH (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

#### **4.4. Estações de tratamento de água (ETAs)**

Um sistema público de abastecimento de água deverá fornecer aos consumidores água potável (portaria 518/2004 do MS) para uso doméstico e outros, dos pontos de vista físico, químico, biológico e bacteriológico. Para que isso ocorra e em função das características qualitativas da água fornecida pelos mananciais, procede-se ao tratamento da água em instalações denominadas Estações de Tratamento. A análise química e os exames físico e bacteriológico da água dos mananciais abastecedores determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade e a segurança higiênica (CASAL, 2010).

Os três sistemas de abastecimento de Maceió que utilizam mananciais superficiais possuem estações de tratamento de água. São as ETA Cardoso, ETA Aviação e ETA Pratagy. Na produção de água proveniente dos mananciais subterrâneos o tratamento consiste apenas na cloração, devido a qualidade dessa água. A água captada pelos poços é recalçada para os reservatórios existentes na cidade ou injetam diretamente na rede de distribuição de parte das zonas alta, média e baixa da cidade (CASAL, 2010).

**ETA Aviação:** Situada na área do Catolé, em Satuba, utiliza a tecnologia da filtração direta ascendente, com capacidade total de 200 L/s, sendo composta por 08 (oito) filtros de fibra de vidro com diâmetro de 4,0 m, adição de cloro em linha, reservatório e elevatória de água tratada.

**ETA Cardoso:** Situada no bairro de Bebedouro, em Maceió, destina-se ao tratamento das águas do riacho Catolé utilizando a tecnologia do ciclo completo de tratamento (Figura 6), com capacidade para 320 L/s e composta das seguintes unidades: mistura rápida hidráulica, floculadores hidráulicos, decantadores convencionais, filtros descendentes com meio filtrante de areia, e cloração.

**ETA pratagy:** Estação do tipo convencional (Figura 25), localizada no bairro de Benedito Bentes, em Maceió, destina-se ao tratamento das águas do Rio Pratagy utilizando a tecnologia do ciclo completo, com capacidade para tratar a vazão da primeira etapa de 1080 L/s e composta basicamente de mistura rápida mecanizada, floculadores mecanizados, decantadores de alta taxa, filtros descendentes com meio filtrante em areia e cloração. No projeto do PAC2 está prevista a duplicação dessa ETA para 2.160 L/s.

---



**Figura 25** – ETA Pratagy.  
Fonte: CASAL (2010).

#### 4.5. Sistema de distribuição

De acordo com a CASAL (2010) em 1991 foi elaborado o “Plano diretor de Abastecimento de Água” (vigente até hoje), cujo sistema de distribuição de Maceió (composto de adutoras de água tratada, reservatórios, estações elevatórias de água tratada (EEAT) e rede distribuição) foi dividido em sete zonas de abastecimento (Figura 26):

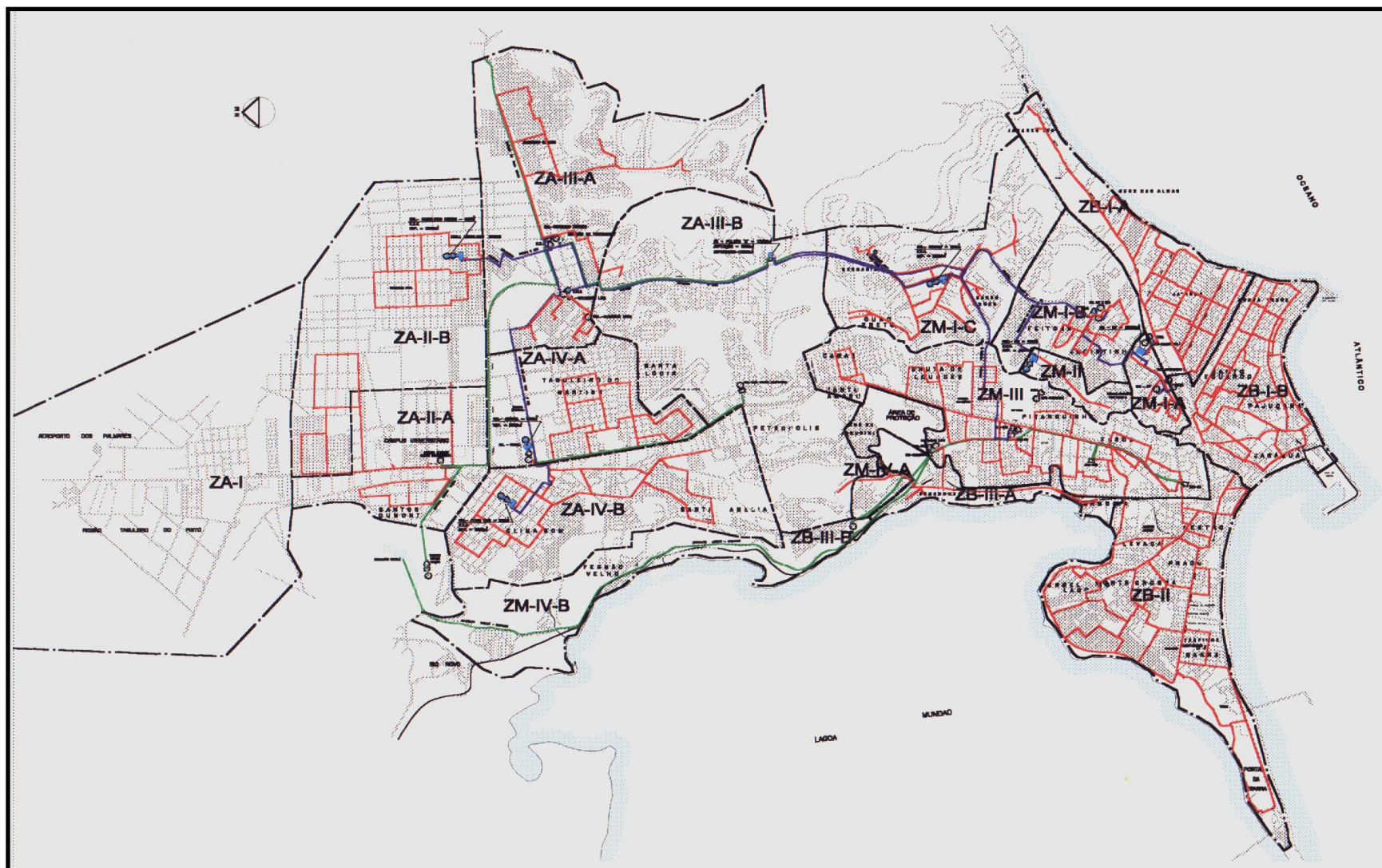
- **3 ZONAS BAIXAS:** ZB-IA e ZB-IB; ZB-II; ZB-III A, ZB-III B e ZB-III C.
- **4 ZONAS MÉDIAS:** ZM-IA, ZM-IB e ZM-IC; ZM-II; ZM-III; ZM-IV A e ZM-IV B.
- **4 ZONAS ALTAS:** ZA-I, ZA-II A e ZA-II B, ZA-III A e ZA-III B, ZA-IV A e ZA-IV B.

Em janeiro de 2000, Maceió teve oficialmente definido em 50 o número de bairros da cidade, através da Lei municipal 4952/2000. Antes da sanção desta lei que definiu o novo abairramento de Maceió, eram reconhecidas como bairros apenas 25 localidades, definidas a partir da divisão censitária do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tomando como referência esse novo abairramento, os bairros contidos nas zonas de abastecimento definidos no Planejamento de 1991, de acordo com CASAL (2010), são:

**ZONAS BAIXAS:** Envolve os bairros de Cruz das Almas, Mangabeiras, Ponta Verde, Ponta da Terra, Jatiúca, Pajuçara, Poço e Jaraguá, Centro, Prado, Levada, Ponta Grossa, Vergel, Trapiche, Pontal, Bebedouro, Mutange, Bom Parto, Fernão Velho e Rio Novo.

**ZONAS MÉDIAS:** Envolve os bairros do Jacintinho, Feitosa, Farol, Pinheiro e Gruta de Lourdes, Chã do Bebedouro e Chã da Jaqueira, Pitanguinha, Cannaã, Santo Amaro, Ouro Preto, Barro Duro, e São Jorge.

**ZONAS ALTAS:** Envolve os bairros do Petrópolis, Jardim Petrópolis, Santa Amélia Benedito Bentes, Antares, Santos Dumont, Clima Bom, Santa Lucia, Cidade Universitária, Tabuleiro do Martins e Serraria.



**Figura 26** – Divisão da zonas de abastecimento do Planejamento de 1991.  
Fonte: CASAL (2007).



---

Percebe-se que os bairros de Jacarecica, Guaxuma, Garça Torta, Riacho Doce, Pescaria e Ipioca, não estão contidos nestas zonas de abastecimento. Atualmente esses bairros são abastecidos a partir de poços profundos contidos nas bacias do riacho Jacarecica, do riacho Doce, do rio Meirim, e do riacho Garça Torta.

Vale salientar que, embora o sistema de abastecimento de água de Maceió tenha sido concebido e executado de forma setorizada, a falta de recursos para ampliação do sistema de abastecimento de água (principalmente o sistema produtor) para acompanhar o crescimento físico da cidade e a explosão demográfica durante os últimos 10 anos, levou a interligação de vários setores de abastecimento sem dispositivos de controle de vazão e pressão, comprometendo a setorização do SAA (SABESP, 2010).

A explosão demográfica e o êxodo rural fizeram crescer a cidade de forma desordenada sem o mínimo de organização e planejamento, propiciando o alto índice de ligações clandestinas, a evasão de receita e perdas imensuráveis na distribuição de água. A CASAL com uma administração de forma centralizada estava se mostrando impotente e muito ausente principalmente nas áreas de periferia da cidade.

Visando melhorar o atendimento a população, em 2009 a estrutura organizacional da CASAL foi modificada, passando para uma gestão voltada a processo e buscando o modelo divisional de gerenciamento através da partilha do sistema de Maceió em três Unidades de Negócio: Unidade de Negócio Benedito Bentes, Unidade de Negócio Jaraguá e Unidade de Negócio Farol. O conceito de administração por unidade de negócio em seu sentido mais amplo trata a unidade como uma empresa específica, delegando ao gerente ou dirigente da unidade autoridade e poder de decisão. Logo o modelo de gerenciamento divisional está associado diretamente à descentralização e delegação de autoridade (CASAL, 2008).

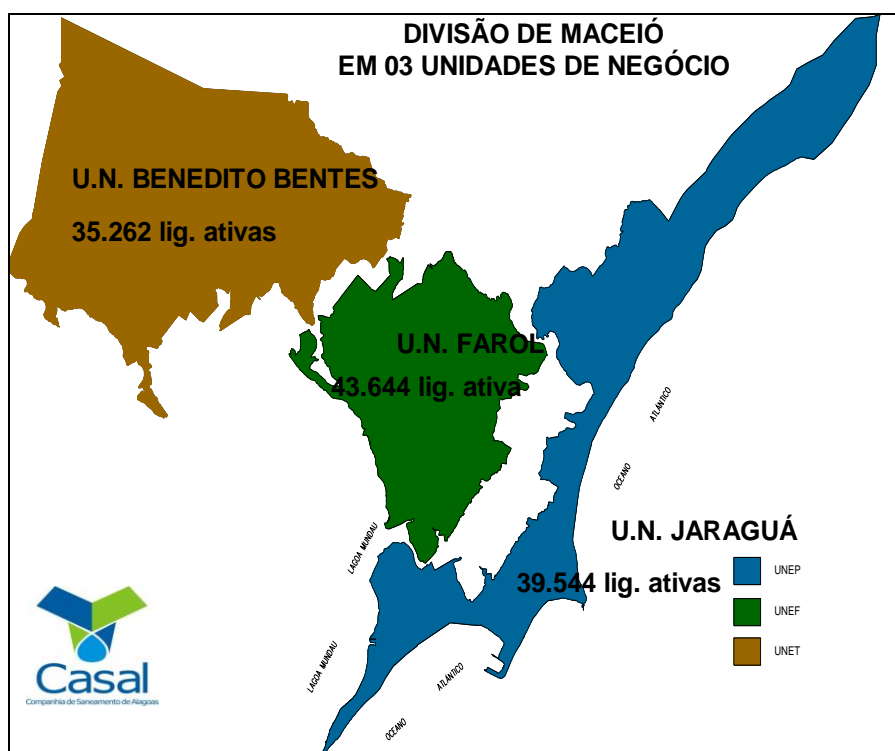
Do ponto de vista comercial, Maceió possui 40 setores (que não coincidem com os setores de abastecimento do planejamento de 1991), e com o novo organograma cada unidade de negócio passou a responder pelos setores comerciais correspondentes aos bairros de sua atuação:

**UN Benedito Bentes:** 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 40 e 50.

**UN Farol:** 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29 e 36.

**UN Jaraguá:** 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 60 e 61.

Geograficamente, cada unidade de negócio ficou com responsável pela operação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos bairros da Figura 27.



**Figura 27** – Divisão de Maceió em 3 Unidades de Negócio.  
Fonte: CASAL (2009).

**UN Benedito Bentes:** Benedito Bentes, Cidade Universitária, Antares, Santa Lucia, Tabuleiro do Martins, Santos Dumont, Clima Bom, Santa Amélia, Rio Novo e Fernão Velho.

**UN Farol:** Petrópolis, Jardim Petrópolis, Serraria, Bebedouro, Chã de Bebedouro, Chã de Jaqueira, Santo Amaro, Canaã, Ouro Preto, Mutange, Gruta de Lurdes, Barro Duro, São Jorge, Feitosa, Pitanguinha, Pinheiro, Jacintinho e Farol.

**UN Jaraguá:** Bom Parto, Levada Vergel do Lago, Ponta Grossa, Prado, Trapiche da Barra, Pontal da Barra, Centro Jaraguá, Pajuçara, Poço, Ponta da Terra, Ponta Verde, Jatiuca, Mangabeiras, Cruz das Almas, Jacarecica, Guaxuma, Garça Torta, Riacho Doce, Pescaria e Ipioca.

#### 4.5.1. Reservatórios

Os reservatórios de distribuição permitem armazenar a água para atender às variações de consumo do sistema, atender às demandas de emergências e manter a pressão constante nas rede de distribuição. Permitem também a continuidade do abastecimento quando é necessário interrompê-lo para manutenção em unidades como a captação, adução e estações de tratamento de água (CASAL, 2010).

O sistema de reservação de Maceió possui um total de 61 reservatórios distribuídos pela cidade, totalizando um volume de 43.307 m<sup>3</sup>. Estes reservatórios abastecem as Zonas Alta, Média e Baixa, sendo alguns pertencentes a conjuntos residenciais específicos. A Tabela 19 apresenta a relação, contendo nome, tipo, localização e volume de capacidade dos principais reservatórios do S.A.A. Maceió.

**Tabela 17 - Principais reservatórios do SAA de Maceió.**

<b>CADASTRO DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DO S.A.A. MACEIÓ</b>				
<b>ITEM</b>	<b>NOME</b>	<b>TIPO</b>	<b>LOCAL</b>	<b>VOLUME</b>
1	R - 01	Apoiado	Jacintinho	8000 m <sup>3</sup>
2	R - 02	Semi - Enterrado	Farol	4000m <sup>3</sup>
3	R - 02 A	Apoiado	Farol	4000m <sup>3</sup>
4	R - 03 A	Apoiado	Farol	1100m <sup>3</sup>
5	R - 04	Poço de Sucção	Farol	4000m <sup>3</sup>
6	R - 04	Elevado	Farol	3000m <sup>3</sup>
7	R-05 e R-05A	Elevado	Feitosa	377m <sup>3</sup>
8	R-06A	Elevado	Jacintinho	360m <sup>3</sup>
9	R-07	Elevado	Jacintinho	227m <sup>3</sup>
10	R - 08	Elevado	Chã do Bebedouro	200m <sup>3</sup>
11	Aviação/Pratagy	Elevado	Tabuleiro dos Martins	2000m <sup>3</sup>
12	Benedito Bentes	Poço de Sucção	Benedito Bentes	8000m <sup>3</sup>
13	Benedito Bentes	Elevado	Benedito Bentes	2000m <sup>3</sup>

Fonte: CASAL (2010).

#### **4.5.2. Adutoras de água tratada**

Os reservatórios R1, R2, R5, R5A, R6A e o Reservatório elevado Benedito Bentes, são abastecidos pela ETA do Benedito Bentes (água do rio Pratagy). Sendo os R1 e R2 alimentados por gravidade e o R6, R5 e o Reservatório Benedito Bentes por recalque (EEAT). O R2 recebe também água do Sistema Catolé/Cardoso, que se interliga ao sistema Pratagy através de uma adutora de diâmetro 700 mm (fofo), a mesma que alimenta o R2.

A adutora que parte da ETA do Benedito Bentes (Sistema Pratagy) se inicia com uma tubulação de ferro fundido de diâmetro 1200 mm, e na altura do Bairro Serraria a tubulação se divide em duas adutoras, uma de diâmetro 1000 mm (fofo) que abastece o Reservatório R1, e outra de diâmetro 700 mm (fofo), que segue para o R2. Nesta adutora existe ainda uma derivação de diâmetro 400 mm (fofo) que conduz água para o poço de sucção da Estação Elevatória Reginaldo, a mesma recalca para os reservatórios R5, R5A e R6A através de adutoras de diâmetros 250 mm (fofo) e 150 mm (fofo). O R6A abastece o Bairro Jacintinho e

o R5 o Bairro Feitosa. É possível abastecer o reservatório R1 através da Estação Elevatória Reginaldo, pois estão interligados.

#### **4.5.3. Estações elevatórias**

Em muitos sistemas públicos de abastecimento de água faz-se necessária a construção de estações elevatórias , seja para a captação de águas superficiais ou subterrâneas, seja para recalca-las a pontos distantes ou mais elevados, ou para aumento de vazão de linhas adutoras (booster). Geralmente possuem casa de bomba que abriga os conjuntos moto-bomba, registros, tubos , acessórios e reservatório (poços de sucção).

#### **4.5.4. Rede de distribuição**

Em Maceió existem cerca de 1.200 km de tubulação com diâmetro variando de 50 a 700 mm, em materiais como ferro fundido, cimento amianto, PVC rígido e resina poliéster armada com fibra de vidro e enchimento de areia silicosa, interligadas a aproximadamente 120.000 ligações ativas (com 162.000 economias ativas) em residências, pontos comerciais, indústrias e prédios públicos.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A zona baixa de Maceió é dividida em 3 zonas de abastecimento, zona baixa I (IA e IB), zona baixa II (IIA e IIB) e zona baixa III (IIIA, IIIB e IIIC). A área de estudo é a zona baixa I (A e B) a qual encontra-se na região litorânea da cidade, e abastece uma das áreas mais nobres da cidade de Maceió, com grande densidade demográfica e enorme potencial turístico, concentrando assim grande parte da rede hoteleira da cidade. As Figuras 28 e 29 mostram fotografias aéreas da região, fornecidas pela CASAL em 2010.



**Figura 28** - Fotografia aérea da região baixa IA e IB.



**Figura 29** – Fotografia da zona baixa IA.

A zona baixa I é operada pela Unidade de Negócio Jaraguá que envolve os bairros apresentados na Tabela 20 com seus respectivos os setores comerciais, e são abastecidos com água proveniente do reservatório R1.

**Tabela 18 - Bairros e setores comerciais da zona baixa I.**

<b>BAIRROS</b>	<b>SETOR COMERCIAL</b>
Poço e Jaraguá	01
Ponta Verde e parte da Pajuçara	02
Ponta da Terra e parte da Pajuçara	03
Jatiuca	04 e 05
Mangabeiras e Cruz das Almas	06

Fonte: CASAL (2010).

O reservatório R1 é do tipo apoiado (Figura 30), e está localizado no Bairro Jacintinho (Figura 31), na cota altimétrica 52 metros, com capacidade de 8.000 m<sup>3</sup>, é alimentado pelas águas do rio Pratagy, tratada na ETA do Benedito Bentes, por meio de uma adutora por gravidade com início em aço DN 1200 e na altura do Bairro Serraria a tubulação se divide em duas adutoras, em FoFo DN 1000 até chegar ao R1.

**Figura 30 – Localização do reservatório apoiado R-1.**

Fonte: CASAL (2010).



**Figura 31** – Reservatório apoiado R-1.  
Fonte: CASAL (2010).

Além do Sistema Produtor Pratagy a zona baixa 1 recebe a contribuição de três poços profundos (Figuras 32, 33 e 34) que injetam diretamente na rede de distribuição, e juntos produzem vazões estimadas em 162,20 m<sup>3</sup>/h, como especificados na Tabela 21.

**Tabela 19** - Poços que abastecem a zona baixa I.

Item	Poço	Local	Endereço	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
1	PCA-1	Cruz das Almas	Av. Gustavo Paiva	21,4
2	PDAM-2	Cj.D. Adelmo Machado	Conj. D. Adelmo Machado	88
3	PSM-1	Stella Maris	Area Verde do Loteamento	52,8

Fonte: CASAL (2010)



**Figura 32** – Poço PCA 1.



**Figura 33 – Poço PSM 1.**



**Figura 34 – Poço PDAM 2.**

A distribuição da água reservada no Sistema R-1 acontece através de adutora em DN550 descendo do reservatório até a Avenida Gustavo Paiva e interligada aos anéis de DN500 na Rua São José e de DN350 na Av Dona Constância de Goes Monteiro.

Na zona baixa I a rede distribuidora compreende 11 anéis principais que abrangem toda a área e totaliza, juntamente com a rede secundária, uma extensão total de canalizações 186 quilômetros de tubulação com diâmetro de 25 a 700 mm (Tabela 14) interligadas a 17.107 ligações ativas (37.820 economias ativas) em residências, pontos comerciais, indústrias ou prédios públicos (que apresentam consumo médio mensal 404.026 m<sup>3</sup>).



**Tabela 20 - Características das tubulações da zona baixa I.**

<b>Anéis de distribuição com 14.158 m de extensão, assim distribuídos:</b>
3.268 m tubo FoFo JGS DN450
6.096 m tubo FoFo JGS DN500
1.200 m tubo FoFo JGS DN600
2.868 m tubo FoFo JGS DN700
792 m tubo FoFo JGS DN800
<b>Rede de distribuição com 167.360 m de extensão, assim distribuídos:</b>
100.622 m tubo PVC PBA CL15 DN75
25.791 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN100
16.988 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN150
9.387 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN200
5.758 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN250
2.308 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN300
4.626 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN350
1.880 m tubo VINILFER PVC DeFoFo PN10 DN400
<b>Total 181.518 m</b>

Fonte: CASAL (2007).

Vale salientar que parte da rede de distribuição da zona baixa I consiste em tubos de ferro fundido, que segundo informações do setor operacional da CASAL, as mesmas foram implantadas em sua maioria nas décadas de 70 e 80, apresentando hoje grande perda de carga ocasionada por incrustações, o que resulta em problemas no abastecimento em diversos pontos da região, principalmente na alta temporada, quando o consumo aumenta, e em algumas ruas o abastecimento acontece somente no período noturno.

---

## 6. METODOLOGIA

O desenvolvimento desse trabalho envolveu, além da revisão bibliográfica como embasamento teórico, levantamentos de campo para obtenção de dados relativos ao setor de estudo, cálculo de indicadores e aplicação do modelo ECONOLEAK para estimativa do NEV.

### 6.1. Levantamento de dados

O levantamento de dados da região baixa I foram feitos em diferentes setores de Companhia de Saneamento de Alagoas, referentes aos anos de 2008, 2009 e 2010, a partir de quando foram intensificadas as ações de combate e controle de perdas por meio do Convenio CASAL/SABESP. Os dados foram levantados nos seguintes setores:

#### **Dados comerciais:** Gerência comercial (GECOM)

Números de ligações ativas, número de ligações inativas, volume de água disponibilizado (VD), volume de água faturado (VF), volume de água micromedido ( $V_{mic}$ ),

#### **Dados operacionais:** Unidade de Negócio Jaraguá (UN Jaraguá).

Número de vazamentos e tempo de reparo dos vazamentos, obtidos a partir dos Relatórios de Atendimento (RAs)

#### **Dados do convênio CASAL/SABESP:** ENOPS Engenharia S.A. (Empresa executora das ações do Convênio)

Dados do programa de controle de perdas, dados de custos de pesquisas de vazamentos, monitoramento da vazão mínima noturna, custos de reparos de redes, ramais, cavaletes e adutoras, custos de reconstituição de pavimento, etc.

### 6.2. Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho foram calculados através dos dados médios do ano de 2009 fornecidos pela CASAL correlacionando com as vazões macromedidas em jan/2010 pela ENOPS, na entrada do reservatório R1. Cabe ressaltar que foi utilizado as vazões de jan/2010 porque em 2009 não havia macromedição na ZBI, ou seja os valores existentes eram estimados. Assim optou-se por considerar os valores medidos em janeiro de 2010 como média mensal de volume disponibilizado, visto que para cálculo de indicadores de desempenho, é conveniente tomar a média dos últimos 12 meses, para evitar que se cometam erros de avaliações, face aos efeitos de situações sazonais.

### 6.2.1. Estimativa da população abastecida

Para estimar o número de pessoas abastecidas na zona baixa 1 foi utilizado o número de economias totais da ZBI multiplicado pelo número médio de pessoas por residência urbana no município de Maceió segundo dados do IBGE de 2009, que cita o valor médio de 3,99 pessoas por residência.

### 6.2.2. Cálculo do consumo *percapita*

O consumo *percapita* real é a quantidade de água usada por dia, em média por um habitante, normalmente expressa em litros/habitante.dia. O consumo *percapita* da ZBI foi obtido dividindo-se a quantidade de água aduzida durante um dia pelo número total de habitantes ou de pessoas abastecidas. A população abastecida é a que foi utilizada, pois conduz a um resultado mais real, principalmente, pelo fato de que na ZBI são utilizados fontes alternativas de abastecimento, como poços particulares e carros pipa.

### 6.2.3. Cálculo da demanda da área de estudo

Com base na estimativa de população abastecida foi calculada a demanda teórica de água (vazão máxima diária) da área de estudo utilizando um consumo *per capita* usual de 204 (L/hab.dia), com o coeficiente do dia de maior consumo “k1” adotando o valor de  $k1 = 1,2$  como apresentado na Equação 21. Demanda recomendada para uma cidade do porte de Maceió.

$$Q = \frac{P \times q \times k1}{3600 \times h}$$

Equação 22

### 6.2.4. Cálculo dos indicadores de perdas

Foram calculados para área de estudo indicadores de perdas reais (físicas) e de perdas aparentes (não-físicas) anuais. Para o índice de perdas reais, foram considerados os volumes de perdas visíveis (VPV), não visíveis (VPNV) e inerentes (VPI), calculados como descritos no item 5.3.3.

O volume total de perdas reais anuais (VPR) foi então estimado pela equação 23.

$$VPR = VPV + VPNV + VPI \text{ (m}^3\text{/ano)}$$

Equação 23

O volume de perdas aparentes (VPA) foi calculado pela equação 24.

$$VPA = VD - VPR \text{ (m}^3\text{/ano)}$$

Equação 24

Onde: VD = volume anual de água disponibilizada proveniente de manancial superficial (medido pela ENOPS em jan/2010 na entrada do R1) e o volume de água proveniente dos poços que injetam direto na rede (m<sup>3</sup>/ano).

O índice de perdas reais (IPR) foi calculado relacionando-se o volume de perdas reais (VPR) com o volume disponibilizado (VD), e o índice de perdas reais em relação ao total de perdas (IPRP) como apresentado nas equação 25, 26 e 27.

$$\text{IPR} = 100 \times \text{VPR} / \text{VD} (\%)$$

**Equação 25**

$$\text{IPRP} = 100 \times \text{VPR} / \text{VTP} (\%)$$

**Equação 26**

Onde: VTP = VPR + VPA

**Equação 27**

O índice de perdas aparentes (IPA) foi calculado relacionando-se o volume de perdas aparentes (VPA) com o volume disponibilizado (VD), e o índice de perdas aparentes em relação ao total de perdas (IPAP), como apresentado nas equação 28 e 29.

$$\text{IPA} = 100 \times \text{VPA} / \text{VD} (\%)$$

**Equação 28**

$$\text{IPAP} = 100 \times \text{VPA} / \text{VTP} (\%)$$

**Equação 29**

Foi também calculado o índice de perdas totais, calculado pela equação 30.

$$\text{IPT} = 100 \times (\text{VPR} + \text{VPA}) / \text{VD} (\%)$$

**Equação 30**

O índice de perdas por ligação por dia, o IPL, foi calculado segundo a Equação 31.

$$\text{IPL} = \frac{\text{VolumePerdidoMensal}}{\text{NoLigações} \times 31}$$

**Equação 31**

O índice de perdas de água por extensão de rede, (I<sub>Pe</sub>) foi calculado pela Equação 32.

$$\text{I}_{\text{Pe}} = \frac{\text{VolumePerdidoMensal}}{\text{Extensão Rede} \times 31}$$

**Equação 32**

Foram também calculados outros indicadores do SNIS com a formulação indicada pelo referido Sistema de Informações (SNIS, 2009).

### 6.3. Aplicação do Modelo ECONOLEAK

O programa ECONOLEAK se divide em 5 planilhas e 9 tabelas. Cada tabela diz respeito a informações ou a um cálculo específico, e devem ser preenchidas com dados do sistema em estudo, como descrito a seguir.

As células em amarelo são células de entrada no sistema e as células com a cor verde e itálicas são resultados de cálculo do programa (através dados reais de entrada do sistema da ZBI).

A coluna que está especificada como ECONOLEAK e está em sublinhado é a coluna com dados de exemplo de um sistema aleatório com valores baseado em pesquisas realizadas em todo o mundo.

Ressalta-se que o modelo foi desenvolvido para a África do Sul e os dados de entrada, no que diz respeito aos custos, foram convertidos para Rand (moeda da África do Sul).

#### 6.3.1. Generalidades – Tabela 1

São dados do nome do sistema de abastecimento de água e nome do setor e detalhes do contato: nome; endereço; telefone; fax; e-mail; e data.

#### 6.3.2. Dados do sistema – Tabela 2

Esta Tabela pede os seguintes dados do sistema de abastecimento de água em estudo:

- ⇒ Comprimento da linha de adução: foi utilizado comprimento da adutora DN550 que sai do R1 e alimenta os anéis da zona baixa I, de 4 km;
- ⇒ Comprimento da linha de distribuição (km): foi utilizado comprimento total da rede de distribuição da zona baixa I, fornecido pelo setor de operação da CASAL.
- ⇒ Número de ligações: foi utilizado a número de ligações ativas da zona baixa I, fornecida fornecido pelo setor de operação da CASAL,
- ⇒ Comprimento da ligação predial com profundidade superior a 10 metros: foi considerada 0 (zero) como recomendado pela literatura, visto que não existe na região ligação predial com profundidade superior a 10 m – (dado fornecido pelo setor de operação da CASAL);
- ⇒ Volume total de reservação do sistema: foi utilizado o volume do reservatório R1 de 8.000.000 L (oito milhões de litros). Dado fornecido pelo setor de operação da CASAL.
- ⇒ % do tempo que a rede está pressurizado no ano (%): 100% do tempo, segundo a CASAL;
- ⇒ Pressão média da água da rede principal (adução): fornecido pelo setor de operação como sendo de 7 mca;

⇒ Pressão média de operação quando o sistema está pressurizado: foi utilizada a pressão média calculada a partir dos dados levantados pela ENOPS, para a ZBI.

⇒ População servida: Calculada como descrito no item 5.1.1.

A Tabela 21 apresenta a Tabela 2 do ECONOLEAK preenchida.

**Tabela 21** – Tabela 2. Informações do sistema.

Dados de Entrada	ECONOLEAK	Informações Atuais	Unidades
Comprimento da linha de aducao	<u>20</u>	2	km
Comprimento da linha de distribuição	<u>300</u>	181	km
Tamanho total das linhas	<u>320</u>	182	km
Número de ligações	<u>7500</u>	17107	Número
Densidade do serviço de ligação (por km de rede)	<u>23</u>	94	Por Km
Comprimento da ligação com prof. superior a 10 metros	<u>0</u>	0	m
Volume total de reservação do sistema	<u>1,5</u>	8,0	Milhões litros
% do tempo que a rede esta pressurizada no ano	<u>100</u>	100	%
Pressão média da água da rede principal (adução)	<u>45</u>	20	mca
Pressão média de operação quando o sistema está pressurizado	<u>45</u>	7	mca
População servida	<u>100000</u>	150902	Habitantes

### 6.3.3. Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL): Parâmetros Básicos – Tabela 3a

Esta Tabela tem como dados de entrada os valores dos vazamentos inerentes, vazamentos visíveis e vazamentos não-visíveis (dado em L/dia.km.mca) para a área de estudo, em diferentes pontos do sistema de distribuição: adutora, rede de distribuição, ramais e cavaletes. Como o ECONOLEAK se baseia nos resultados da atividade de controle ativo de vazamento e para determinação de tais resultados escolheu-se, neste trabalho, a seqüência de métodos descritos nos itens subsequentes.

#### ⇒ Cálculo do vazamento visível

O controle ativo de vazamentos de Maceió é feito através dos Relatórios de Atendimento (RAs) de retiradas de vazamentos. No entanto o controle não é feito por regiões, e sim de Maceió como um todo. Dessa forma o calculo dos vazamentos visíveis se baseou nas RAs de Maceió, do ano de 2009, considerando que, segundo dados da CASAL, 40% dessas RAs referem-se a atendimentos na ZBI, e adaptando os valores das RAs para os dados de entrada no ECONOLEAK, segundo a descrição da Tabela 22.

**Tabela 22 - Dados da CASAL adaptados para o ECONOLEAK.**

ECONOLEAK	RAs da CASAL	Observação
Cavalete	Total de RAs de Cavalete + Hidrômetros	As RAs da CASAL são divididas em cavaletes e hidrômetros
Ramal	90% das RAs de rua + RAs de calçada	O setor de operação da CASAL verificou que 90% das RAs de ruas são vazamentos em ramais enterrados
Rede	10% das RAs de rua	O setor de operação da CASAL verificou que 10% das RAs de ruas são vazamentos na rede de distribuição
Adutora	1 vazamento ao ano	Não existe RAs de adutoras, mas o diretor de operações da CASAL relatou que raramente ocorrem vazamentos nas adutoras, no máximo 1 ou 2 vezes no ano.

A Tabela 23 apresenta os dados totais de RAs de Maceió, com seus respectivos formas de atendimento, se no prazo (NP) ou fora do prazo (FP) e o prazo médio de execução desses vazamentos. E a Tabela 24 os dados médios da CASAL adaptados aos dados de entrada do ECONOLEAK.

**Tabela 23 - Número total anual de RAs de Maceió.**

Unidade 63351 /set. PROGRA.AGUA Data 8/05/2009											
R.A.s. Solicitados de:		Media de todos os meses de 2009									
Especificação		Qtde. Solic.	Qtde. Atendida			%			Residual		Prz. médio de Execução (dias)
Vazamento			TT.	NP.	FP.	AT.	NP.	FP.	No prazo	Fora do prazo	
1	No cavalete	103	103	82	21	100	80	20	0	0	1
2	No hidrometro	105	105	79	26	100	74	26	0	0	2
3	Na calçada	44	44	34	10	100	77	23	0	0	2
4	Na rua	251	251	164	87	100	67	33	0	0	3
	<b>Total de RAs</b>	503	503	359	144				0	0	

Fonte: Dados fornecidos pela CASAL.

**Tabela 24 - N<sup>o</sup> médio mensal de RAs da ZBI adaptados aos parâmetros do ECONOLEAK.**

Unidade 63351 /set. PROGRA.AGUA Data 8/05/2009											
R.A.s. Solicitados de:		Media mensal de Maceió em 2009 - VAZAMENTOS VISIVEIS									
Especificação		Qtde. Solic.	Qtde. Atendida			%			Residual		Prz. Médio de Execução (dias)
Vazamento			TT.	NP.	FP.	AT.	NP.	FP.	No prazo	Fora prazo	
1	cavalete	208	208	159	47	100%	77%	23%	0	0	2
2	ramal	270	270	182	88	100%	67%	33%	0	0	2
3	adutora	0,08	0,08	0,08	0	100%	100%	0%	0	0	0,25
4	rede	25	25	16	9	100%	64%	36%	0	0	3
	<b>Total</b>	503	503	359	144	100%	71%	29%	0	0	
ZBI (40% do total de vazamentos)											
1	cavalete	83	83	64	19	100%	77%	23%	0	0	2
2	ramal	108	108	73	35	100%	67%	33%	0	0	2
3	adutora	0,03	0,03	0,03	0	100%	100%	0%	0	0	0
4	rede	10	10	6	4	100%	64%	36%	0	0	3
	<b>Total</b>	201	201	143	58	100%	71%	29%	0	0	

Com os dados de atendimento encontrados na ZBI, estimou-se o numero de dias de vazamentos, equivalentes a quantidade de vazamentos encontrados, multiplicando a quantidade média de atendimentos pelo prazo médio de execução em:

Cavalete:  $83 \times 2 = 166$  dias

Ramal:  $108 \times 2 = 216$  dias

Rede:  $10 \times 3 = 30$  dias.

Adutora:  $0,03 \times 0,25 = 0,0075$  dia

A vazão de água perdida no rompimento das tubulações foi estimada através da equação de vazão em orifício (eq. 2), adotando o diâmetro de cada orifício de acordo com o local de perda, (adutora, rede, ramal e cavalete).

Obs: Importante destacar que o dado de entrada no ECONOLEAK é a perda em marcha/pressão, visto que o modelo foi desenvolvido para sistemas que trabalham com pressão de 50 mca, assim para corrigir para pressão do sistema em estudo a vazão de entrada é por pressão unitária.

#### ⇒ **Cálculo do vazamento não-visível**

Para o cálculo do vazamento não-visível, foi utilizada a recomendação do ECONOLEAK, ou seja, considerar como sendo 50% das perdas visíveis, quando não se possuir estes dados.

#### ⇒ **Cálculo do vazamento inerente**

Para o cálculo do vazamento inerente, o ECONOLEAK se baseia no cálculo das perdas inerentes definidas pela IWA ( $V_i$ ), que multiplicando-se este valor pelo Fator de Condição da Infra-estrutura (FCI), determina-se as perdas inerentes (PI).

Assim, para o cálculo das perdas inerentes da ZBI, foi adotando o FCI utilizado pela SABESP, a pressão média em cada ponto do sistema (para adutora de 20 mca. e rede de 7 mca.), o comprimento da adutora, da rede, do ramal e do cavalete, e determinado os Vazamentos Inerentes de Referência da IWA ( $V_i$ ) calculado pela equação:

$$V_i = (20 \times 24/1000) \times L \times (P/50)^{N1} + (1,25 \times 24/1.000) \times N \times (P/50)^{N1}$$

Sendo: L = comprimento da tubulação (km)

P = pressão média (mca)

N = numero de ligações (un)

N1= fator de correção de pressão para perdas inerentes = 1,5

A Tabela 25 apresenta a Tabela 3.a do ECONOLEAK, preenchida com os dados de entrada para o setor em estudo.



Vale salientar que os dados de vazão apresentados são vazão em marcha, ou seja, divididos pela pressão considerando a realidade do sistema (20 para adutora e 7 para rede, ramal e cavalete). No exemplo do modelo Econoleak dividiu-se os vazamentos por uma pressão de 50 m.c.a.

**Tabela 25 – Tabela 3a. Perdas Reais Anuais Inevitáveis: Parâmetros Básicos.**

Detalhes	ECONOLEAK				Informação ZBI				Unidades
	Vazamentos	Vazamentos	Vazamentos	Total	Vazamentos	Vazamentos	Vazamentos	Total	
	Inerente	visíveis	Não - visíveis		Inerente	visíveis	Não - visíveis		
<b>Adutora</b>	<u>9,6</u>	<u>5,8</u>	<u>2,6</u>	<u>18</u>	18,21	253,00	126,50	397,71	L/km.dia por m pressão
<b>Rede</b>	<u>9,6</u>	<u>5,8</u>	<u>2,6</u>	<u>18</u>	10,78	954,00	477,00	1441,78	L/km.dia por m pressão
<b>Ramais</b>	<u>0,6</u>	<u>0,04</u>	<u>0,16</u>	<u>0,8</u>	0,67	12,00	6,00	18,67	L/lig.dia por m pressão
<b>Cavaletes</b>	<u>16</u>	<u>1,9</u>	<u>7,1</u>	<u>25</u>	0,67	9,00	4,50	14,17	L/lig.dia por m pressão

#### 6.3.4. Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL) da Área de Estudo – Tabela 3b

Esta Tabela, não tem dados de entrada. A partir dos dados das Tabelas 2 e 3a, o modelo calcula as perdas reais anuais inevitáveis (PRAI ou UARL) da área de estudo.

#### 6.3.5. Índice de Infra-estrutura de Vazamento (ILI) – Tabela 3c

A Tabela 3c calcula o Índice de Infra-Estrutura (ILI) de Vazamento, e para tanto as seguintes informações são necessárias:

- ⇒ Volume fornecido: total de água fornecida para a ZBI (setor do R1) através captação superficial (vazão aferida pela ENOPS na entrada do R1 em jan/2010) e também dos poços que injetam direto na rede.
- ⇒ Volume faturado: dado fornecido pelo setor de operação da CASAL (2010).
- ⇒ % Perdas aparentes do total de perdas: calculado como descrito no item 5.1.4.

A Tabela 34 apresenta a Tabela 3.c do ECONOLEAK, preenchida com os dados de entrada para o setor em estudo.

**Tabela 26 - 3c. Índice de infra-estrutura de vazamento (ILI).**

Detalhes	ECONOLEAK	Atual	Unidades
1. Volume fornecido (disponibilizado)	<u>15.000.000</u>	11447748	m <sup>3</sup> /ano
2. Volume faturado	<u>14.000.000</u>	7082796	m <sup>3</sup> /ano
3. Perda total anual de água corrente : 1 - 2	<u>1.000.000</u>	4364952	m <sup>3</sup> /ano
4. % Perdas aparentes do total de perdas	<u>25</u>	52,84	%
5. Perdas aparentes	<u>250.000</u>	2306440,637	m <sup>3</sup> /ano
6. Perdas reais anuais correntes (CARL)	<u>750.000</u>	2058511,363	m <sup>3</sup> /ano
7. Perdas reais anuais inevitáveis (UARL)	<u>193.290</u>	1001152	m <sup>3</sup> /ano
8. Índice de Infra-estrutura de vazamento (ILI): 6 / 7	<u>3,9</u>	2,1	

### 6.3.6. Duração e Taxas de Vazamentos Visíveis – Tabela 4a

A Tabela 27 é uma tabela de entrada de dados de duração e vazão dos vazamentos visíveis do sistema em estudo, nos seguintes pontos: adutoras, redes, ramais e cavaletes. Os dados requeridos são:

- ⇒ Tempo (em dias) para conhecimento e localização do vazamento: dado fornecido pelo setor de operação da CASAL.
- ⇒ Tempo (em dias) para o reparo do vazamento: extraído dos RAs de Maceió.
- ⇒ Perdas (m<sup>3</sup>/h): extraído do resultado das tabelas de cálculo de perdas de água provocado por vazamento visível.

A Tabela 27 apresenta a Tabela 4.a do ECONOLEAK, preenchida com os dados de entrada para a ZBI, considerando os dias dos registros de atendimentos, depois que os vazamentos são descobertos.

**Tabela 27 - 4a. Duração e taxas de vazamentos visíveis.**

Detalhes	ECONOLEAK				Informações atuais			
	Consciência e localização	Reparos	Total de dias	Perdas m <sup>3</sup> /h	Consciência e localização	Reparos	Total de dias	Perdas m <sup>3</sup> /h
<b>Adutoras</b>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>1,00</u>	<u>30</u>	0,00	0,25	0,25	0,38
<b>Redes</b>	<u>1,00</u>	<u>0,50</u>	<u>1,50</u>	<u>12</u>	1,00	2,00	3,00	50,5
<b>Ramais</b>	<u>5,00</u>	<u>6,00</u>	<u>11,00</u>	<u>1,6</u>	1,00	1,00	2,00	58,2
<b>Cavaletes</b>	<u>5,00</u>	<u>6,00</u>	<u>11,00</u>	<u>1,6</u>	1,00	1,00	2,00	44,8

### 6.3.7. Informações Básicas de Vazamentos Não-visíveis – Tabela 4b

A Tabela 4b é uma tabela de entrada de dados de vazamentos não-visíveis do sistema em estudo, nos seguintes pontos: adutoras, redes, ramais e cavaletes. Os dados requeridos são:

- ⇒ % de vazamentos não-visíveis: o modelo sugere que, quando não se tem dados de campo, esse valor seja estimado em 50% dos vazamentos visíveis.
- ⇒ Valor de N1 para vazamentos: coeficiente de correção de pressão que pode ser calculado aplicando-se a relação entre pressões e vazamentos. Quando não se tem dados de campo o modelo sugere N1 variando de 0,5 a 2,5. O modelo sugere para vazamentos não-visíveis o valor de 0,5.
- ⇒ Perdas (m<sup>3</sup>/h): extraído do resultado das tabelas de cálculo de perdas de água provocado por vazamento não-visível (Tabela 26).

A Tabela 30 apresenta a Tabela 4b do ECONOLEAK com os dados de entrada.

**Tabela 28** – Tabela 4b. Informações básicas de vazamentos não-visíveis.

Detalhes	ECONOLEAK			Informações da ZBI		
	Não-visíveis como % de visíveis	Valor de N1 para vazamentos	Perdas m <sup>3</sup> /h	Não-visíveis como % de visíveis	Valor de N1 para vazamentos	Perdas m <sup>3</sup> /h
Adutoras	<u>0</u>	<u>0,5</u>	<u>12,0</u>	50	1	0,2
Redes	<u>5</u>	<u>0,5</u>	<u>6,0</u>	50	1	25,3
Ramais	<u>33</u>	<u>0,5</u>	<u>1,6</u>	50	1	29,1
Cavaletes	<u>33</u>	<u>0,5</u>	<u>1,6</u>	50	1	22,4

### 6.3.8. Números de Vazamentos Visíveis – Tabela 4c

A Tabela 4c é uma tabela de entrada dos dados de numero de rompimentos visíveis do sistema em estudo, nos pontos: adutora, rede, ramais e cavaletes. Os dados de entrada são:

- ⇒ Frequência (%) dos vazamentos visíveis: os valores da frequência de vazamentos visíveis foram retiradas do numero de RAs no ano de 2009 (Tabela 27), segundo o local da perda dividindo-se pelo comprimento da tubulação (rede e anéis principais) ou pelo numero de ligações ativas (ramais e cavaletes), como apresentado na Tabela 31.

**Tabela 29** - Cálculo da frequência de vazamentos na ZBI.

Local	Numero de RAs/ano na ZBI	Valores	Frequência
Cavalete	996	17107 ligações	0,0582 RA/ligação.ano
Ramal	1297	17107 ligações	0,0757 RA/ligação.ano
Adutora	0,4	1,8 km	0,2222 RA/km.ano
Rede	121	181,5 km	0,66 RA/km.ano

⇒ Frequência (%) dos vazamentos não-visíveis: o modelo considera essa frequência como sendo 50% da frequência dos vazamentos visíveis.

A Tabela 32 apresenta a Tabela 4c do ECONOLEAK com os dados preenchidos.

**Tabela 30 - 4c. Números de vazamentos por ano.**

Detalhes	ECONOLEAK				Informações ZBI			
	Vazamentos Visíveis/ano		Vazamentos Não-visíveis/ano		Vazamentos Visíveis/ano		Vazamentos Não-visíveis /ano	
	Frequência	Número de Vazamento	Frequência	Nº de Vazamento	Frequência	No de Vazamento	Frequência	No de Vazamento
Adutora	0,03	0,6	0,0	0	0,222	0,4	0,111	0,2
	(por km/ano)	-	(por km/ano)	-	(per km mains/yr)	-	(per km mains/yr)	-
Rede	0,15	45	0,0	2,25	0,666	120,7	0,333	60,3
	(por km/ano)	-	(por km/ano)	-	(per km mains/yr)	-	(per km mains/yr)	-
Ramais	2,5	18,75	0,8	6,1875	58,200	995,6	29,100	497,8
	(por 1000 lig/ano)	-	(por 1000 lig/ano)	-	(per 1000 conn/yr)	-	(per 1000 conn/yr)	-
Cavalete	0	0	0,0	0	0,000	0,0	0,000	0,0
	(por 1000 lig/ano)	-	(por 1000 lig/ano)	-	(por 1000 lig/ano)	-	(por 1000 lig/ano)	-

### 6.3.9.Custo Marginal da Água – Tabela 5a

Esta tabela envolve os custos envolvidos na produção de 1 m<sup>3</sup> (um metro cúbico) de água, calculado a partir dos gastos de energia somado aos custos dos produtos químicos, transformados para Rand (moeda da África do Sul):

$$1\text{Rand} = 0,248 \text{ R\$} \text{ ou } 1 \text{ R\$} = 4,026 \text{ Rand}$$

- ⇒ Energia elétrica: no setor de influência R1 é de R\$ 0,35, que transformados na moeda da África do Sul, sobe para \$ 1,41 por m<sup>3</sup>.
- ⇒ Produtos químicos: R\$ 0,0162 por m<sup>3</sup> (cal 0,0007; sulfato 0,0009 e cloro de 0,0146), que transformados na moeda da África do Sul, sobe para \$ 0,07 por m<sup>3</sup>.
- ⇒ Outros custos: o custo fixo da água considerado foi de 1,46 na CASAL, que transformado na moeda da África do Sul, sobe para \$ 5,89. Os custos englobam custos fixos e variáveis, tais como: administração; salários; impostos; serviço da dívida; e manutenção.

A Tabela 33 apresenta a Tabela 5a do ECONOLEAK com os dados preenchidos.

**Tabela 31 - 5a. Custo marginal da água.**

Detalhes	ECONOLEAK			Informações da ZBI	
	Água Importada	Rec. Próprios	Highest	Rec. Próprios (Rand)	Rec. Próprios (R\$)
Custo da oferta (outorga)	2,00	0,00	-		
Energia	0,00	0,70	-	1,41	0,35
Produtos Químicos	-	0,05	-	0,07	0,02
<b>Total</b>	2,00	0,75	2,00	5,89	1,46

### 6.3.10. Custos da Detecção de Vazamento – Tabela 5b

Esta tabela envolve os custos envolvidos na detecção de vazamentos, cujos dados de entrada são:

⇒ Custo com sondagens para detecção de perdas: Foi considerado 0 (zero) visto que esse trabalho não é realizado na ZBI.

⇒ % cobertura da área necessária para pesquisa de vazamento: foi calculada utilizando o o Método 1 da IWA para o cálculo de avaliação da “taxa de crescimento” do vazamento não visível, através da comparação das perdas reais de água de vários anos, com o seguinte roteiro:

- Calcular o volume anual de perdas reais no ano 1 ( $RL_1$ );
- Calcular o volume anual de perdas reais em N anos anteriores ( $RL_N$ );
- Se o número de ligações ativas ou de pressão média mudou, ajustar as perdas reais ao número de ligações ativas e a pressão no ano 1 ( $NLR'$ )
- Taxa de crescimento =  $(RL_1 - RL_N) / N$

Para a ZBI as perdas reais foram estimadas para dois anos consecutivos utilizando os Relatórios de atendimento (RAs) dos anos de 2008 e 2009. A Tabela 34 apresenta os dados de RAs do ano de 2008.

**Tabela 32 - N<sup>o</sup> médio mensal de RAs da ZBI em 2008.**

Unidade 63351 /set. PROGRA.AGUA Data 8/05/2008									
Média mensal de 2008 - VAZAMENTOS VISIVEIS									
RA's Solicitados de:									
Especificação	Qtde. Solic.	Qtde. Atendida				%			Prz. Médio de Execução (em dias)
506 Vazamento/Estouramento		TT.	NP.	FP.	AT.	NP.	FP.		
1	Cavalete	207	207	162	45	100%	78%	22%	2
2	Ramal	300	300	227	72	100%	76%	24%	2
3	Adutora	0,08	0,08	0,08	0	100%	100%	0%	0,25
4	Rede	28	28	21	7	100%	75%	25%	2
	<b>Total de RAs</b>	535	535	410	124	100%	77%	23%	
<b>R1 (40% do total de vazamento)</b>									
1	Cavalete	83	83	65	18	100%	78%	22%	2
2	Ramal	120	120	91	29	100%	76%	24%	2
3	Adutora	0,03	0,03	0,03	0,00	100%	100%	0%	0
4	Rede	11	11	8	3	100%	75%	25%	2
	<b>Total de RAs</b>	214	214	164	50	100%	77%	23%	

Com os dados das RAs de 2008 foram calculadas as perdas reais visíveis de 2008 ( $RL_N = 1.273.055 \text{ m}^3/\text{ano}$ ), utilizando o mesmo roteiro de cálculo das perdas visíveis em 2009

( $RL_1 = 1.329.608 \text{ m}^3/\text{ano}$ ), e verificou-se um aumento no número de vazamentos nesse período com taxa de:

$$RR = 1.329.608 - 1273.055 / 1 = 56.553,5 \text{ m}^3/\text{ano} (4,25\%).$$

$$RR_{\text{diário}} = 56.553,5 / 365 = 154,94 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Além a taxa de crescimento (RR), para o cálculo do percentual de cobertura são necessários os custo de intervenção (CI), o custo marginal da água (CV), calculado como demonstrado na Tabela 35. Este cálculo também é utilizado no ALCCalcs Standard Software para ajuda no calculo do NEV através da economia encontrada (ABI/CV).

**Tabela 33 - Determinação do custo de intervenção por ligação.**

Parâmetro	Valor	Unidade
Custo unitário da pesquisa (Dado fornecido pela ENOPS)	301,55	R\$/km
Comprimento da rede	181,5	km
Custo da intervenção de pesquisa (CI)	$301,55 \times 181,5 = 54.731,33$	R\$/ano

Estes dados são usados para alimentar o cálculo da Tabela 36 e 37, para determinação da frequência de intervenção em perdas, % do sistema ser vistoriado anualmente, orçamento anual de intervenção e economia não declarada em perdas reais no ano. Porém, o único padrão que será usado para o ECONOLEAK é a % do sistema a ser vistoriado anualmente.

**Tabela 34 - Parâmetros de entrada ao calculo da % de correlação.**

Parâmetros de entrada	Fórmulas	Valor	Unidades
Custo da intervenção de pesquisa (CI)	$CI (301,55) * \text{Comp. rede.} (181,5)$	54.731,33	R\$/ano (serviço)
Custo variável de Água CV	Custo marginal água	0,3662	R\$/m <sup>3</sup>
Taxa de crescimento não visível (RR)	4,23% aumento vazamento (2008 a 2009)	154,94	(m <sup>3</sup> /dia)/ano

**Tabela 35- % do sistema a ser vistoriado anualmente.**

Resultados de cálculo	Fórmulas	Valor	Unidades
Frequência de Intervenção - pesquisa (EIF)	$\sqrt{(0,789 \times CI / (CV \times RR))}$	27	meses
% do sistema a ser vistoriado anualmente (EP%)	$100 \times 12 / EIF$	44	%
Custo Anual de Intervenção de pesquisa (ABI)-s/custos reparação	$\% EP \times CI$	23.930	R\$
Economia não declarada EURL perdas reais (volume / ano)	$ABI / CV$	64.676	m <sup>3</sup> /ano

⇒ Custo da pesquisa por correlação: esse dado envolve os custos de pesquisa de vazamento não visível por correlação, que segundo dados da ENOPS é de 301,55/km, que convertido para moeda africana resulta em R 1.214/km.

⇒ Custo de supervisão como % de inspeção: esse custo foi considerado 0 (zero) visto que o valor da pesquisa fornecido pela ENOPS já contempla essa supervisão.

- ⇒ Medição de vazão mínima noturna: esse dado envolve os custos de pesquisa de determinação de vazão mínima noturna, que segundo dados da ENOPS é de 3.500/km, que convertido para moeda africana resulta em R 14.091/km.
- ⇒ Custos administrativos instituído: esse custo foi considerado 0 (zero) visto que o valor dos reparos fornecidos pela ENOPS já contempla esse custo.
- ⇒ Custo para reparo de vazamento na rede: por km de rede (Tabela 38).

**Tabela 36 - Custo do reparo por tipo de perda.**

Custo de reparo por tipo de perda (ENOPS)	R\$ /RA
Redes	1453,57
Adutora	2 x 1453,57

- ⇒ Custo para serviço de reparo/conexão: A Tabela 37 fornece os dados de custo do reparo por tipo de perdas, levantados junto a ENOPS (2010), utilizados para determinar o custo de intervenção por ligação.

**Tabela 37- Custo do reparo por tipo de perda.**

Custo de reparo por tipo de reparo	R\$ /RA
Ramal	127,9
Cavalete	39,93

A Tabela 38 apresenta a Tabela 5b do ECONOLEAK com os dados preenchidos.

**Tabela 38 - 5b. Custos da detecção de vazamento.**

Detalhes	ECONOLEAK	Atual/Rand	Atual R\$
Custo da sondagem para regulação (moeda/km)	<u>800</u>	0	0
% cobertura necessária para pesquisa por correlação	<u>20</u>	44	10,93
Custo da pesquisa por correlação (moeda/km)	<u>1.000</u>	1.214,04	301,55
Custo de supervisão como % de inspeção	<u>15</u>	0	0
Medição de vazão mínima noturna	<u>100.000</u>	14.091	3.500,00
Custos administrativos instituído	<u>5.000</u>	0	0
Custo para reparo de vazamento visíveis na rede	<u>5.000</u>	5.852,08	1.453,57
Custo para serviço de reparo de ligações	<u>2.000</u>	675,68	167,83
10. Reposição de calcada (Rand/RA)		1.456	361,65
11. Reposição de pavimento (Rand/RA)		1.593	395,68

### 6.3.11. Perdas Inerentes Não - visíveis (ajuste segundo a pressão local) – Tabela 6a

A Tabela 6a é uma tabela de entrada dos dados de vazamentos inerentes do sistema em estudo, nos pontos: adutora, rede, ramais e cavaletes. Os dados de entrada são:

- ⇒ Vazamentos inerentes não-visíveis: para a adutora, rede, ramais e cavaletes foram calculados pelo ECONOLEAK. Para o reservatório foi calculada o percentual de reservação em função do volume diário disponibiliza:

% de reserva =  $100 \times 8.000 / (953.979 / 30) = 25,19 \%$

⇒ N1 Valor: o valor de N1 é a representação da situação das perdas inerentes no sistema, dado o desenvolvimento do sistema de abastecimento, variando de 0,5 a 1,5. A literatura recomenda 1,5 para perdas inerentes. Quanto maior o valor do N1 menor perda resultara. A Tabela 41 apresenta a Tabela 6a do ECONOLEAK com os dados preenchidos.

**Tabela 39-** 6a. Perdas inerentes não-visíveis (ajuste segundo a pressão local).

Detalhes	ECONOLEAK			Informação ZBI		
	Vazamentos	N1 Valor	Perdas	Vazamentos	N1 Valor	Perdas
	inerentes		inerentes	inerentes		inerentes
			(m <sup>3</sup> /dia)			(m <sup>3</sup> /dia)
1. Serviço de reservatórios	0,1		2	0,258		21
	% da capacidade/dia			% of capacity/day		
2. Adutoras	20	1,5	8	37,9375	1,5	0
	l/km/hr a 50m			l/km/hr @ 50m		
3. Redes	20	1,5	123	37,9375	1,5	9
	l/km/hr a 50m			l/km/hr @ 50m		
4. Ramais	1,25	1,5	192	1,395833333	1,5	30
	l/conn/hr a 50m			l/conn/hr @ 50m		
5. Cavaletes	0	1,5	0	0,00	0,5	0
	l/conn/hr a 50m			l/conn/hr @ 50m		
Totals	-	-	325			60

### 6.3.12. Nível Base para perdas reais anuais – Tabela 6b

Esta tabela calcula as perdas reais existentes no sistema em estudo, e como entrada de dados ela apenas o fator de condição de infra-estrutura, que é um numero adimensional que varia de 2 a 5, dependendo da condição do sistema em estudo.

⇒ Fator de perdas reais de nível básico: é um fator que varia de 2 a 5, aplicado as perdas inevitáveis para se obter um valor mais realista e alcançável, para ZBI foi adotando 3.

A Tabela 42 apresenta a Tabela 6a do ECONOLEAK com os dados preenchidos.

**Tabela 40-** 6b. Nível base para perdas reais anuais.

Detalhes	ECONOLEAK	Informação Atual
Perdas inerentes inevitáveis	324,8	60
Fator de perdas de nível básico	2,0	3,0
Total de perdas inerentes de base	649,5	179
Perdas dos vazamentos visíveis e não visíveis	72,2	1235
Nível base de perdas reais	721,7	1414



## **7. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os itens 7.1. e subitens 7.1.1. e 7.1.2. são resultados do convenio entre a SABESP/CASAL através da ENOPS. Os itens seguintes são resultados da aplicação do ECONOLEAK através dos dados de entrada descritos na metodologia.

### **7.1. Programa de Gestão de Combate as Perdas de Água de Maceió**

O programa de gestão de combate as perdas do sistema de abastecimento de água de Maceió, embora já existisse, a partir de 2009 passou a ser desenvolvido no âmbito do Convenio entre a CASAL e a SABESP por meio do contrato 37.614/09: Este é um contrato de performance, cujo pagamento é condicionado ao aumento de arrecadação de Maceió. O Contrato envolve ações tanto de combate as perdas reais (físicas) quanto comerciais (aparentes ou não físicas).

Com relação às perdas comerciais, as ações envolvem de inspeção prévia de todos os hidrômetros, dimensionamento de hidrômetros com levantamento de perfil de consumo, troca dos hidrômetros e cavaletes, elaboração de plano de manutenção para troca de hidrômetros, elaboração de censo de saneamento e, estruturação de equipes de pesquisa de fraude.

As ações de combate as perdas reais envolve pesquisa de vazamentos não visíveis; setorização do sistema por meio da implantação de Distritos de Medição e Controle (DMC) com controle de pressão através de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP); reparo dos vazamentos encontrados e implantação de redes novas para setorização e melhoria das condições de abastecimento.

#### **7.1.1. Ações controle de perdas comerciais (aparentes ou não físicas)**

As ações de controle de perdas comerciais, envolvem a otimização da Medição do Volume de Água (MVA) visando controlar e melhorar a macro e micro medição. Para a macro medição foi fornecimento e instalada pelo Convenio CASAL/SABESP uma Unidade Medidora de Água (UMA);

As ações de micro-medição envolvem tanto os hidrômetros quanto os cavaletes das ligações prediais, tais como: inspeção e troca de hidrômetro e/ou filtro; dimensionamento de hidrômetro com perfil de consumo, implantação de um plano de manutenção para troca de hidrômetros de pequena e grande capacidade reparo, substituição e instalação de Cavalete; avaliação e readequação de Cavalete, e até mesmo a troca da ligação, quando necessário.

A Figura 36 ilustra algumas ações de controle de perdas comerciais realizadas em Maceió no âmbito do Convênio CASAL/SABESP.



**Figura 35** - Readequação de uma ligação e levantamento do perfil do consumidor.  
Fonte: CASAL (2010).

Outra ação de controle de perdas comerciais desenvolvida no âmbito do Convênio, é o contrato de cobrança de recebíveis para fiscalizar 120.000 clientes inativos no Estado, ampliando atuação do Convênio que inicialmente contemplava apenas Maceió.

A compatibilização dos setores comerciais com os setores operacionais nas áreas do de atuação do Convênio, que iniciou com o Benedito Bentes 1 e 2, seguida pela área da ZBI possibilitou a criação de 13 Distritos de Medição e Controle (DMC's) no Benedito Bentes e 15 DMCs na ZBI. A criação dessas 28 DMC's propiciará o controle efetivo das perdas em 50% do total de ligações ativas de Maceió, contribuindo significativamente para o controle das perdas comerciais.

### **7.1.2. Ações controle de perdas físicas**

Para estudo do de controle de perdas da área de estudo (ZBI) foi realizado pela ENOPS uma campanha de medição na entrada do Reservatório R-1, na tubulação DN 1000, com o objetivo de analisar o comportamento do sistema durante um período contínuo de 7 (sete) dias. Simultaneamente, foi realizada a campanha de medição de pressão em pontos internos do Setor com o objetivo de monitorar o comportamento da pressão, avaliando se a área apresentava pressão elevada, sendo passível de instalação de VRP para reduzir a pressão. A medição de vazão e pressão foi realizada na tubulação de DN1000 na entrada do Reservatório R-1, localizado no Bairro Jacintinho, através da instalação de um Logger Diferencial de Pressão, as Figuras 36, 37 e 38 ilustram algumas dessas medições, e as Tabelas 41 e 42 apresentam respectivamente os dados de medições de pressão e vazão dessas campanhas.



**Figura 36** – Medição de vazão na adutora DN1000 com tubo pitot e de pressão com data logger diferencial.  
Fonte: CASAL (2010).



**Figura 37** – Colaborador da Enops Engenharia instalando tubo pitot.  
Fonte: CASAL (2010).



**Figura 38** – Data Logger de pressão instalado na rua Salvador Calmon.  
Fonte: CASAL (2010).

Tabela 41 - Cálculo de pressão média na ZBI.

Local	17/jan	18/jan	19/jan	20/jan	21/jan	22/jan	23/jan	Media
	Pressão média (mca)							
Rua Américo Galvão	11,5	7,4	11,6	18,4	18,4	11,4	8,8	13
Rua Gustavo Paiva	10,3	6,6	10,2	21,6	21,8	11,1	7,4	13
Rua Praça Lions	2,2	0,4	1,6	4,1	7,3	1,5	1,5	3
Rua Salvador Calmon	7,8	2,4	7	12,9	15,2	6,3	5,2	8
Rua Dr Pedro Mendonca	6,3	1,8	5,5	10,1	11,9	5,2	4,6	6
Rua Julio Marques	0,1	0	0,7	9,9	11,5	4,5	3,5	4
Rua Cláudio Ramos	0,9	0	0,3	6,8	8,3	1,8	1,6	3
<b>Total Médio</b>	6	3	5	12	13	6	5	7

Fonte: CASAL (2010).

Tabela 42 – Medição de vazão na entrada do R1.

Data	17/1/2010	18/1/2010	19/1/2010	20/1/2010	21/1/2010	22/1/2010	23/1/2010	Resumo final
Qmáx (m³/h)	1.794,95	2.042,76	1.626,72	2.602,71	1.701,63	1.564,70	1.586,55	2.602,71
Qmed (m³/h)	1.055,34	855,38	1.131,04	1.517,00	1.142,61	1.236,84	1.010,47	1.135,53
Qmin (m³/h)	342,71	315,56	391,28	518,05	482,68	781,81	534,83	315,56
Volume (m³)	25.328,23	20.529,22	27.144,96	36.407,94	27.422,68	29.684,14	24.251,23	190.768,39

Fonte: CASAL (2010).

A partir dos dados de vazão da entrada do R1 e das pressões internas e a demanda de projeto calculada para o setor, a ENOPS constatou que o principal problema de abastecimento na ZBI consiste no déficit de água fornecido, visto que em todos os pontos monitorados as pressões apresentaram satisfatórias e até mesmo elevadas em alguns pontos. Neste enfoque, a ENOPS sugeriu a implantação de Válvulas Redutoras de Pressão em Sub-setores internos do sistema como solução às elevadas pressões manométricas que existem, na frágil rede da ZBI.

Visando aumentar a oferta de água, a ENOPS está executando ações paralelas de controle de perdas no Benedito Bentes que envia água diretamente para o R1 para abastecer a ZBI, buscando assim direcionar o volume recuperado para a área em questão. A Figura 39 ilustra a regulação de uma válvula redutora de pressão (VRP) no Benedito Bentes.



Figura 39 - Regulação de VRP no Benedito Bentes.

---

Na análise do diagnóstico da ZBI levou a ENOPS concluir que o sistema de abastecimento de água da ZBI apresenta um considerável índice de perdas, que através de ações de combate às perdas de água poderão otimizar o abastecimento revertendo as mesmas em volume faturado. As medidas de controle de perdas propostas foram a implantação de válvulas reguladoras de pressão, setorização e pesquisa e reparo de vazamentos não visíveis.

- **IMPLANTAÇÃO DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESSÃO**

Como a pressão de serviço numa rede de distribuição de água é o parâmetro operacional mais importante na vazão dos vazamentos e na frequência de sua ocorrência, o controle de pressão na ZBI torna-se o elemento mais importante na estratégia de controle de perdas físicas, pois o volume de perdas físicas do sistema pode atingir reduções significativas apenas em função da limitação de pressões no período noturno, se a pressão for mantida a valores não superiores a 15 mca. Além disso, a redução de pressão é considerado o caminho mais simples e de resultados mais imediatos para reduzir perdas físicas em sistemas de distribuição de água (CASAL. 2010).

Segundo a ENOPS os resultados obtidos com a implantação de VRPs são altamente satisfatórios, e metodologia desenvolvida permite a seleção das áreas para implantação dos sistemas de controle de pressão considerando a estrutura de rede existente nas áreas críticas, dessa forma, evita-se que tempo e recursos, que geralmente são escassos sejam despendidos em áreas com relação custo x benefício pouco favorável.

- **SUB-SETORIZAÇÃO**

A Setorização da rede de distribuição é uma excelente forma de controlar um sistema, pois permite trabalhar de forma específica em cada setor. Também permite a realização comparativos de volumes macromedidos com volumes micromedidos (CASAL, 2010).

A metodologia empregada para projetar e implantar os setores foi baseada na filosofia de DMC (distrito de medição e controle). Os estudos de concepção dos setores e DMC's são desenvolvidos a partir do levantamento em campo das condições reais de operação do sistema, por meio de medições de vazão e mapeamento de pressões. Cada Setor irá possuir um sistema de medição de vazão e um sistema de controle de pressão. As variáveis de pressão e vazão são monitoradas constantemente através de uma metodologia de gestão simples e eficaz.

A divisão dos Sub-setores da ZBI foi elaborada de forma a utilizar as derivações dos anéis de reforço que estão sendo implantados na região, onde nestas derivações serão

executadas os sistemas VRPs. Os Sub-setores estabelecidos totalizam 15, sendo que a metodologia de divisão dos mesmos levou em consideração também a quantidade de ligações prediais contidas em cada setor que em média varia de 1000 a 2000.

As DMCs do Benedito Bentes foram estabelecidas levando em conta conceitos semelhantes as DMC da ZBI. A Figura 40 ilustra as DMCs da zona baixa I.



**Figura 40 - DMCs da região baixa I.**  
Fonte: CASAL.

- **PESQUISA E REPAROS DE VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS**

A pesquisa e reparo de vazamentos não visíveis surge como uma alternativa de controle de perdas nesta região que busca atingir resultados muito satisfatórios, tendo em vista que esse tipo de ação nunca foi executada na área de estudo.

A metodologia que está sendo empregada no Setor R-1 (ZBI), conhecida como “varredura” segue as orientações da ABENDE – Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos. Consiste na inspeção de todas as ligações da área pesquisada utilizando haste de escuta mecânica para identificar os ruídos de vazamento e se necessário geofone ou correlacionador de ruídos.

Permite obter bons resultados, pois o emprego do geofone eletrônico oferece uma condição de pesquisa melhor se comparado aos mecânicos, por ser equipamento digital, provido de amplificador e filtro de frequências.

Os reparos dos vazamentos identificados são executados logo após a confirmação dos mesmos, atentando para a qualidade do reparo e dos materiais utilizados.

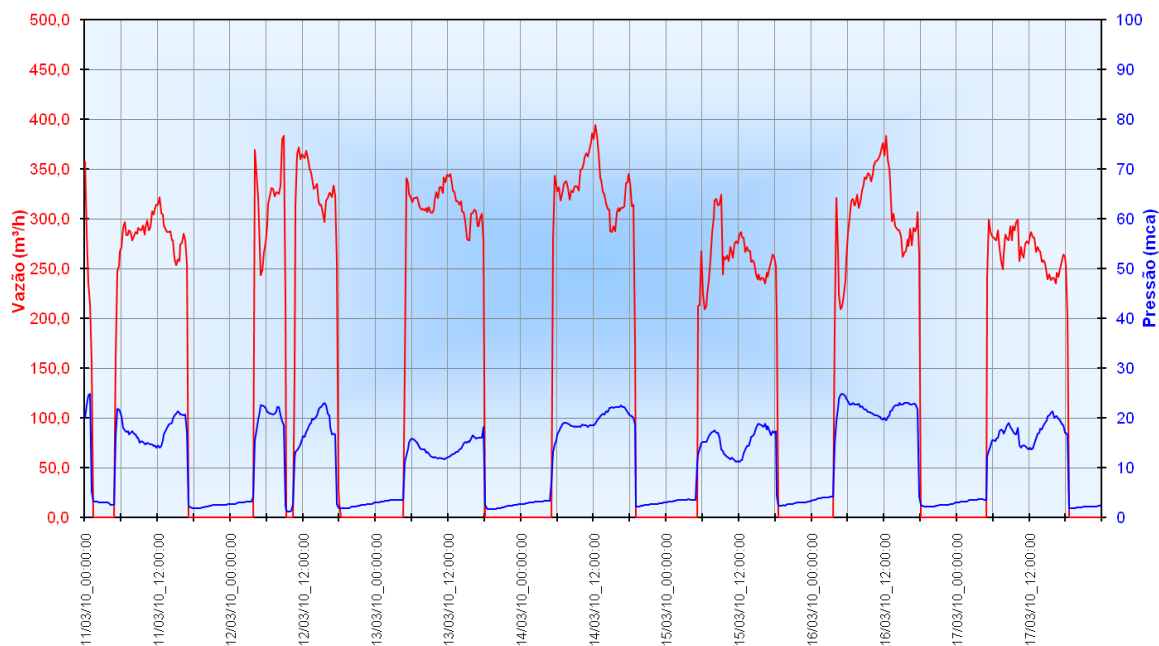
Outro problema que pode está ocorrendo na ZBI são as perdas de carga ao longo das canalizações, provocando resistência ao escoamento, causadas por incrustações, onde a deposição progressiva de substancias contidas nas águas formam camadas aderentes reduzindo assim o diâmetro útil dos tubos e alterando a sua rugosidade.

Visando minimizar esse problema, encontra-se em fase final as obras de implantação dos anéis de reforço da ZBI (obra do PAC1), onde adutoras de diâmetros consideráveis formam anéis, reforçando as áreas onde as perdas de carga prejudicam o abastecimento. Além dos anéis, está previsto no Contrato SABESP, CASAL a implantação de aproximadamente 2.000 metros de redes de abastecimento na ZBI, para reforçar o abastecimento de água.

#### • **RESULTADOS PARCIAIS DAS AÇÕES DE CONTROLE DE PERDAS**

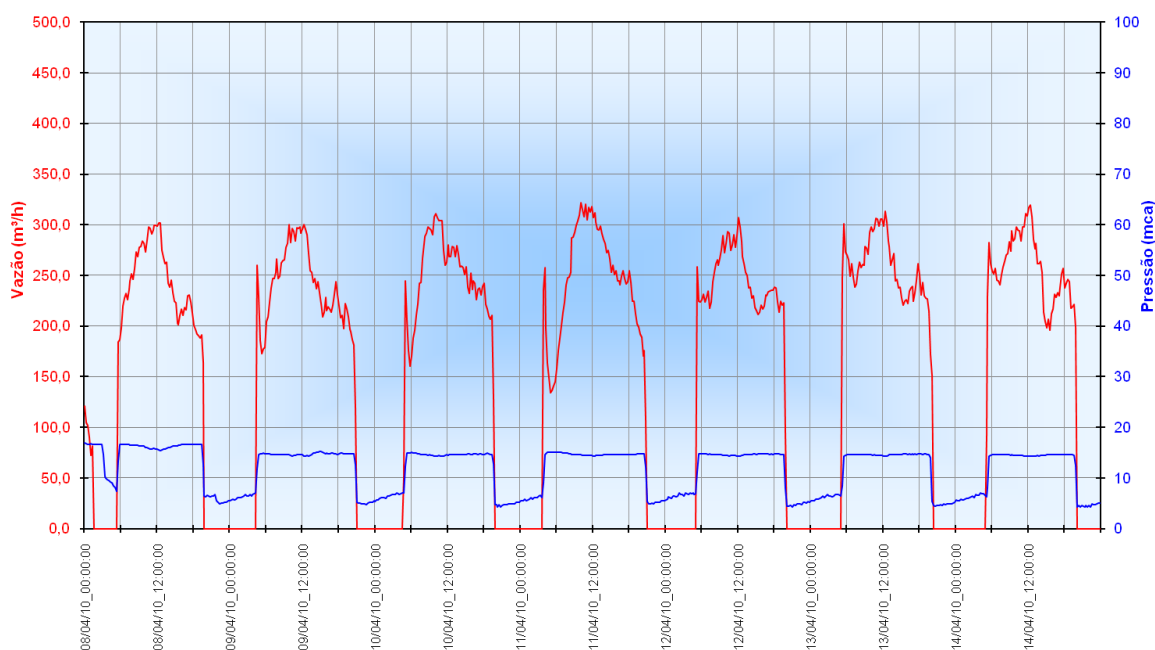
A área do Benedito Bentes tinha abastecimento deficiente, o reservatório de distribuição não enchia e a distribuição de água intermitente, por rodízios efetuados pela operação com os registros de manobra, e levados índices de perdas. Havia picos de vazão de 400 m<sup>3</sup>/h com pressões de até 100 mca por volta das 12:00 horas e vazões e pressões próximas de 0 (zero) por volta das 18 horas, como ilustrado na figura X.

Com as ações de controle de perdas, por meio da setorização (DMPs) e implantação de VRPs, verificou-se uma menor variação na vazão e pressão da rede de distribuição, os picos de vazão passaram para 320 m<sup>3</sup>/h com pressões de até 80 mca por volta das 12:00 horas e pressões próximas a 5mca por volta das 18 horas, como ilustrado na figura Y. Com isso o Benedito Bentes passou a ser abastecido 24 h/dia, com o nível do reservatório de distribuição sempre com mais de 1/3 de sua altura útil, e mais água passou a ser disponibilizada para a ZBI. Ou seja, houve significativa melhora na distribuição de água do Benedito Bentes e maior oferta de água para a ZBI sem o aumento da produção de água tratada, mostrando que ações integradas potencializam os ganhos, com conseqüente aumento na eficiência dos recursos aplicados. Figuras 41 e 42.



**Figura 41** - Gráfico de pressões e vazões no Benedito Bentes, antes das VRPs.

Fonte: CASAL, 2010



**Figura 42** - Gráfico de pressões e vazões no Benedito Bentes, depois das VRPs.

Fonte: CASAL, 2010

## 7.2. Indicadores de desempenho do sistema

### 7.2.1. Índices de perda na ZBI

O cálculo das perdas reais visíveis da ZBI foi calculado separadamente por local de ocorrência: adutora, rede, ramais e cavaletes, como apresentado nas Tabelas 43 a 45.



**Tabela 43 - Cálculo da perda visível de água na adutora DN550.**

sigla	Descrição	valor	Unidade
Q	$C \times S \times (2 \times g \times H)^{0,5}$		
	Diâmetro do orifício	0,2	m
S	Área da sessão transversal (S)	0,0314	m <sup>2</sup>
C	Coefficiente de descarga adotado (C)	0,61	adimensional
g	Aceleração da gravidade	9,81	m/s <sup>2</sup>
H	Pressão no ponto de vazamento	20	m.c.a
	Vazão m <sup>3</sup> /s	0,38	m <sup>3</sup> /s
	Perda visível mensal	273	m <sup>3</sup> /mês
	Perda visível diária	9106	L/dia
	Perda em marcha	5059	L/dia.km
	Perda em marcha / mca	253	L/dia.km.mca

**Tabela 46 - Cálculo do perda visível na rede de distribuição.**

sigla	Descrição	valor	Unidade
Q	$C \times S \times (2 \times g \times H)^{0,5}$		
	Diâmetro do orifício	0,05	m
S	Área da sessão transversal (S)	0,0020	m <sup>2</sup>
C	Coefficiente de descarga adotado ©	0,61	adimensional
g	Aceleração da gravidade	9,81	m/s <sup>2</sup>
H	Pressão no ponto de vazamento	7	m.c.a
	Vazão	0,01	m <sup>3</sup> /s
	Perda visível mensal	36.364	m <sup>3</sup> /mês
	Perda visível diária	1.212.137	L/dia
	Perda em marcha	6.678	L/dia.km
	Perda em marcha / mca	954	L/dia.km.mca

**Tabela 44- Cálculo do desperdício de água no ramal.**

sigla	Descrição	valor	Unidade
Q	$C \times S \times (2 \times g \times H)^{0,5}$		
	Diâmetro da tubulação	0,02	m
S	Área da sessão transversal (S)	0,0003	m <sup>2</sup>
C	Coefficiente de descarga adotado ©	0,61	adimensional
g	Aceleração da gravidade	9,81	m/s <sup>2</sup>
H	Pressão no ponto de vazamento	7	m.c.a
	Vazão	0,002	metros <sup>3</sup> /s
	Perda visível mensal	41.891	metros <sup>3</sup> mês
	Perda visível diária	1.396.382	L/dia
	Perda em marcha	82	L/dia.ramal
	Perda em marcha / mca	12	L/dia.km.mca

**Tabela 45- Cálculo da perda de água no cavalete.**

sigla	Descrição	valor	Unidade
Q	$C \times S \times (2 \times g \times H)^{0,5}$		
	Diâmetro da tubulação	0,02	m
S	Área da sessão transversal (S)	0,0003	m <sup>2</sup>
C	Coefficiente de descarga adotado (C)	0,61	adimensional
g	Aceleração da gravidade	9,81	m/s <sup>2</sup>
H	Pressão no ponto de vazamento	7	m.c.a
	Vazão	0,002	m <sup>3</sup> /s
	Perda visível mensal	32.272	m <sup>3</sup> mês
	Perda visível diária	1.075.731	L/dia
	Perda em marcha	63	L/dia.ramal
	Perda em marcha / mca	9	L/dia.km.mca

Os Dados das Tabelas 43 a 45 mostram que o volume médio de perdas reais visíveis mensais é de 110.801 m<sup>3</sup>/mês, resultado do somatório das perdas nos seguintes locais:

Adutora: 273 m<sup>3</sup>/mês

Rede: 36.364 m<sup>3</sup>/mês

Ramais: 41.891 m<sup>3</sup>/mês

Cavalete: 32.272 m<sup>3</sup>/mês

As perdas reais não-visíveis foram consideradas como sendo 50% das perdas visíveis estimada em 55.400 m<sup>3</sup>/mês, resultado dos somatórios das perdas nos seguintes locais:

Adutora: 137 m<sup>3</sup>/mês

Rede: 18.182 m<sup>3</sup>/mês

Ramais: 20.946 m<sup>3</sup>/mês

Cavalete: 16.136 m<sup>3</sup>/mês

O cálculo das perdas inerentes estão apresentados na Tabela 46.

**Tabela 46 - Cálculo das perdas inerentes para a CASAL.**

	Vi	FCI (SABESP)	PI (m <sup>3</sup> /dia) (Vi*FCI)	PI (m <sup>3</sup> /mês)	PI (L/dia.Km)	PI (L/dia.Km.mca)
Adutora	0,22	3	0,66	20	18,21	0,22
Rede	4,56	3	13,69	411	10,78	4,56
Ramal	26,88	3	80,65	2420	0,67	26,88
Cavalete	26,88	3	80,65	2420	0,67	26,88

Com isso, tem-se que o volume de perdas reais na ZBI é de:

$$\text{VPR} = \text{VPV} + \text{VPNV} + \text{VPI} = 110.801 + 55.400 + 5.269 = 171.471(\text{m}^3/\text{mês})$$

A Tabela 47 apresenta o valor médio mensal das perdas reais da ZBI, em 2009, por local de perda, e o percentual de cada um em relação as perdas reais totais, e quantos reais são desperdiçados com essas perdas considerando que a tarifa média da água é de R\$ 1,92/m<sup>3</sup>.

**Tabela 47 - % de perdas reais em relação ao total de perdas.**

tipo de perda	m <sup>3</sup> /mês	% perdas	Desperdício (R\$)
adutora	429	0,25	825
rede	54.957	32,05	105.517
ramal	65.257	38,06	125.293
cavalete	50.827	29,64	97.589
Total do sistema R1	171.471	100	329.223

Considerando que o volume médio mensal da água disponibilizado (VD) foi de 953.979 e que o volume médio mensal da água faturada (VF) em 2009 foi de 590.233 m<sup>3</sup>, o volume de médio mensal de perdas aparentes (VPA) é de:

$$VPA = VD - VF - VPR = 953.979 - 590.233 - 171.471 = 192.275 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Calculado os volumes médios mensais de perdas, foram calculados os indicadores de perdas totais (IP), perdas reais (IPR), perdas reais em relação ao total de perdas (IPRPT), de perdas aparentes (IPA) e de perdas aparentes em relação ao total de perdas (IPAP), da ZBI como apresentado na Tabela 48.

**Tabela 48 - Indicadores de perda da ZBI.**

<b>Índice geral perdas – IP (%)</b>	<b>Índice de perda real – IPR (%)</b>	<b>Índice perda aparente – IPA (%)</b>	<b>Índice de perda real em relação as perdas totais – IPRPT (%)</b>	<b>Índice perda aparente em relação as perdas totais – IPAPT (%)</b>
38	18	20	47,16	52,84

### 7.2.2. Consumo *percapita* na ZBI

O consumo *percapita* da ZBI foram calculado levando em consideração os dados de vazão da medição de vazão na entrada do Reservatório R1 somado com a vazão dos poços que injetam diretamente na rede, o qual foi denominado consumo *percapita* disponibilizado (CPd), e considerando o volume de água faturado, denominado de consumo *percapita* utilizado (CPu). cujos valores estão apresentados na Tabela 49.

**Tabela 49 - Consumo *percapita*.**

<b>População Abastecida (hab)</b>	<b>Vazão Aduzida Jan/2010 (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Vazão Estimada Poços (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Vazão Total Disponibili. (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Vazão Média Diária Disponibil. (L/dia)</b>	<b>Consumo <i>Percapita</i> Disponibil. CPd (L/hab.dia)</b>	<b>Vazão Total Faturada. (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Vazão Média Diária Faturada (L/dia)</b>	<b>Consumo <i>Percapita</i> Utilizado CPu (L/hab.dia)</b>
150.902	833.302	120.677	953.979	30.773.510	204	590.233	19.674.433	130

O consumo *percapita* utilizado foi de 130 litros habitante por dia, em cidades brasileiras beneficiadas com serviço publico eficiente é usado o valor de 200 L/ha/dia.

Um fator que pode mascarar o cálculo de consumo per capita é o abastecimento por fontes alternativas em períodos de intermitência de abastecimento, onde caminhões pipa fazem são utilizados em grande escala por usuários da CASAL.

### 7.2.3. Indicadores do SNIS

Os principais indicadores de perdas utilizados pela CASAL na área de estudo estão apresentados nas Tabelas 50 e 51, as quais mostram também dados do SNIS do ano de 2009 para comparação com dados da ZBI do mesmo ano.

**Tabela 50** - Indicadores de avaliação do SNIS e sua comparação com os dados da ZBI.

Nome da Capital	AG001 População total atendida [habitante]	AG002 Quant. ligações ativas [ligação]	AG003 Quant. de economias ativas [economia]	AG005 Extensão da rede de água [km]	AG006 Vol. de água prod. [1.000 m <sup>3</sup> /ano]	AG008 Vol. de água microm. [1.000 m <sup>3</sup> /ano]	AG011 Vol. de água faturado [1.000 m <sup>3</sup> /ano]
Maceió		113.064	153.631	1.300	65.843	14.783	24.552
Fortaleza		642.899	808.376	4.607	186.386	115.958	135.276
Belo Horizonte		534.939	901.447	6.635	230.739	150.376	156.204
Belém		196.885	253.275	1.881	89.903	26.031	48.327
Recife		309.743	421.423	2.472	150.226	38.482	66.102
Rio de Janeiro		805.149	1.920.685	9.810	1.077.292	361.928	441.962
Natal		175.203	228.370	1.564	79.978	24.282	37.852
São Paulo		2.624.244	4.159.387	19.656		723.790	796.446
ZBI (2009)	150.902	17.107	37.820	181,5	11.447	5.358	7.083

**Tabela 51** - Indicadores de avaliação do SNIS e sua comparação com os dados da ZBI (cont)

Nome da Capital	IN013 Índice de perdas faturamento [percentual]	IN020 Extensão da rede por lig. [m/lig.]	IN022 Consumo médio <i>percapita</i> [l/hab.dia]	IN028 Índice de faturamento [%]	IN049 Índice de perdas na distribuição [%]	IN050 Índice bruto de perdas lineares [m <sup>3</sup> /dia.Km]	IN051 Índice de perdas por lig. [l/dia.lig.]
Maceió	62,7	8,1	74,0	37,3	67,7	94,0	1059
Fortaleza	27,3	6,7	154,1	72,7	37,6	41,8	304
Belo Horizonte	32,0	12,3	163,0	68,0	34,5	32,8	408
Belém	45,0	7,5	111,2	55,0	46,3	53,6	529
Rio de Janeiro	56,8	11,1	197,7	43,2	56,8	162,8	1998
Natal		7,3					
Recife	55,9	7,0	104,3	44,1	64,3	108,3	865
São Paulo		6,6					
ZBI (2009)	38,13	10,6	130	61,87	46,80	65,88	685,90

Maceió encontrava-se entre os maiores índices de perdas de faturamento (62,7%) no sistema em 2009, junto com Rio de Janeiro (56,8%) e Recife (55,9%). Já as capitais de menores índices de perdas entre as cidades brasileiras selecionadas foram Belo Horizonte (32,0%) e Fortaleza (27,0%). A ZBI encontra-se com um índice de perda de faturamento de 38%, ou seja, uma situação de eficiência considerada baixa, se comparada com as capitais citadas anteriormente.

Com relação as perdas reais, a ZBI apresenta um Índice de perdas na distribuição de 46,8 %, abaixo do índice de Maceió (67,7), e de do Rio de Janeiro (56,8%) e Recife (64,3%). O índice de perdas por ligação da ZBI (685,9 L/lig.dia) também é inferior que o de Maceió como um todo (1.059 L/lig.dia).

### 7.3. Estimativa do NEV

Os principais resultados obtidos com a aplicação do ECONOLEAK estão apresentados neste item, iniciando cálculo das perdas total, aparente e real, assim como também o ILI (índice de infra-estrutura de vazamentos) encontrados na ZBI, apresentados na Tabela 52.

**Tabela 52 - Índice de infra-estrutura de vazamento (tabela 3.c).**

Detalhes	Atual	Unidades
1. Volume fornecido (disponibilizado)	11447748	m <sup>3</sup> /ano
2. Volume faturado	7082796	m <sup>3</sup> /ano
3. Perda total anual de água corrente : 1 - 2	4364952	m <sup>3</sup> /ano
4. % Perdas aparentes do total de perdas	52,84	%
5. Perdas aparentes	2306440,637	m <sup>3</sup> /ano
6. Perdas reais anuais correntes (CARL)	2058511,363	m <sup>3</sup> /ano
7. Perdas reais anuais inevitáveis (UARL)	1001152	m <sup>3</sup> /ano
8. Índice de Infra-estrutura de vazamento (ILI): 6 / 7	2,1	

Pela Tabela 53 verifica-se que o ILI da ZBI é de 2,1, enquadrando-se na classe A da Tabela 16 do Banco Mundial, para determinação da eficiência do sistema. E na faixa de 2 a 3 da IWA, ou seja, os recursos hídricos são escassos e com um alto preço.

A partir dos dados de entrada o modelo calculou o nível básico de vazamento da ZBI com o custo dessa perda, cujos resultados estão apresentados na Tabela 53.

**Tabela 53 - 6c. Nível básico de perdas reais anuais.**

Detalhes	Informação ZBI			Total
	Perdas Inerentes		Vazamentos	
	Básico	Nível Básico		
Serviço de reservatório (m3/dia)	20,6	61,9		61,9
Adutoras (m3/dia)	0,4	1,2	0,0	1,2
Redes (m3/dia)	8,6	25,9	168,3	194,2
Ramal (m3/dia)	30,0	90,1	1066,8	1156,9
Cavalete (m3/dia)	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (m3/dia)	59,7	179,2	1,235,1	,1414,3
Total (m3/ano)	21.797	65.390	450,825	516,215
Custo (Rand/ano)	128.477	385.430	2,657.306	3,042,736

As perdas reais de nível básico, são as perdas inerentes multiplicadas por um fator que varia de 2 a 5, para se obter um valor mais realista e alcançável, para essas perdas. Para a ZBI utilizou-se 3 como fator. Pela Tabela 53 verifica-se que esse volume de água perdida é ordem de 516.215 m<sup>3</sup>/ano, que representa um custo em Real de R\$ 755.217,67/ano.

A partir dos dados de entrada no modelo, o ECONOLEAK calculou também os custos de intervenção para o controle de vazamentos para 3 situações (intervenção a cada 2 ano, a cada ano e a cada 6 meses), cujos resultados estão apresentados na Tabela 54.

**Tabela 54** - Custos para a intervenção e regularização por intervalos (tabela 5c).

Detalhes	Informações Atuais		
	A cada 2 anos	A cada 1 ano	A cada 6 meses
Custos administrativos instituído	0	0	0
Controle das despesas com mão de obra	48.476,6	96.953,2	193.906,5
Custo de supervisão	0	0	0
Custo de reparação da rede	354.282,5	354.282,5	354.282,5
Custo de reparação da conexão	336.362,8	336.362,8	336.362,8
Reposição de Pavimento	88.145,6	88.145,6	88.145,6
Reposição de Calçada	793.017,2	793.017,2	793.017,2
<b>Custos Totais (Rand)</b>	<b>1.620.284,7</b>	<b>1.668.761,0</b>	<b>1.765.714,6</b>

As Tabelas 55 e 56 apresentam os dados de perdas de água por número de intervenção por ano e seu respectivo o custo total de intervenção do sistema.

**Tabela 55-** Perdas de água por número de intervenção por ano (tabela 7).

Detalhes	Informações ZBI		
	A cada 2 anos	A cada ano	A cada 6 meses
<b>Serviço de reservatório</b>	61,9	61,9	61,9
<b>Adutoras</b>	24,3	12,5	7,0
<b>Redes</b>	1.417,3	809,1	505,0
<b>Ramal</b>	3.840,5	2.502,3	1.833,3
<b>Cavalete</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Total (m3/dia)</b>	5.344,0	3.385,9	2.407,2
<b>Total (m3/ano)</b>	1.950.571	1235847	878640
<b>Custo (Rand/ano)</b>	11.497.294	7.284.478	5.178.987

**Tabela 56 - 8.** Custo total de intervenção (Rand).

Detalhes	Informações ZBI		
	Custo de Intervenção	Custo das Perdas	Total
<b>A cada 2 anos</b>	1.620.284	11.497.294	13.117.579
<b>A cada ano</b>	1.668.761	7.284.478	8.953.240
<b>A cada 6 meses</b>	1.765.714	5.178.987	6.944.702

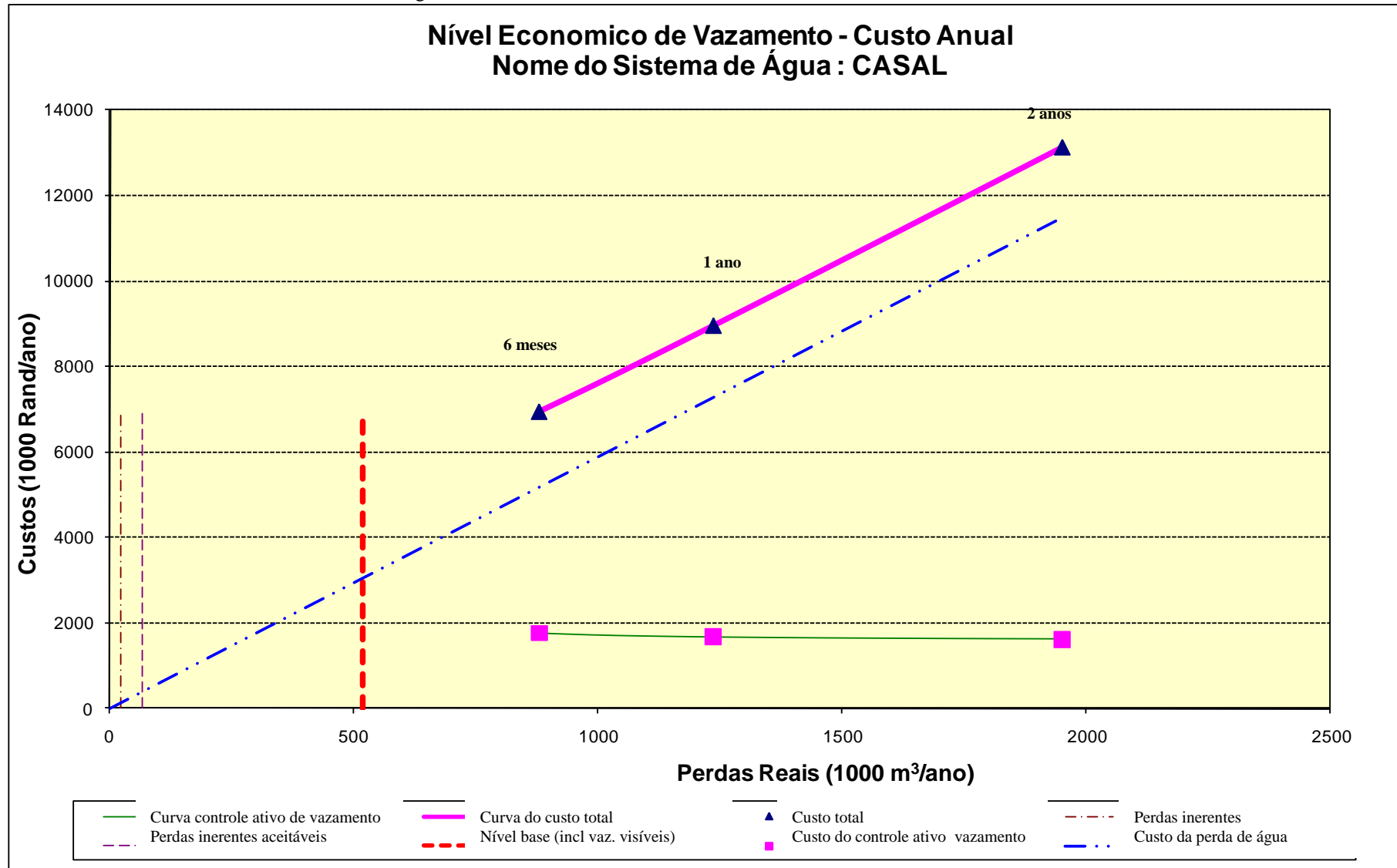
A tabela 57 sintetiza os custos das perdas, das intervenções e o custo total (apresentados nas tabelas 55 a 56) já convertidas para a moeda brasileira (Real).

**Tabela 57** - Nível econômico de perdas a cada intervenção do controle ativo de vazamento.

Nível Econômico de Perdas a cada Intervalo de Intervenção			
Eixo das Ordenadas	6 meses	1 ano	2 anos
X (perdas R\$)	1.286.385	1.809.359	2.855.761
Y (intervenção R\$)	438.578	414.496	402.455
Custo total	1.724.963	2.223.855	3.258.216

Esses dados foram plotados gerando o gráfico do nível econômico de perdas apresentado na Figura 43.

Figura 43 - Nível econômico de vazamento – custo anual na CASAL ZBI.



A teoria econômica de custo total médio aponta que o menor ponto da curva é o ponto mais eficiente do ponto de vista econômico para a empresa. Porém, para se gerar a curva de custo total é preciso o somatório de duas curvas, o que no caso do comportamento de uma empresa de abastecimento de água é uma reta.

Conforme a Figura 43 nota-se o menor Nível Econômico de Vazamento no intervalo de investimento em controle ativo de vazamento a cada 6 meses. Porém, no modelo ECONOLEAK o NEV pode oscilar num pequeno intervalo entre o menor ponto da curva de custo total. A tabela 61 apresenta uma análise do NEV para ZBI considerando a intervenção a cada 6 meses.

**Tabela 58 – Intervenção a cada 6 meses e análise do NEV.**

<b>Análise dos resultados finais</b>	<b>Reais e m<sup>3</sup></b>
NEV anual em m <sup>3</sup> (para uma intervenção a cada 6 meses)	878.640
Custo total anual (da intervenção e das perdas, cada 6 meses Rand)	R\$ 1.724.963,24
Custo total anual das perdas no NEV (a cada 6 meses)	R\$ 1.286.385,25
Custo total anual das intervenções para se chegar ao NEV (a cada 6 meses)	R\$ 438.577,74
Economia possível total (subtrair do nível base de perdas reais)	1.541.943
Tempo necessário para intervenção (anos)	1
CARL \$ (perda real total no sistema)	R\$ 3.013.792,14
CARL m <sup>3</sup> (perda real total no sistema)	2.058.511
Custo da intervenção por m <sup>3</sup> economizado	R\$ 0,37
Nível base de perdas reais inerentes m <sup>3</sup> (fixo)	516.568
Estimativa da economia de perdas anuais m <sup>3</sup> /ano	1.179.871
Estimativa da economia de perdas anuais (perdas reduzidas)	R\$ 1.727.407,05
Lucro	R\$ 1.288.829,31
% da economia total em relação ao custo total da intervenção	394
% da economia total em relação as perdas reais no sistema	57
% do custo da intervenção total em relação ao total de economia	25
% do lucro possível em relação ao custo total das perdas reduzidas	75
% das perdas totais reais inerentes em relação ao CARL	25
% da economia possível de ser realizada em relação ao CARL	75
% Perda aparente em relação ao total de perda	53
% Perda aparente em relação a % de perda total no sistema	20
% Perda real em relação ao total de perda	47
% Perda real em relação a % de perda total no sistema	18
% Perda total do sistema (em relação ao faturado)	38
Perdas totais no sistema (aparentes e reais) Econoleak	4.364.952
% Perda de nível base de perdas reais inerentes em relação a % do sistema	5
% Economia total em relação a % de perda real do sistema	22
% Perda total do sistema deduzido a economia (em relação ao faturado)	16

Vale ressaltar que a confiabilidade na estimativa de perdas por intervalo de intervenção para perdas visíveis pelo ECONOLEAK foi de: perdas visíveis vazando no intervalo de reparo; perdas não-visíveis ocorrendo no intervalo de pesquisa, por isso, o sistema considera 1 ano (para cada 2 anos); 6 meses (para cada ano); e 3 meses (para cada 6 meses).



---

As perdas inevitáveis consideradas pelo ECONOLEAK são chamadas de nível base de perdas reais e é dividido em: perdas inerentes totais; 3 vezes o total de perdas inerentes; somados ao nível base de perdas reais, determinadas pelo sistema como sendo 777.487 m<sup>3</sup>/ano.

Conforme Tabela 58, o custo por m<sup>3</sup> economizado foi de R\$ 0,37 para uma intervenção a cada 6 meses. A perda estimada pelo ECONOLEAK da ZBI, é de 4.364.952 m<sup>3</sup> a economia proposta pelo programa, para a intervenção a cada 6 meses, é de 1.179.871 m<sup>3</sup>/ano, isto significa uma economia de 75% do total das perdas por vazamento.

Ou seja, 57% das perdas de vazamento ou 22% das perdas totais no sistema. Isto significa que teria uma redução do índice total de perdas do sistema R1 para 16%, de um total de 38%.

As etapas de calculo do NEV passaram então, pelo levantamento de parâmetros básicos de perdas reais anuais, calculo da UARL e do ILI, duração, frequência e porcentagem de vazamentos adaptados a pressão, custos da água, da detecção e intervenção, perdas inerentes e nível base de perdas reais, discretizacao das perdas de água por número de intervenção por ano, custo total da intervenção e das perdas, curva e gráfico para demonstração do NEV.

Segundo a Tabela 15 as diretrizes sugeridas pela AWWA em 2003 para o estabelecimento de uma meta de gestão do sistema de abastecimento segundo o nível do ILI encontra-se na primeira faixa da tabela.

O NEV encontrado foi de 141 L/lig.dia, comparado ao limite de perdas reais ideias sugerido pelo Banco Mundial para países em desenvolvimento (menos que 100 L/lig.dia), a uma pressão de 20 mca, a diferença ainda é de 41 L/lig.dia a mais. Dado o valor do ILI encontrado de 2,10.

Se comparado as metas de longo prazo da RMSP – Região Metropolitana de São Paulo, pela AWWA *guide* de 150 L/lig.dia (GERALDES, 2006), a diferença é de 9 L/lig/dia a mais.

Em relação as metas de longo prazo da RMSP para as perdas reais, as perdas inevitáveis desejadas são de 50 L/lig.dia (IWA). Neste exercício de calculo o valor foi de 83 L/lig.dia para perdas de nível base, valor calculado pelo ECONOLEAK, uma diferença de 33 L/lig.dia. Percebe-se a diferença dado a realidade diferenciada dos dois sistemas comparados.

O NEV calculado foi de 878.640 m<sup>3</sup>/ano ou 141 L/lig.dia, se comparado com os dados nacionais da África em 2005 encontrado na Tabela 18 (WYATT, 2010), para uma população

---

de 274.002 habitantes, 33.902 ligações, 42.584 m<sup>3</sup>/dia de produção de água, ILI de 1,5, o NEV foi de 3.296 m<sup>3</sup>/dia. Volume calculado é de 155 L/hab.dia.

O valor encontrado na ZBI foi de 2.407 m<sup>3</sup>/dia, bem próximo do valor da África do Sul, de 3.296 m<sup>3</sup>/dia, uma diferença para a ZBI de 889 m<sup>3</sup>/dia a menos do que da África do Sul. Porém, a população da ZBI é de 150.902 habitantes e um número de ligações de 17.107, com um volume disponibilizado de 31.364 m<sup>3</sup>/dia. Volume calculado é de 208 L/hab/dia.

No estudo de caso de GERALDES (2006) na área VPR Leonidio Alegretti, situado na zona alta de abastecimento de Itaquera, com 2.264 ligações, o custo total das ações de pesquisa e intervenção foi de R\$ 8.469,97/mês, gerando uma economia de R\$ 4.490,00/mês, com taxa de retorno do investimento de 1,88 meses. Ou seja, 53% de economia em relação ao total investido.

O gasto para intervenção apresentado pelo ECONOLEAK para a ZBI é da ordem de R\$ 438.577,74/ano, com uma economia de perdas de água de 1.179.871 m<sup>3</sup>/ano. Ou seja, R\$ 98.323/mês e uma economia anual de R\$ 1.727.407,05, ou seja, R\$ 143.950,59/mês, com taxa interna de retorno de 0,25 meses. Ou seja, 394% de economia em relação ao total de investimento.

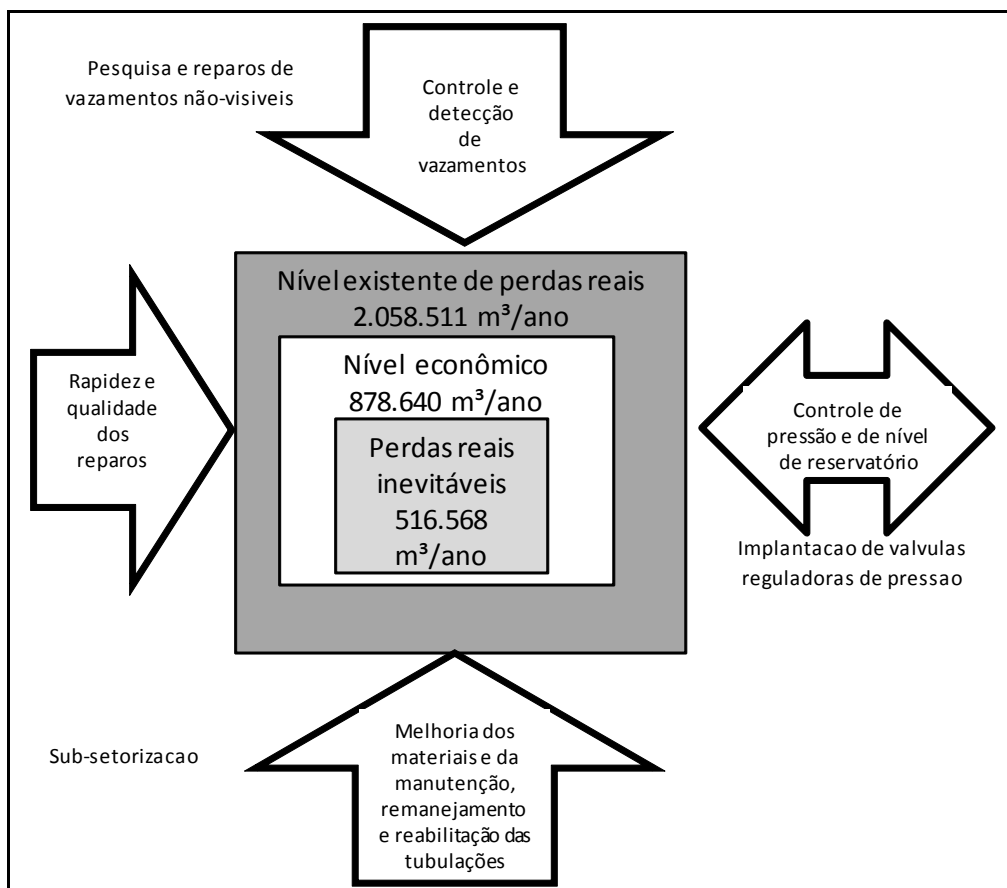
Quanto mais investimento é realizado para se economizar em perdas de água em um sistema de abastecimento, maior é o custo marginal de controle, ou seja, inversamente proporcional. A diferença % de economia em relação ao total de investimento da SABESP e da ZBI pode ser explicada pelas condições de cada sistema Sendo que na SABESP era de 32,2% no período de estudo.

O volume de água faturado da ZBI é de 590.233 m<sup>3</sup>/ano e as perdas possíveis de serem economizadas é de 1.179.871 m<sup>3</sup>/ano, ou seja 1,99 vezes o total de consumo. Então as perdas evitaria o consumo de aproximadamente 2 meses da ZBI.

Na Figura 21 ao analisar o comportamento do NEV, percebe-se que o tempo para intervenção no sistema é menor quanto pior foram as condições de abundância de água e consequentemente o custo desta água. Para a ZBI o período de intervenção recomendado foi uma intervenção a cada 6 meses, igualando-se então a faixa de enquadramento do ILI, pelo Banco Mundial.

Como se pode perceber na Figura 20, o NEVS – Nível Econômico de Vazamento Sustentável aumenta o custo das perdas e consequentemente, diminui o NEV. Ou seja, através da valoração das externalidades ambientais, aumentam-se os custos das perdas de água e consequentemente o benefício de se investir em perdas se torna mais urgente.

Na Figura 44 pode ser observado melhor os resultados alcançados através da aplicação do ECONOLEAK na ZBI da CASAL, juntamente com as ações de controle de perdas reais do convenio entre CASAL e SABESP.



**Figura 44** – Esquema do nível econômico de vazamento e do nível base de perdas reais, com as ações de controle de perdas reais em 2010 da parceria CASAL/SABESP.

## 8. CONCLUSOES

Os resultados obtidos com esse trabalho permitiram concluir que:

- No âmbito do Convenio entre a CASAL e a SABESP por meio do contrato 37.614/09, destaca-se a compatibilização dos setores comerciais com os setores operacionais nas áreas do de atuação do Convenio, que iniciou com o Benedito Bentes 1 e 2, seguida pela área da ZBI, possibilitou a criação de 13 Distritos de Medição e Controle (DMC's) no Benedito Bentes e 15 DMCs na ZBI. A criação dessas 28 DMC's está propiciando o controle efetivo das perdas em 50% do total de ligações ativas de Maceió.
- Em relação às perdas físicas, foram feitas implantações de válvulas reguladoras de pressão, sub-setorização, assim como também pesquisa e reparos de vazamentos não-visíveis, cujos resultados foram a significativa melhora na distribuição de água do Benedito Bentes e maior oferta de água para a ZBI sem o aumento da produção de água tratada, mostrando que ações integradas potencializam os ganhos, com conseqüente aumento na eficiência dos recursos aplicados.
- Na análise do diagnóstico da ZBI levou a ENOPS concluir que o sistema de abastecimento de água da ZBI apresenta um considerável índice de perdas, que através de ações de combate às perdas de água poderão otimizar o abastecimento revertendo as mesmas em volume faturado. As medidas de controle de perdas propostas foram a implantação de válvulas reguladoras de pressão, setorização e pesquisa e reparo de vazamentos não visíveis.
- As perdas reais visíveis da ZBI foram calculadas separadamente por local de ocorrência apresentaram o seguinte resultado: adutora (0,25%), rede (32,5%), ramais (38,06%) e cavaletes (29,64%). Percebe-se um total de 67,7% de perdas nos ramais e cavaletes.
- Sendo as perdas visíveis (110.801 m<sup>3</sup>/mês), as não-visíveis (55.400 m<sup>3</sup>/mês) e as inerentes (5.269 m<sup>3</sup>/mês) totalizando 171.471 m<sup>3</sup>/mês. Isto representa 65% de perdas visíveis e 3% de perdas inerentes em relação ao total de perdas, sendo as não-visíveis 50% das visíveis.
- Com relação às perdas reais, a ZBI apresenta um índice de perdas na distribuição de 46,8 %, abaixo do índice de Maceió (67,7), e de do Rio de Janeiro (56,8%) e Recife (64,3%). O índice de perdas por ligação da ZBI (685,9 L/lig.dia) também é inferior que o de Maceió como um todo (1.059 L/lig.dia).
- Na ZBI através do ECONOLEAK, verifica-se a possibilidade de uma economia de 57% das perdas de vazamento ou 22% das perdas totais no sistema. Isto significa uma redução do índice total de perdas do sistema R1 para 16%, de um total de 38%.

- 
- Para a ZBI o ILI calculado foi de 2,10, ou seja, na condição de recursos limitados e restrições para serem explorados. Segundo a faixa da AWWA, para operar o sistema com um nível de vazamentos encontrado, seria necessária a expansão da infra-estrutura e/ou busca de novos mananciais.
  - O NEV encontrado foi de 141 L/lig.dia, comparado ao limite de perdas reais ideias sugerido pelo Banco Mundial para países em desenvolvimento (menos que 100 L/lig.dia), a uma pressão de 20 mca, a diferença ainda é de 41 L/lig.dia a mais. Dado o valor do ILI encontrado de 2,10.
  - O gasto para intervenção apresentado pelo ECONOLEAK para a ZBI é da ordem de R\$ 438.577,74/ano, com uma economia de perdas de água de 1.179.871 m<sup>3</sup>/ano. Ou seja, R\$ 98.323/mês e uma economia anual de R\$ 1.727.407,05, ou seja, R\$ 143.950,59/mês, com taxa interna de retorno de 0,25 meses. Ou seja, 394% de economia em relação ao total de investimento.
  - O volume de água faturado da ZBI é de 590.233 m<sup>3</sup>/ano e as perdas possíveis de serem economizadas é de 1.179.871 m<sup>3</sup>/ano, ou seja 1,99 vezes o total de consumo. Então as perdas evitaria o consumo de aproximadamente 2 meses da ZBI.
  - Com o nível econômico de perdas de água, poder-se-ia estimar com mais precisão, mesmo que ainda remota, conforme resultado de aplicação na CASAL, um orçamento para decisão brasileira de investimento em perdas. Ficando ai a sugestão para o Ministério das Cidades, a inclusão deste índice no SNIS.
  - Torna-se visível a viabilidade de se integrar duas ciências, engenharia e economia, para buscar um benefício maior do ponto de vista econômico e ambiental, mesmo não calculando o custo das externalidades ambientais das perdas, a economia de água certamente contribui para um desenvolvimento sustentável.

## 9. RECOMENDAÇÕES

Visando dar continuidade a pesquisa, recomenda-se:

- Refazer o cálculo do NEV através de novos dados de entrada a cada ano;
- Validar os dados de entrada estimados (inclusive dos custos envolvidos), dos cálculos e dos pesos de coeficientes como o N1 valor e o FCI através do método de vazão mínima noturna e metodologias disponíveis na literatura para cálculo do vazamento e frequência de vazamentos, como as metodologias aplicadas na Inglaterra, entre elas, o FAVAD e de experiências brasileiras como a SABESP (com a aplicação do EPANET);
- Fazer aplicação dos softwares de Water Balance (Balanço de Água) e do FastCalc (IWA) disponibilizados no site do PMSS (versão em português) para contribuição aos dados de entrada do ECONOLEAK;
- Estender a aplicação do ECONOLEAK a toda cidade de Maceió e para outras zonas de abastecimento de água de Maceió;
- Inserir o valor da cobrança pelo uso da água e considerações sobre institucionalização, outorga, e métodos de valoração dos recursos hídricos.
- Fazer a valoração das externalidades encontradas na gestão de vazamento junto a parceria SABESP e CASAL no controle ativo de vazamento através metodologia da Inglaterra;
- Fazer o cálculo do NEP, incluindo perdas aparentes, através de metodologia disponível;
- Fazer o cálculo do NEV através de outros programas e métodos disponíveis a nível mundial, e comparar aos resultados do ECONOLEAK;
- Desenvolver um software adaptado ao EPANET e as metodologias ECONOLEAK, BABE e FAVAD.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, P., RODRIGUES, W. ALMEIDA, A., BARBOSA, G. F., PELUZIO, J. M. 2009. Análise Custo Benefício Ambiental da Produção de Soja em Áreas de Expansão Recente nos Cerrados Brasileiros: O Caso de Pedro Afonso – TO. Universidade Federal de Tocantins, Palmas. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009.

ALEGRE, H., COELHO, S. T., ALMEIDA, M.C.A., VIEIRA, P. 2005. Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Série GUIAS TÉCNICOS. Colaborações: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR). Instituto da Água (INAG). Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Entidades gestoras: a experiência portuguesa neste domínio é ilustrada com o contributo das seguintes entidades: Águas de Cascais, S.A., Águas de Gaia, E.M., Delegação de Mafra da Compagnie Générale des Eaux, EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A, Indaqua Santo Tirso – Gestão de Águas de Santo Tirso, S.A. e SMAS de Oeiras e Amadora. Edição: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Instituto da Água, laboratório Nacional de Engenharia Civil. Data: 30 de Julho de 2005. ISBN.

ALVIM, P. R. A. GONCALVES, E. 2005. Guia Prático para Pesquisa e Combate a Vazamentos não Visíveis. Revisão Técnica Airton Sampaio Gomes. Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS. Unidade de Gerenciamento do Programa – UGP.

ARIKAWA, K. C. O. 2005. Perdas Reais em Sistemas de Distribuição de Água – Proposta de Metodologia para Avaliação de Perdas Reais e Definição das Ações de Controle. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Orientador: Prof. Dr. Milton Tomoyuki Tsutiya. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. (Hidráulica e Saneamento). 2005. 200 p. Dissertação (Mestrado). São Paulo/SP. Outubro.

AWWA (2003). Relatório “*Applying Worldwide BMPs in Water Loss Control*” – Journal AWWA: Agosto 2003 - AWWA Water Loss Control Committee.

BIBLIA ON LINE 2010. Provérbios 25:26. Disponível em <<http://www.bibliaonline.com.br/acf/pv/25>> Acessado em 2010.

---

BORGES, V. T. e ALMEIDA, F. G. 2006. Revista geo-paisagem (on line). Ano 5, nº 9, 2006. Janeiro/Junho de 2006. ISSN Nº 1677-650 X. Revista indexada pelo Latindex , Dursi e Capes. Disponível em <<http://www.feth.ggf.br/M%C3%A9todos.htm>>. Acessado em 2011.

BRASIL.2007. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de orientação para cadastramento das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2007. 40 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/manual\\_orientacao.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/manual_orientacao.pdf)>. Acessado em 2010.

CASAL. 2007. Governo do Estado de Alagoas. Relatório Ambiental Simplificado. RAS. Implantação dos Anéis de Distribuição de Água para os Bairros de Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca. Set/2007.

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas. 2009.

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas. 2010. Contrato número 37.614/09 – contrato de Prestação de Serviços de Engenharia para Otimização do sistema de Distribuição de Água da Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL, com Enfoque em Redução de Perdas Físicas no Município de Maceió. Relatório de Diagnostico Operacional do Setor de Abastecimento R – 1. CASAL. SABESP. ENOPS. Revisão numero 1. Marco/2010. Medição numero 02.

CARVALHO. F. S. 2008, PEPLAU, G. R., CARVALHO, G. S., PEDROSA, V. A. Estudos Sobre Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Cidade de Maceió. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

COSTA, S. S., BRAGA, S., MENDES, L. E., RIBEIRO, C. R. 2009. Metodologia para a Implantação de Áreas Piloto de Controle e Combate às Perdas de Água no Município de Guarulhos-SP. Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos – SAAE.

Decreto n.º 12.342, de 27 de setembro de 1978. Disponível em <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=10400>>. Acessado em 2010.

DTA-A2. 2004. Diagrama típico de um sistema de abastecimento d'água.



---

DTA A2. 2003. Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água. Versão Preliminar para Discussão.

ECONOLEAK. “*Economic Model for Leakage Management for Water Suppliers in South Africa. 2010.*” *User Guide. developed through. South African Water Research Commission.* By Mckenzie and Allan Lambert.

EDITORA POSITIVO. 2009. Dicionário Eletrônico Aurélio. Autor: Aurélio Buarque de Holanda Ferreira. 4 edição revista e atualizada. Disponível em <<http://www.aureliopositivo.com.br/aurelio/index.asp>>. Acessado em 2010.

FOLLAND, S. GOODMAN, A. C., STANO, M. A Economia da saúde. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GERALDES, A.J.G. 2006. Programa de Combate as Perdas no Sistema de Distribuição de Água. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia civil da Universidade Anhemi Morumbi. Orientador Prof. Dr. Engenheiro Antônio Eduardo Giansante. São Paulo. 2006.

GIROL, G. V. 2008. Análise de Perdas Reais em um Setor do Sistema de Abastecimento de Água no Município de Capinzal – SC. Universidade Federal de Santa Catarina Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis – SC. Dezembro de 2008.

GOMES, D. P. 2006. O Planejamento no Combate às Perdas do Sistema Distribuidor de Água. Universidade Anhemi Morumbi. São Paulo. Orientador Prof. Dr. José Rodolfo Scarati Martins.

GUMIER, C. C. 2005. Aplicação de modelo matemático de simulação otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento / Carlos César Gumier --Campinas, SP: [s.n.], 2005. Orientador: Edevar Luvizotto Junior. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

IORIS, A.A. R. 2006. Água, Exclusão, Mercado e Cobrança: Um Debate Necessário. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste.

IBGE, 2009. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=270430>>. Acessado em 2010.

---

LAMBERT, A. 2007. Intervenção Econômica e Nível Econômico de Vazamentos (NEV). Conceito e Metodologia. Seminário Internacional em Eficiência em operação de Sistemas de distribuição. SABESP. MLI/Controladoria. Alexandre Flor Mesquita. Paulo Sérgio Castelli.

LANNA, A.E.L.. 1995. Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA. (Coleção Meio Ambiente).

Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acessado em 2010.

Leiº 9.433/97. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm>>. Acessado em 2010.

MARQUES & SOUSA. 2008. Hidráulica Urbana. Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais. José Alfeu Sá Marques, Joaquim José de Oliveira Sousa. Editora Imprensa da Univ. de Coimbra. Setembro de 2008.

MCIDADES.SNSA. 2010. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Brasília/DF 2008.

Ministério do Meio Ambiente. 2008. Relatório do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

MIRANDA, E. C. 2002. Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade. Dissertação. Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Publicação: PTARH.DM – 57/2002. Brasília/DF Agosto de 2002.

MOTTA, R. G. Importância da Setorização Adequada para Combate às Perdas Reais de Água de Abastecimento Público. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica E Sanitária. São Paulo. 2010.

NAZARÉ, A. V. B., 2006. Análise da Eficiência dos Indicadores Utilizados pela CASAL para Avaliação dos Sistemas de Abastecimento d'água. Monografia. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Federal de Santa Catarina / Universidade Federal de Alagoas. Florianópolis, Santa Catarina. 2006.

---

ORTIZ, 2003. In: MAY, P. H., LUSTOSA, M. C., VINHA, V. ((org)). 2003. Economia do meio ambiente: teoria e Prática. Rio de Janeiro: Elsevier.

PEDROSA, V. A. 2001. Tarifas nas Empresas de Saneamento. Programa de Pos-Graduacao em Engenharia de REcursos Hidricos e Saneamento ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, setembro de 2001.

PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L. 2002. Microeconomia, quinta edição. Tradução e revisão técnica: Prof. Eleutério Prado. São Paulo: Prentice Hall.

PNUD – ONU. 2006. Relatório do Desenvolvimento Humano. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento -PNUD.

Relatório “*Applying Worldwide BMPs in Water Loss Control*” – Journal AWWA: Agosto de 2003 - AWWA Water Loss Control Committee.

SABESP. 2009. Diretoria de Sistemas Regionais – DSR. Unidade de Negocio Pardo e Grande - RG

SABESP. 2006. Programa de Redução de Perdas na Região Metropolitana de São Paulo. Paulo Massato Yoshimoto. Dezembro de 2006.

SANESUL, 2009. Disponível em < <http://www.sanesul.ms.gov.br/default.aspx?tabid=200>>. Acessado em Dezembro de 2009.

Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)> Acessado em 2010.

SNIS. Sistema Nacional de Informações do Saneamento, 2008. Governo Federal. Secretaria. Especial de Desenvolvimento Urbano. Brasília.

SNIS. Sistema Nacional de Informações do Saneamento, 2009. Governo Federal. Secretaria. Especial de Desenvolvimento Urbano. Brasília. Versão Preliminar.

TARDELLI FILHO, J. 2010. SABESP. Categoria de Performance Técnica do Banco Mundial. Arquivo Pessoal. 2010.

---

TARDELLI FILHO, J. 2004. Controle e Redução de Perdas. In: TISUTYA, M.T. Abastecimento de água- 1ª edição – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

TRATABRASIL, Saneamento é saúde. 2010. Disponível em <[http://www.tratabrasil.org.br/novo\\_site/?id=302](http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/?id=302)> Acessado em 2010.

TRIPARTITE GROUP, 2002. "*Best Practice Principles in the Economic Level of Leakage Calculation*". March 2002.

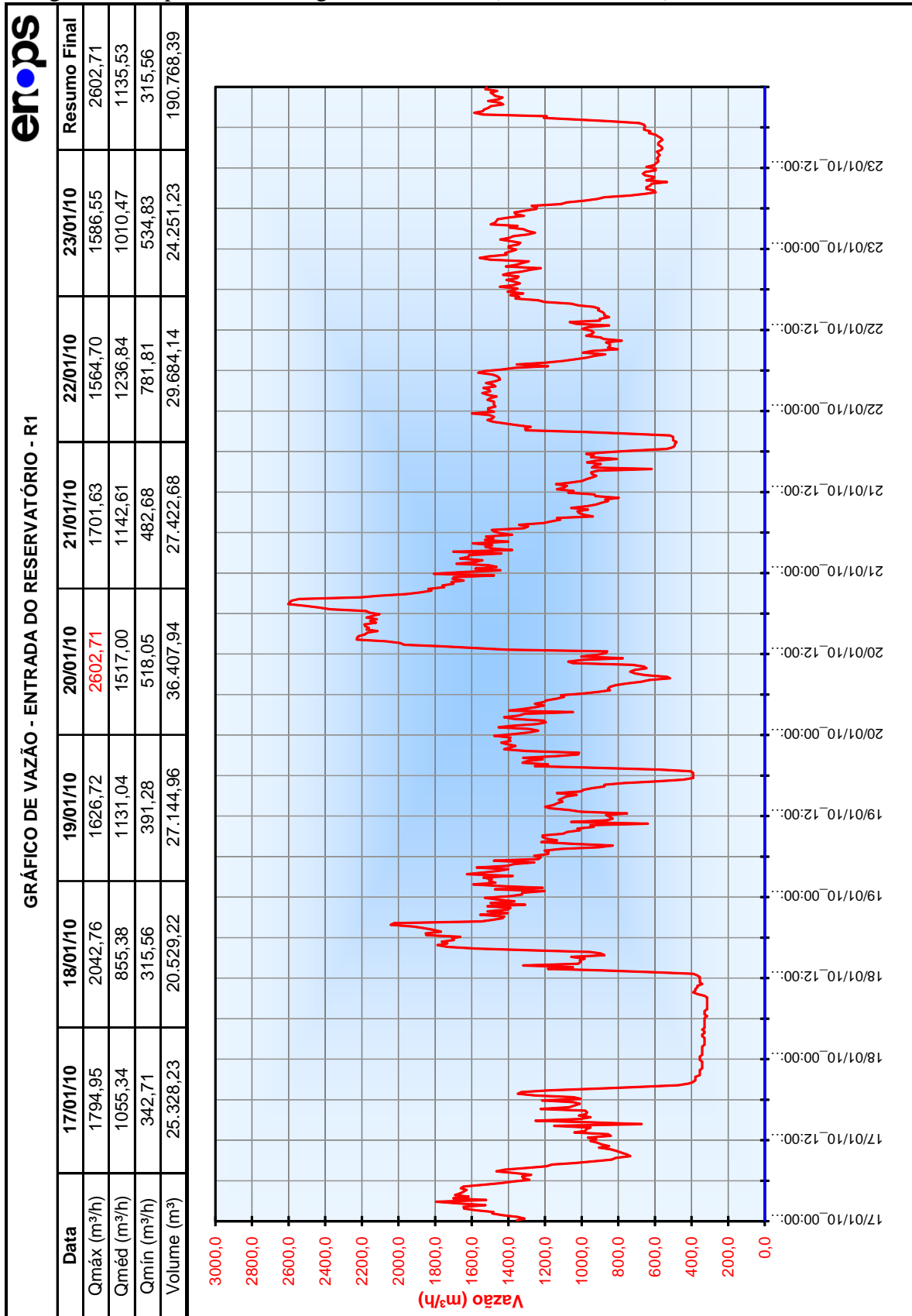
TROW, S. 2009. Alternative Approaches to Setting Leakage Targets. "*Leakage Consultant and Director of CaL Solutions (Billingham) Ltd (UK)*".

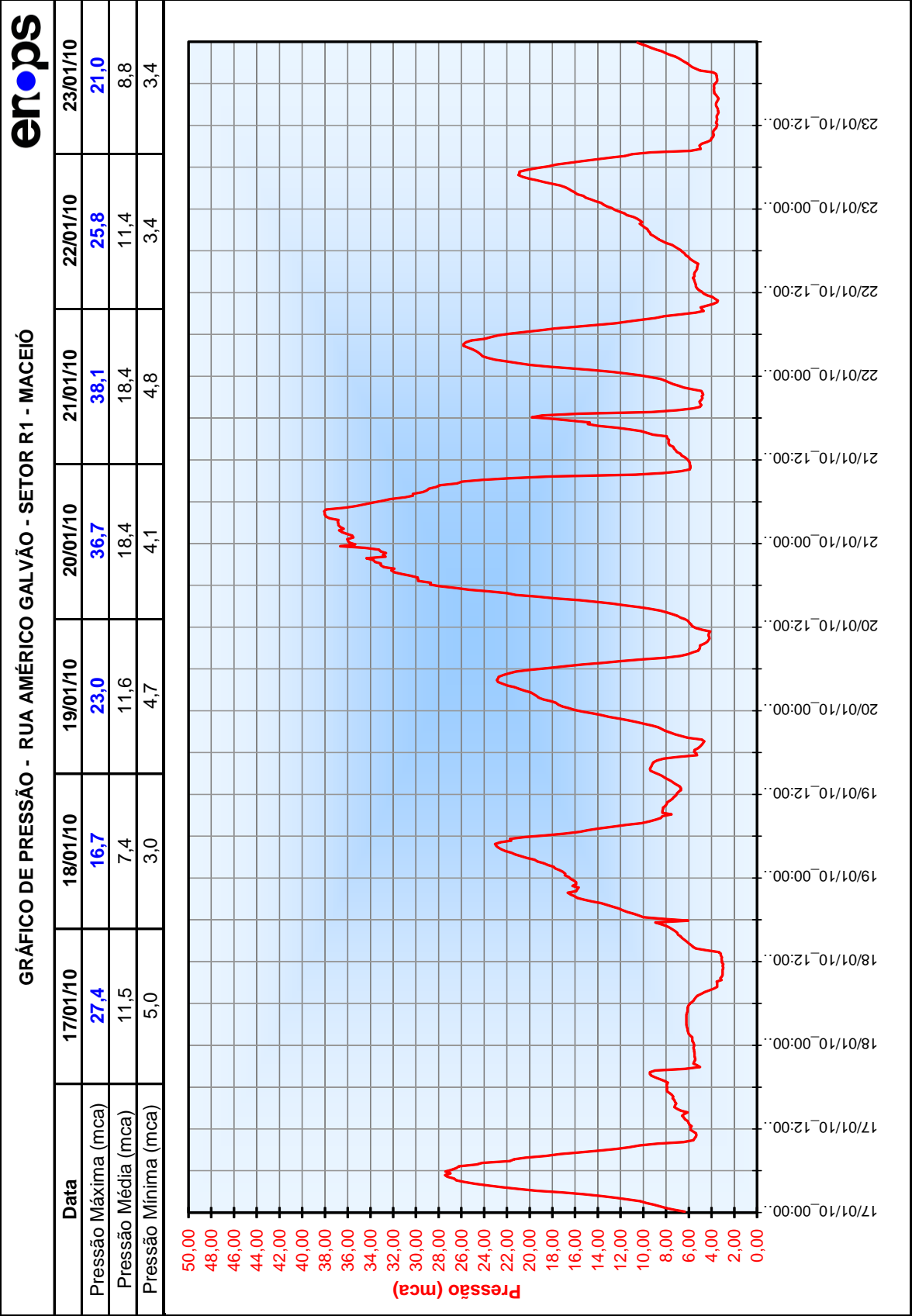
UFRJ. 2010. Departamento de Saneamento POLI. Controle e Redução de Perdas. Aula 10. Ernani. Disponível em <[http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/Ernani/Aulas/10-Control\\_e\\_reducao\\_de\\_perdas.pdf](http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/Ernani/Aulas/10-Control_e_reducao_de_perdas.pdf)>. Acessado em 2010.

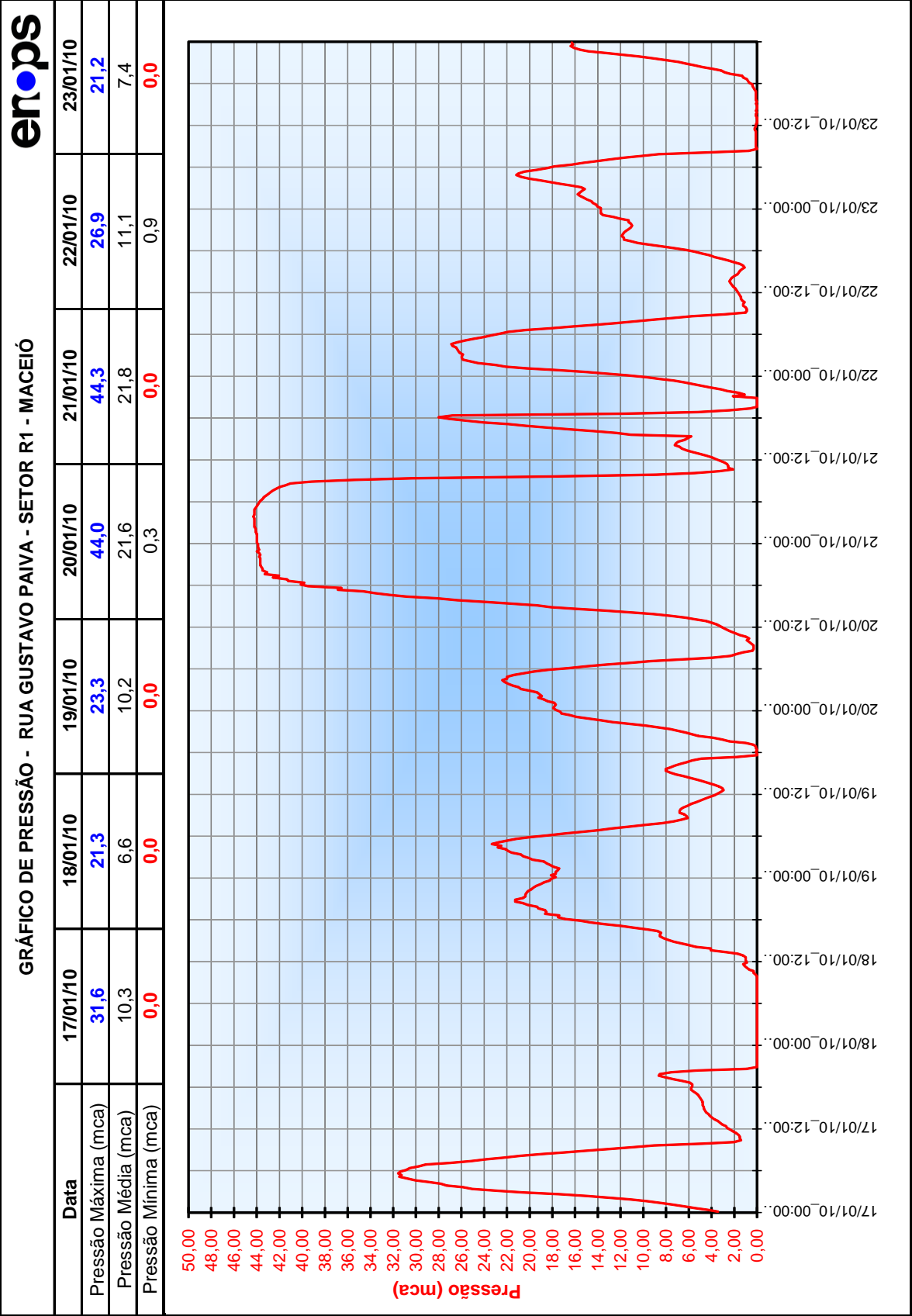
WERDINE, D. 2002. Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento. Dissertação Submetida ao Programa de Pós-Graduação Engenharia da Energia como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia da Energia. Orientador: Prof. Augusto Nelson N C. Viana, D.Sc. Co-orientador: Roberto Akira Yamachita, M.Sc. Ministério da Educação . Universidade Federal de Itajuba. Criada pela Lei no 10.435, de 24 de Abril de 2002 Pró-Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação Engenharia da Energia. Itajubá, Dezembro de 2002. Disponível em <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0031253.pdf>>. Acessado em 2010.

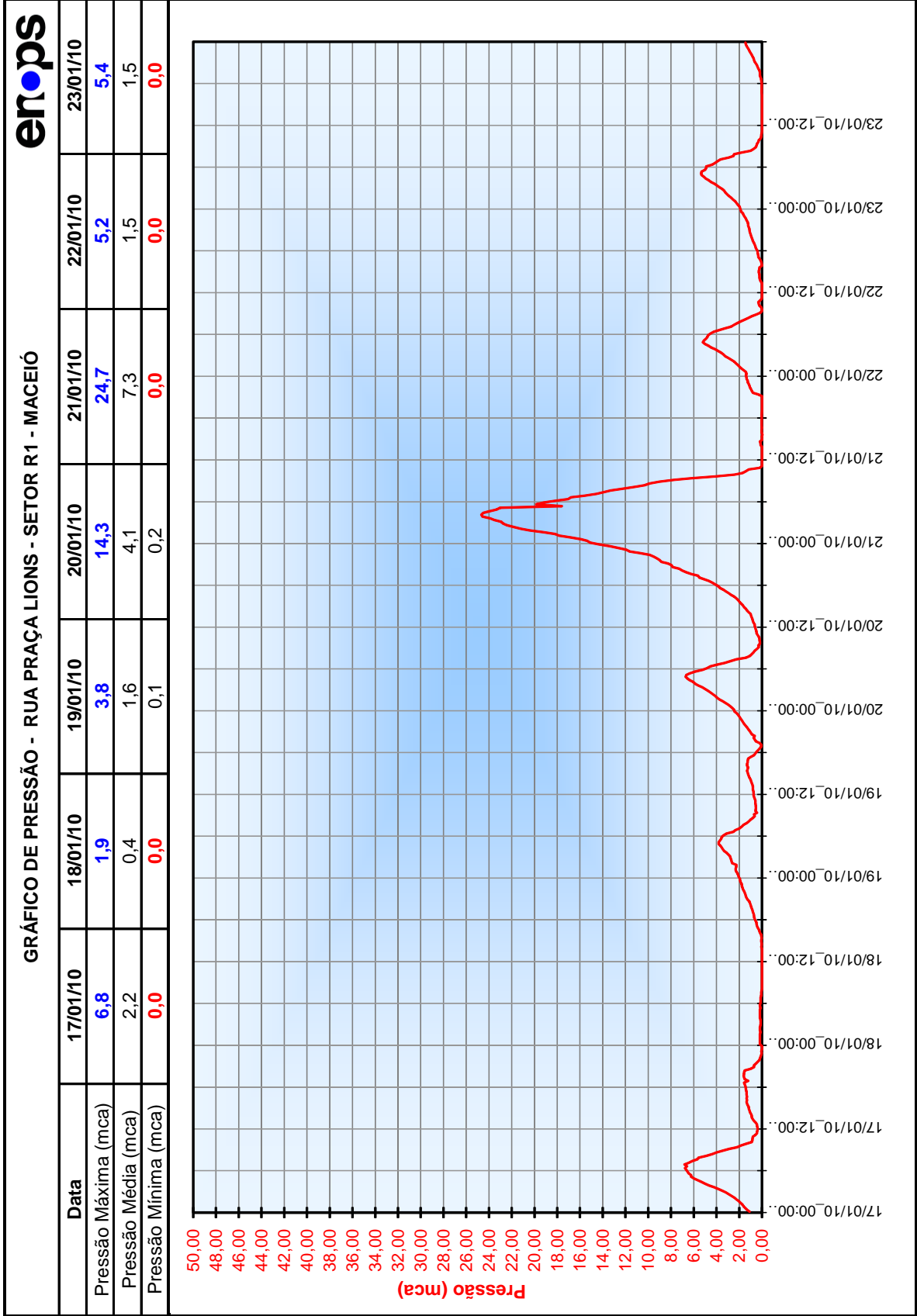
ANEXOS

A seguir serão apresentados os gráficos do Setor (Gráficos 01 a 08). Fonte ENOPS.

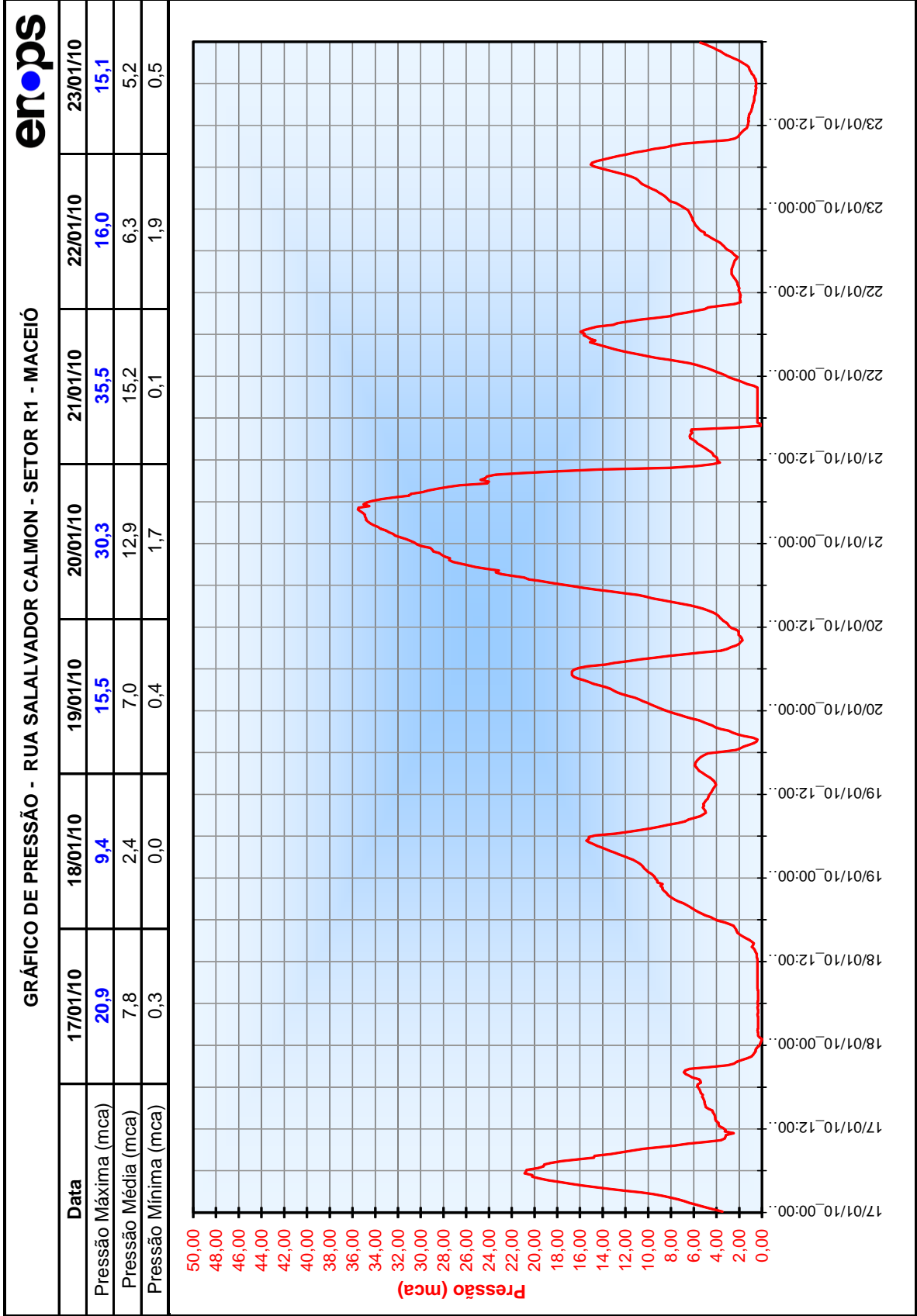


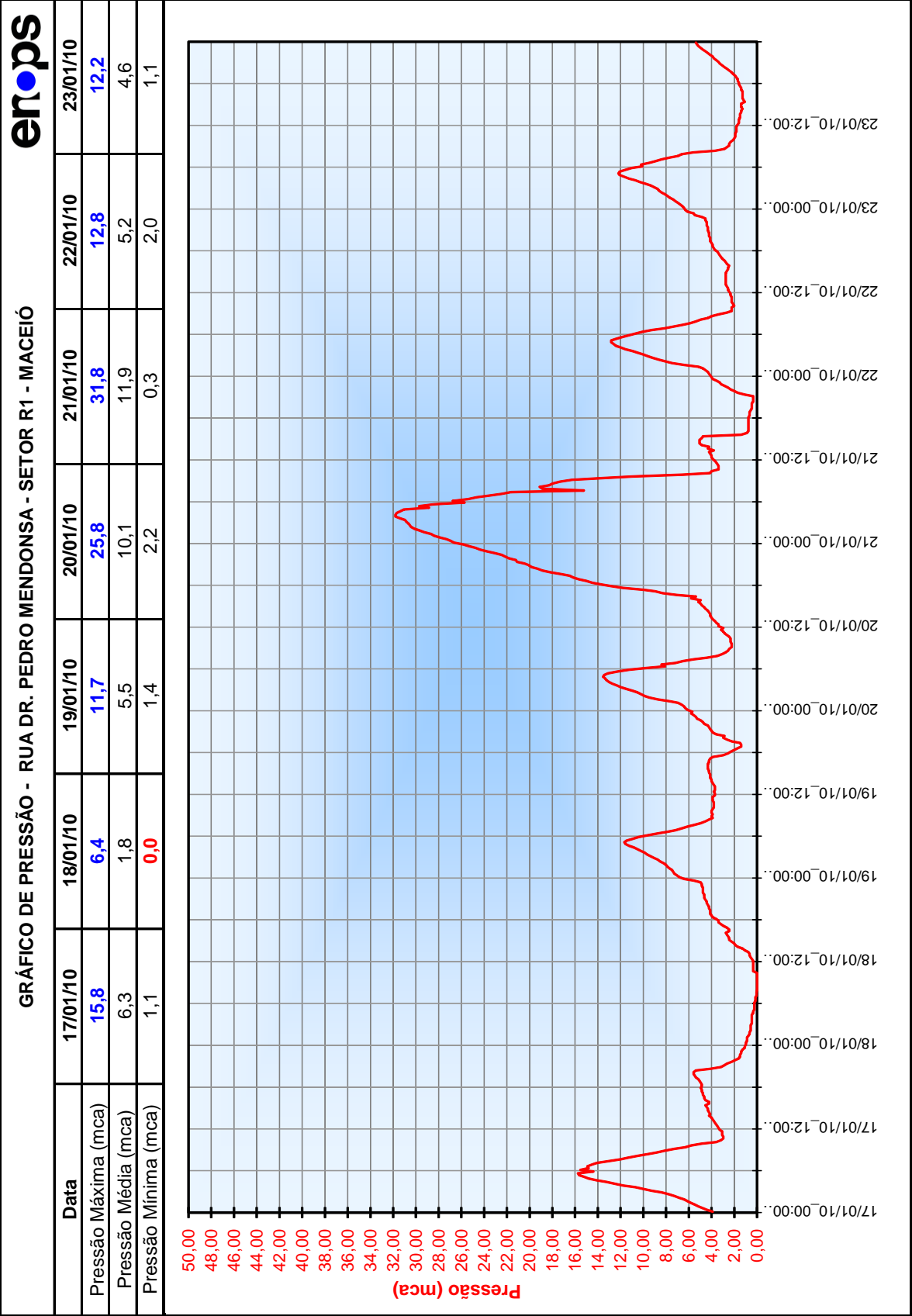


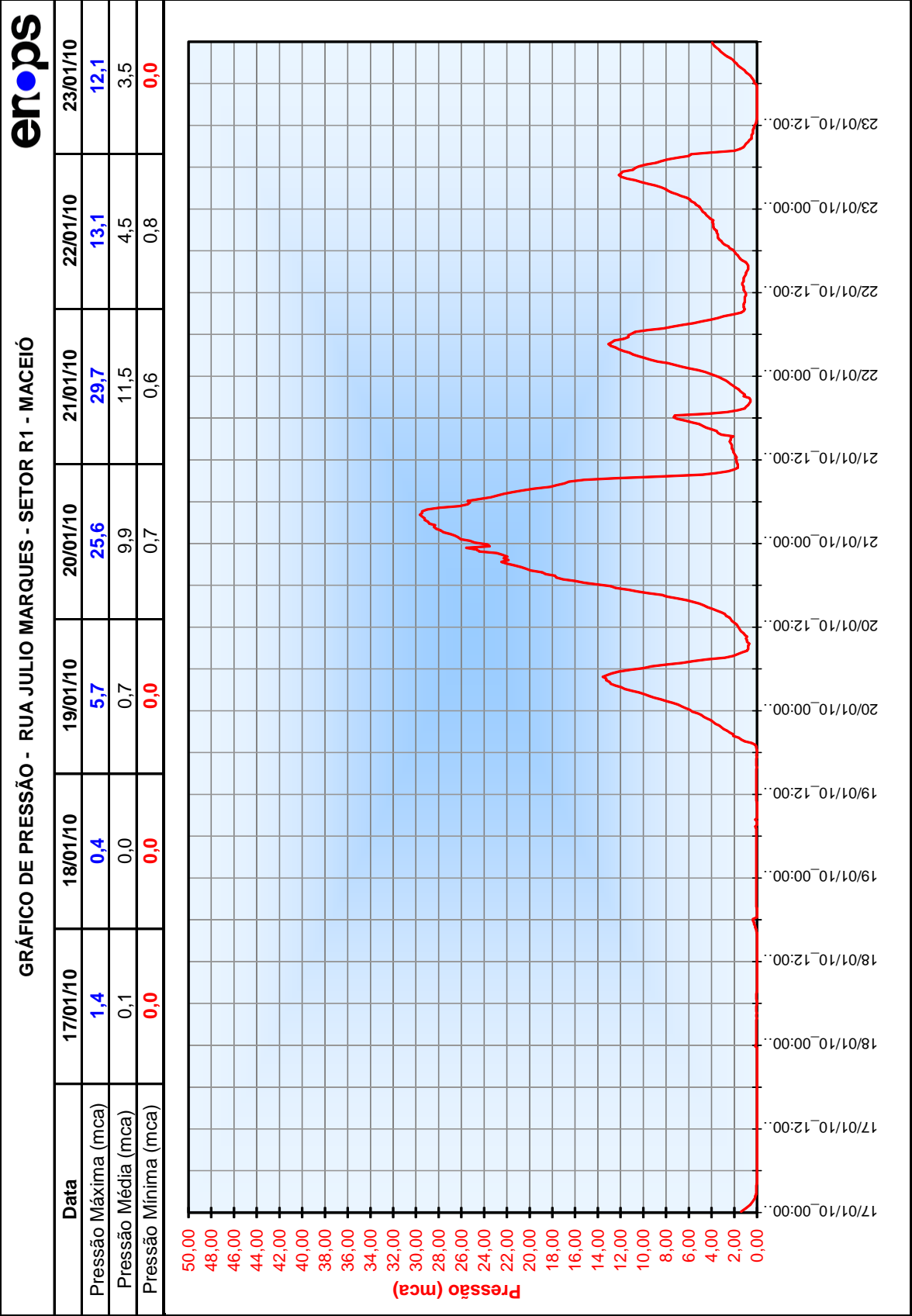












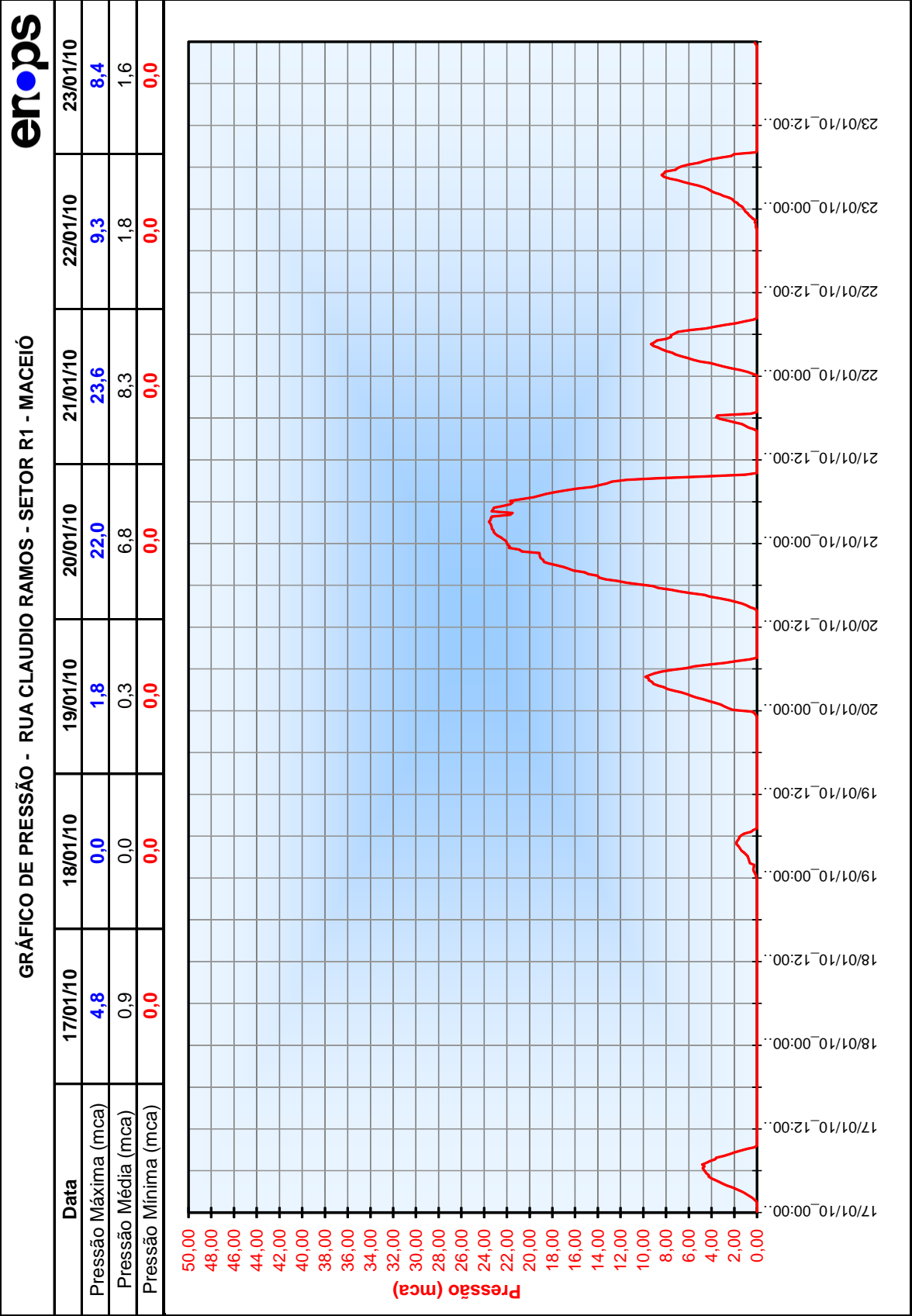



Figura 1: Custo de reparo e pesquisa ENOPS.

 Contrato N°: 37614/09 PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA PARA OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS - CASAL		
N° do Item	Especificação	Preço Unit.
04010000	MANUTENÇÃO DE LIGAÇÃO DOMICILIAR	
04010100	EXECUÇÃO DE REPARO DE RAMAL DE ÁGUA (COM MATERIAL)	
04010101	REPARO DE RAMAL DE ÁGUA EM PEAD ATÉ 32MM - QUALQUER PROF. S/REPOSIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO	R\$ 127,90
04010200	EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO	
04010201	LRP - PASSEIO CIMENTADO - REPARO DE RAMAL DE ÁGUA	R\$ 60,29
04010202	LRP - PASSEIO ESPECIAL - REPARO DE RAMAL DE ÁGUA	R\$ 94,00
04010203	LRP - LEITO - REPARO DE RAMAL DE ÁGUA (C)	R\$ 93,40
04010204	LRP - LEITO - REPARO DE RAMAL DE ÁGUA (B)	R\$ 117,29
04010205	LRP - LEITO - REPARO DE RAMAL DE ÁGUA (A)	R\$ 172,16
04010300	EXECUÇÃO DE SERVIÇOS GERAIS EM CAVALETE (COM MATERIAL)	
04010301	REPARO DE VAZAMENTO NO CAVALETE DOMICIALR PVC/FERRO GALVANIZADO	R\$ 39,93
		<b>TOTAL DO GRUPO</b>
04020000	MANUTENÇÃO EM REDES DE ÁGUA	
04020100	EXECUÇÃO DE REPARO DE REDES (COM MATERIAL)	
04020101	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM PVC DN 50 A 100 MM S/REPOSIÇÃO DO PAV	R\$ 212,07
04020102	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM FF DN 50 A 150 MM S/REPOSIÇÃO DO PAV	R\$ 640,78
04020103	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM FF DN 200 MM S/REPOSIÇÃO DO PAV	R\$ 1.149,07
04020104	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM FF DN 250 MM S/REPOSIÇÃO DO PAV	R\$ 1.415,41
04020105	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM FF DN 300MM S/REPOSIÇÃO DO PAV	R\$ 1.751,32
04020106	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM FF DN 350MM S/REPOSIÇÃO DO PAV	R\$ 2.256,79
04020107	REPARO DE REDE DE ÁGUA EM FF DN 400MM S/REPOSIÇÃO DO PAVIM	R\$ 2.749,56
04020200	TROCA DE GAXETA DE VÁLVULAS - COM REPOSIÇÃO DO PAVIMENTO	
04020201	TROCA DE GAXETADE VÁLVULAS - C/REPOSIÇÃO DO PAVIM.	R\$ 168,44
04020300	TROCA DE GAXETA DE VÁLVULAS - SEM REPOSIÇÃO DO PAVIMENTO	
04020301	TROCA DE GAXETADE VÁLVULAS - S/REPOSIÇÃO DO PAVIM.	R\$ 108,74
04020400	EXECUÇÃO DE LEVANT. E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO PADRÃO PARA REPAROS DE REDES	
04020401	LRP - PASSEIO CIMENTADO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 50 A 100MM	R\$ 124,06
04020402	LRP - PASSEIO CIMENTADO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 150 A 250MM	R\$ 159,77
04020403	LRP - PASSEIO CIMENTADO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 300 A 400MM	R\$ 626,11
04020404	LRP - PASSEIO ESPECIAL - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 50 A 100MM	R\$ 177,98
04020405	LRP - PASSEIO ESPECIAL - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 150 A 250MM	R\$ 231,34
04020406	LRP - PASSEIO ESPECIAL - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 300 A 400MM	R\$ 850,80
04020407	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 50 A 100MM (C)	R\$ 136,40
04020408	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 50 A 100MM (B)	R\$ 166,54
04020409	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 50 A 100MM (A)	R\$ 225,82
04020410	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 150 A 250MM (C)	R\$ 174,03
04020411	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 150 A 250MM (B)	R\$ 209,34
04020412	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 150 A 250MM (A)	R\$ 298,30
04020413	LRP - LEITO - REPARO DE REDE DE ÁGUA/TROCA DE VÁLVULA - DN 300 A 400MM (B)	R\$ 656,37