

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA – INDICADORES DE PERDAS  
E METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DE CONFIABILIDADE**

**ERNANI CIRÍACO DE MIRANDA**

**ORIENTADOR: PROF. SÉRGIO KOIDE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E  
RECURSOS HÍDRICOS**

**PUBLICAÇÃO: PTARH.DM - 57/2002**

**BRASÍLIA / DF  
AGOSTO DE 2002**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA – INDICADORES DE PERDAS  
E METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DE CONFIABILIDADE**

**ERNANI CIRÍACO DE MIRANDA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU  
MESTRE.**

**APROVADO POR:**

---

**SÉRGIO KOIDE, PhD (ENC-UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**RICARDO SILVEIRA BERNARDES, PhD (ENC-UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**RICARDO TOLEDO SILVA, Doutor (FAU-USP)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA / DF, 27 DE AGOSTO DE 2002**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MIRANDA, ERNANI CIRÍACO DE

Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade. [Distrito Federal]. 2002.

xv, 200p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2002).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. Abastecimento de água     | 2. Perdas de água        |
| 3. Avaliação de perdas       | 4. Indicadores de perdas |
| 5. Análise de confiabilidade | 6. Erros dos dados       |
| I. ENC/FT/UnB                | II. Título (Série)       |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Miranda, E. C. (2002). **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade**. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM - 57/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ernani Ciríaco de Miranda

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade.

GRAU: Mestre em Ciências

ANO: 2002

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Ernani Ciríaco de Miranda

SQS 415, Bloco S, Apto. 102, Asa Sul

CEP: 70.298-190 – Brasília/DF – Brasil

*À memória de meu pai e  
à minha Mãe Maria, pela força e incentivo de toda uma vida.*

*À minha esposa Telyzinha.  
Por nosso amor.*

*À nossa filha Maria Elisa.  
Pelo brilho que trouxe a nossas vidas.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Sérgio Koide, pela orientação, análise cuidadosa e valorosa contribuição técnica.

Aos Professores Cristina Brandão, Marco Antônio Almeida, Nabil Eid, Néstor Campana, Oscar Cordeiro Netto e Ricardo Bernardes, pelos conhecimentos transmitidos no curso.

Aos colegas do mestrado pelo convívio e troca de experiências.

Ao Rodolfo Garcia de Aragão, ao Dioremides Ajala Cristaldo, ao Acylino José dos Santos Neto e Elton Gonçalves, à Lina Cabral Adani e equipe, ao Cláudio Franco Fontes e Ângelo Marcos Santos de Lucena, pelo empenho e inestimável colaboração de todos no fornecimento dos dados dos sistemas pesquisados na dissertação.

Ao Maurício, pela amizade de longa data e pelo empenho no fornecimento dos dados de um dos sistemas pesquisados na dissertação.

Ao Jorge Gomez Sanchez, do IPT, pela colaboração e contribuições no delicado tema da exatidão e erros dos dados.

À Dilma Seli Pena Pereira e Luiz Antônio de Andrade Baltar pelo apoio e incentivo quando da carta de recomendação para minha admissão no mestrado.

Ao Marcio Tagliari, pela compreensão na minha liberação para cursar os créditos e pela amizade construída nos anos de convívio no PMSS.

Aos amigos do PMSS, pela tranquilidade do ótimo convívio no trabalho e pelas manifestações de apoio.

À Rosilene, que por muitas vezes e com muito carinho cuidou da Maria Elisa.

Ao Silvano, pela força de nossa amizade e por nossos momentos de lutas e vitórias.

Aos meus irmãos e irmãs Edna, Edson, Elza, Eliane, Elton e Elenice, seus esposos e esposas, filhos e filhas, pela trajetória de lutas e conquistas de nossa família. Com vocês compartilho este trabalho.

## RESUMO

A dissertação visa apresentar uma proposta de padronização de indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água, bem como uma metodologia de análise da confiabilidade dos dados que os compõem. Como fundamentação para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se de estudos e documentos técnicos sobre o tema, bem como de uma pesquisa de dados junto a sete sistemas de abastecimento de água no país.

A revisão bibliográfica mostra uma grande quantidade de indicadores existentes e a falta de uma linguagem uniforme para os termos, definições e fórmulas de cálculo, já de amplo conhecimento do setor saneamento. O trabalho pesquisou diversos estudos nacionais e internacionais, tendo realizado uma criteriosa análise dos indicadores propostos, que resultou em uma avaliação de 59 versões de indicadores, os quais utilizam 109 versões de dados na sua construção.

A análise comparada dos indicadores e os testes de cálculo efetuados com os dados da pesquisa permitiram a seleção dos indicadores considerados mais representativos, recomendados para uma proposta padrão composta de oito indicadores de perdas, distribuídos em níveis básico, intermediário e avançado. A proposta recomenda ainda outros onze indicadores complementares, que contribuem para o melhor diagnóstico de aspectos dos sistemas que exercem influência sobre as perdas. Para todos os indicadores é proposta uma padronização de termos, definições e fórmulas de cálculo.

Para a correta análise das perdas, sobretudo sob a ótica da comparação de desempenho, é necessária uma avaliação do grau de confiabilidade dos dados empregados no cálculo dos indicadores. Os processos de medição, os equipamentos propriamente ditos e os critérios para estimação e extrapolação, inevitavelmente introduzem erros nos dados. Na presente dissertação foram pesquisados os modelos existentes para avaliação da confiabilidade, com ênfase nos critérios para a determinação dos erros prováveis dos dados.

A esses modelos, de forma análoga aos indicadores, foram aplicados os dados obtidos dos sete sistemas de abastecimento, resultando no desenvolvimento de uma metodologia simplificada para o cálculo dos erros prováveis dos dados e na recomendação do modelo mais apropriado para avaliação do grau de confiabilidade dos indicadores de perdas, o qual determina as condições de confiança da informação, desde plenamente confiável até sem confiabilidade.

## **ABSTRACT**

This work presents a proposal for standardisation of water losses indicators in water supply systems, as well as a methodology for analysis of the reliability of the data that compose the indicators. As base for the development of this work, studies and technical documents on the subject were used, as well as data obtained from seven water supply systems of the Brazil.

The literature review showed a large number of existing indicators and the lack of an uniform language for the terms, definitions and calculation formulas, already of common knowledge of the sanitation sector. Several national and international studies were analysed and a detailed analysis of the proposed indicators was carried out, and resulted in an evaluation of 59 versions of indicators, in which 109 versions of data were used in their assembly.

The compared analysis of the indicators and the calculation tests made with the data collected, allowed the selection of the indicators considered more representative, recommended for the proposed standard composed of eight water losses indicators, classified in basic, intermediary and advanced levels. The proposal also recommends other eleven complementary indicators that contribute a better diagnosis of aspects of the systems that have influence on water losses. For all indicators, standardisation of terms, definitions and calculation formulas were proposed.

For a correct analysis of the water losses, especially concerning performance comparison, it is necessary an evaluation of the reliability degree of the data used in the indicators calculations. The measurement processes, the equipments themselves and criteria for evaluation and extrapolation, unavoidably introduce errors in the data. In this work existent models were studied for evaluation of reliability, with emphasis on criteria for probable data errors evaluation.

In a similar way as to the indicators, the data obtained from seven systems of the Brazil, were applied to those models, resulting in the development of a simplified methodology for calculation of the probable errors of the data and in the recommendation of a most appropriate model for evaluation of the degree of reliability of the water losses indicators, which determines the conditions of confidence the information, from thoroughly reliable to no reliable.

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	OBJETIVOS .....	6
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
3.1.	PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	9
3.1.1.	<i>Componentes do sistema de abastecimento de água</i> .....	9
3.1.2.	<i>Balanço de águas</i> .....	13
3.1.3.	<i>Componentes das perdas de água</i> .....	15
3.1.4.	<i>Avaliação e controle das perdas de água</i> .....	19
3.1.5.	<i>Diagnóstico de perdas</i> .....	24
3.2.	INDICADORES DE PERDAS .....	29
3.2.1.	<i>Conceitos e usos potenciais dos indicadores de desempenho</i> .....	29
3.2.2.	<i>Problemas com os indicadores de perdas expressos em percentual</i> .....	30
3.2.3.	<i>Fatores locais que limitam o gerenciamento de perdas</i> .....	34
3.2.4.	<i>Indicadores propostos nos estudos pesquisados</i> .....	35
3.2.5.	<i>Índice de vazamentos da infra-estrutura</i> .....	38
3.2.6.	<i>Influência das caixas d'água domiciliares nas águas não faturadas</i> .....	39
3.3.	ANÁLISE DE CONFIABILIDADE.....	41
4.	METODOLOGIA .....	54
4.1.	INDICADORES DE PERDAS .....	54
4.1.1.	<i>Características da pesquisa de dados</i> .....	55
4.2.	ANÁLISE DE CONFIABILIDADE.....	60
5.	INDICADORES DE PERDAS .....	63
5.1.	PESQUISA DE DADOS.....	66
5.2.	AValiação DAS PERDAS .....	69
5.2.1.	<i>Balanço de águas</i> .....	70
5.2.2.	<i>Discussão sobre a determinação da pressão média de operação</i> .....	73
5.3.	ANÁLISE DOS INDICADORES .....	73
5.3.1.	<i>Discussão sobre os indicadores em percentual</i> .....	77

5.3.2. <i>Discussão sobre o indicador tradicional de perdas de faturamento</i> .....	81
5.3.3. <i>Cálculo dos indicadores</i> .....	86
5.3.4. <i>Síntese da análise comparada</i> .....	86
5.3.5. <i>Indicadores recomendados (proposta padrão)</i> .....	93
6. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE.....	96
6.1. METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA AVALIAÇÃO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS.....	97
6.2. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS ERROS DOS DADOS COMPOSTOS (INCLUI VOLUMES DE PERDAS).....	103
6.2.1. <i>Métodos da média ponderada e dos valores extremos (Silva et al., 1998)</i> .....	104
6.2.2. <i>Método do desvio padrão (Bessey e Lambert, 1994 e Paracampos, 2002)</i> .....	107
6.2.3. <i>Método recomendado para a avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas</i> .....	112
6.3. MODELOS DE AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DOS DADOS.....	112
6.3.1. <i>Modelo da matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre et al., 2000)</i> .....	113
6.3.2. <i>Modelos dos fatores de confiabilidade (Silva et al., 1998)</i> .....	118
6.3.3. <i>Modelo recomendado para a avaliação de confiabilidade dos dados</i> .....	122
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	124
7.1. INDICADORES DE PERDAS.....	124
7.2. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE.....	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128

**APÊNDICES:**

A. RESULTADOS DA PESQUISA DE DADOS.....	131
B. BALANÇOS DE ÁGUAS.....	134
C. ANÁLISE DOS INDICADORES ESTUDADOS.....	145
D. GLOSSÁRIO ORIGINAL DOS DADOS QUE COMPÕEM OS INDICADORES ANALISADOS.....	150
E. GLOSSÁRIO FINAL DOS DADOS QUE COMPÕEM OS INDICADORES RECOMENDADOS.....	159
F. PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS.....	171
G – MATERIAL ENCAMINHADO AOS OPERADORES PARA A PESQUISA DE DADOS.....	177

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1. Evolução das perdas de faturamento das companhias estaduais de saneamento (PMSS, 1996, 1998a, 1998b, 1999, 2000 e 2001, modificado) .....	3
Tabela 3.1. Perdas na Região Metropolitana de Salvador (LYSA <i>et al.</i> , 1999, modificado) .....	27
Tabela 3.2. Perdas na Região Metropolitana de Florianópolis (LYSA <i>et al.</i> , 1998, modificado) .....	28
Tabela 3.3. Exemplo hipotético de perdas em percentual comparadas a perdas em volume/dia (Lambert, 1998, modificado) .....	33
Tabela 3.4. Indicadores de perdas tradicionais e sua relação com os fatores chaves locais (Lambert <i>et al.</i> , 1999 e 2000, modificado) .....	35
Tabela 3.5. Indicadores recomendados pela IWA, com algumas de suas características (Alegre <i>et al.</i> , 2000, modificado) .....	36
Tabela 3.6. Cálculo do erro utilizando o desvio padrão quadrático (Bessey e Lambert, 1994, modificado) .....	44
Tabela 3.7. Matriz de graus de confiança (Alegre <i>et al.</i> , 2000) .....	47
Tabela 3.8. Aplicação da escala de confiabilidade no gerenciamento da informação (Silva <i>et al.</i> , 1998) .....	48
Tabela 5.1. Quantidade de indicadores e de dados avaliados, por categoria e entidade / programa .	65
Tabela 5.2. Relação entre os volumes faturados e consumidos para diferentes níveis de micromedição, em um grupo de operadores brasileiros (PMSS, 2001, modificado) .....	83
Tabela 5.3. Relação entre os volumes faturados e consumidos para diferentes níveis de micromedição, em sistemas pesquisados na dissertação .....	83
Tabela 5.4. Indicadores de perdas recomendados .....	94
Tabela 5.5. Indicadores complementares recomendados .....	95
Tabela 5.6. Estudos que propõem os indicadores de perdas recomendados .....	95
Tabela 5.7. Estudos que propõem os indicadores complementares recomendados .....	95
Tabela 6.1. Resultado da avaliação dos erros prováveis dos dados primários, nos sistemas pesquisados .....	101
Tabela 6.2. Proposta de matriz para ponderação dos erros prováveis das medições, em função das condições de instalação do macromedidor .....	103
Tabela 6.3. Avaliação dos erros dos dados compostos, utilizando o método da média ponderada, tendo como exemplo o Sistema B .....	106
Tabela 6.4. Resultado da avaliação dos erros dos dados compostos, utilizando o método da média ponderada, nos sistemas pesquisados .....	107
Tabela 6.5. Resultado da avaliação dos erros dos volumes de perdas, utilizando o método dos valores extremos, nos sistemas pesquisados .....	107
Tabela 6.6. Avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas, utilizando o método do desvio padrão, tendo como exemplo o Sistema B .....	108

Tabela 6.7. Resultado da avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas, utilizando o método do desvio padrão, nos sistemas pesquisados .....	109
Tabela 6.8. Comparação dos erros dos volumes de perdas em diferentes sistemas, utilizando o método do desvio padrão, tendo como exemplo dados hipotéticos .....	110
Tabela 6.9. Avaliação do erro do volume de perdas apurado por meio do levantamento direto em campo, utilizando o método do desvio padrão, tendo como exemplo valores hipotéticos .....	111
Tabela 6.10. Comparação dos resultados dos erros dos volumes de perdas nos métodos dos valores extremos e do desvio padrão, em todos os sistemas .....	111
Tabela 6.11. Resultado da avaliação da confiança dos dados compostos, utilizando o modelo da matriz de graus de confiança, nos sistemas pesquisados .....	115
Tabela 6.12. Resultado da avaliação da confiança dos indicadores de perdas, utilizando a matriz de graus de confiança, nos sistemas pesquisados .....	117
Tabela 6.13. Resultado da avaliação do fator de confiabilidade e da classificação de validade dos dados compostos, utilizando o modelo dos fatores de confiabilidade, nos sistemas pesquisados .....	120
Tabela 6.14. Resultado da avaliação do fator de confiabilidade e da classificação de validade dos indicadores de perdas, utilizando o modelo dos fatores de confiabilidade, nos sistemas pesquisados .....	120
Tabela 6.15. Comparação dos resultados da vertente dos erros da matriz de graus de confiança com os do modelo dos fatores de confiabilidade, por faixa .....	122
Tabela 6.16. Proposta final de escala de confiabilidade dos dados .....	123

## INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Componentes de um sistema típico de abastecimento de água e localização dos pontos de controle de vazão (Alegre <i>et al.</i> , 2000) .....	11
Figura 3.2. Componentes do balanço de águas (Alegre <i>et al.</i> , 2000, modificado) .....	14
Figura 3.3. Planilha de cálculo estimativo das perdas reais a partir da vazão mínima noturna (Paracampos, 2002).....	21
Figura 3.4. Nível econômico eficiente de uma política regular de redução de perdas (Lambert <i>et al.</i> , 1999, modificado).....	24
Figura 3.5. Volume não faturado sobre volume produzido (percentual) - dados de 1995 (Silva <i>et al.</i> , 1998) .....	32
Figura 3.6. Possível perda física por extensão de rede (m <sup>3</sup> /km/dia) - dados de 1995 (Silva <i>et al.</i> , 1998) .....	32
Figura 3.7. Possível perda física por economia (m <sup>3</sup> /economia/dia) - dados de 1995 (Silva <i>et al.</i> , 1998) .....	32
Figura 3.8. Influência do consumo no indicador de perdas reais expresso como percentual do volume de entrada no sistema (Lambert, 2001) .....	33
Figura 3.9. Variação das perdas reais em l / ligação / dia / mca com a densidade de ligações (Lambert <i>et al.</i> , 1999, modificado) .....	37
Figura 3.10. Variação das perdas reais em l / km rede / dia / mca com a densidade de ligações (Lambert <i>et al.</i> , 1999, modificado) .....	37
Figura 3.11. Representação do modelo conceitual do índice de vazamentos da infra-estrutura (Lambert <i>et al.</i> , 1999 e 2000).....	39
Figura 3.12. Perdas aparentes mais consumos autorizados não faturados como um percentual dos consumos medidos (Lambert, 2001, modificado) .....	40
Figura 3.13. Avaliação dos erros dos volumes de perdas (Paracampos, 2002) .....	45
Figura 4.1. Fluxograma com a seqüência das etapas empreendidas na análise dos indicadores .....	56
Figura 5.1. Balanço de águas – PNCD (Silva <i>et al.</i> , 1998, modificado) .....	70
Figura 5.2. Modelo de balanço de águas para uso em sistemas brasileiros .....	72
Figura 5.3. Exemplo de flutuação do indicador de perdas em percentual no sistema da Região Metropolitana de São Paulo (Paracampos, 2002, modificado) .....	78
Figura 5.4. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema A .....	83
Figura 5.5. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema B .....	84
Figura 5.6. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema D .....	84
Figura 5.7. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema E .....	84
Figura 5.8. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema F85 .....	85

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIÇÕES

A.....	.....área
AESBE.....	.....Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais
AGHTM.....	..... <i>Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux</i>
ASSEMAE.....	.....Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento
AWWA.....	..... <i>American Water Works Association</i>
BABE.....	..... <i>Background and Bursts Estimates</i>
BNH.....	.....Banco Nacional de Habitação
CAER.....	.....Companhia de Águas e Esgotos de Roraima
CAERD.....	.....Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia
Cd.....	.....coeficiente de descarga
COMPESA.....	.....Companhia Pernambucana de Saneamento
D.....	.....diâmetro
eco.....	.....economia
ETA.....	.....Estação de tratamento de água
EUA.....	.....Estados Unidos da América
FAVAD.....	..... <i>Fixed and Variable Area Discharge Paths</i>
h.....	.....hora (T)
hab.....	.....habitante
IANF/V.....	.....Indicador de águas não faturadas por volume
IBGE.....	.....Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILI.....	..... <i>Infrastructure Leakage Index</i>
IANF/C.....	.....Indicador de águas não faturadas em termos de custo
ICER.....	.....Indicador do consumo de água por economia residencial
IHID.....	.....Indicador do nível de hidrometração
ILIN.....	.....Indicador do nível de ligação inativa
IMAC.....	.....Indicador da eficiência da macromedição
IMIC.....	.....Indicador da eficiência da micromedição
INMETRO.....	.....Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IOER.....	.....Indicador da oferta bruta de água por economia residencial
IPAG.....	.....Indicador de perdas totais de água
IPAG/L.....	.....Indicador de Perdas Totais de Água por Ligação
IPAP/L.....	.....Indicador de perdas aparentes por ligação
IPRA.....	.....Indicador de perdas reais na adução
IPRE/L.....	.....Indicador de perdas reais por ligação
IPRE/P.....	.....Indicador de perdas reais por ligação associado à pressão

IPRP.....	Indicador de perdas reais na produção
IPT.....	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IPTR.....	Indicador de perdas reais no tratamento
IREP.....	Indicador da quantidade de reparos por extensão de rede total
IRHI.....	Indicador da ineficiência no uso dos recursos hídricos
ISO.....	Organização Internacional de Normalização
IVIN.....	Indicador de vazamentos da infra-estrutura
IWA.....	<i>International Water Association</i>
Km.....	quilômetros (L)
l.....	litros (L <sup>3</sup> )
lig.....	ligação
m.....	metro (L)
m <sup>2</sup> .....	metro quadrado (L <sup>2</sup> )
m <sup>3</sup> .....	metro cúbico (L <sup>3</sup> )
mca.....	metro de coluna d'água (M/L <sup>2</sup> )
N1.....	coeficiente que relaciona pressão e vazamento
P.....	pressão (M/L <sup>2</sup> )
PECOPE.....	Programa de Controle Operacional
PLANASA.....	Plano Nacional de Saneamento
PMSS.....	Programa de Modernização do Setor Saneamento
PNCDA.....	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PRAI.....	Perdas reais anuais inevitáveis
Q.....	vazão (L <sup>3</sup> /T)
QLAT.....	Quantidade de ligações ativas de água
SABESP.....	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR.....	Companhia de Saneamento do Paraná
SANESUL.....	Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul
SNIS.....	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UARL.....	<i>Unavoidable Annual Real Losses</i>
U.K. ....	Reino Unido
UnB.....	Universidade de Brasília
VANF.....	Volume de águas não faturadas
VCAU.....	Volume de água de consumo autorizado
VCNF.....	Volume de água de consumo autorizado não faturado
VCONm.....	Volume de água consumido medido
VCONnm.....	Volume de água consumido não medido
VDIS.....	Volume de água disponibilizado para distribuição

VESP.....Volume de água para usos especiais  
VFATm.....Volume de água faturado, referente às economias medidas  
VFATnm.....Volume de água faturado, referente às economias não medidas  
VOPE.....Volume de água para usos operacionais  
VPAG.....Volume de Perdas Totais de Água  
VPROm.....Volume de água produzido macromedido  
VPROnm.....Volume de água produzido não macromedido  
VREC.....Volume de água recuperado  
VTIMm.....Volume de água tratada importado macromedido  
VTIMnm.....Volume de água tratada importado não macromedido  
VTEXm.....Volume de água tratada exportado macromedido  
VTEXnm.....Volume de água tratada exportado não macromedido  
%.....porcentagem

## 1. INTRODUÇÃO

O planejamento da oferta de serviços públicos de abastecimento de água no Brasil 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.

Naquela época as taxas de crescimento da população brasileira começavam a declinar, embora nas décadas de 70 e 80 ainda tenham se mantido em um patamar elevado de crescimento, para, a partir de 1991, atingir médias inferiores a 2%, sinalizando a grande transformação da dinâmica demográfica do país. Ao tempo em que as taxas de crescimento caíam, o grau de urbanização se elevava, comprimindo e expandindo os grandes centros urbanos (Aliança - Pesquisa e Desenvolvimento, 1995).

A demanda por serviços de saneamento fez-se mais forte nas áreas urbanas, por concentrar maiores problemas relativos à saúde pública e ao meio ambiente, conseqüência evidente do crescimento populacional acelerado. Nesse sentido, percebe-se a grande evolução dos níveis de cobertura nas áreas urbanas, sobretudo a partir do PLANASA. Aliança - Pesquisa e Desenvolvimento (1995) reporta que essa cobertura passou de 45,7% em 1970 para 81,2% em 1991, segundo dados dos Censos do IBGE. Essa mesma cobertura atingiu o nível de 89,8%, segundo o Censo 2000 (IBGE, 2001).

Os maiores crescimentos deram-se na década de 70, período de expansão da economia, no qual os recursos públicos estavam disponíveis. Na década de 80, com a crise econômica, veio a queda na disponibilidade de recursos, embora num nível que ainda permitiu, de forma mais lenta, a ampliação da cobertura.

Os investimentos em saneamento, seguindo o modelo da maioria das obras de infraestrutura 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.

A lógica dos grandes empreendimentos justificava-se pelo emprego do conceito de expansão absoluta da oferta, que, segundo Silva (1997), era a base, à época, do planejamento dos serviços públicos vinculados a redes de distribuição, como água ou energia elétrica. Como conseqüência dessa lógica, a tecnologia dos sistemas evoluiu em

maior escala na produção e tratamento de água, e menos nos sistemas de distribuição e nas ações de desenvolvimento operacional. Ressalte-se que, embora o PLANASA tenha criado o PECOPE – Programa de Controle Operacional, esse não alcançou o propósito da evolução tecnológica no campo do desenvolvimento operacional.

O cenário das grandes obras e da expansão absoluta da oferta considerava a água doce como bem inesgotável, usada em abundância, sem a preocupação de conter desperdícios e de promover o uso racional, tudo isso associado à cultura de que o bem-estar social está diretamente relacionado ao aumento do consumo.

A queda na disponibilidade de recursos, sobretudo a partir da segunda metade da década de 80, e o crescimento desordenado dos grandes centros urbanos, em especial as capitais dos estados, regiões metropolitanas e periferias das grandes cidades, pressionando a demanda, fizeram com que soluções pragmáticas fossem adotadas, como ampliar a carga dos sistemas existentes por meio de estações de bombeamento e estender as redes até áreas sem atendimento, geralmente localizadas nas periferias das cidades. Enquanto isso, os investimentos em ações de desenvolvimento operacional caíam a níveis próximos de zero.

Observa-se que a soma de fatores criou, então, o ambiente propício ao crescimento descontrolado das perdas de água nos sistemas de abastecimento: poucos investimentos e menor desenvolvimento tecnológico nas redes de distribuição e nas ações de melhoria operacional; cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional; decisões pragmáticas, não previstas em projeto, de ampliação da carga e extensão das redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores.

Essas perdas alcançaram patamares elevados e tornaram-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento de água do país. Ressalte-se que, em maior ou menor escala, o mesmo problema ocorreu em outros países do mundo, ainda que por outros motivos ou até pelos mesmos.

A Tabela 1.1 apresenta a evolução das perdas de faturamento médias no Brasil, nos últimos seis anos, para as companhias estaduais de saneamento.

Tabela 1.1. Evolução das perdas de faturamento das companhias estaduais de saneamento (PMSS, 1996, 1998a, 1998b, 1999, 2000 e 2001, modificado)

	ANO					
	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Média nacional (em %)	42,2	41,2	39,6	40,0	38,1	39,4
Maior valor (em %)	64,6	66,3	67,0	70,9	68,7	71,2
Menor valor (em %)	24,4	21,4	16,7	17,3	20,9	21,5

Em que pese os altos níveis de perdas verificados atualmente, o combate aos desperdícios de água nos sistemas de abastecimento tem merecido atenção de técnicos e pesquisadores do setor saneamento, já há muitos anos. Desde 1980, percebeu-se que, não só o crescimento da demanda, mas também as perdas e os usos inadequados, exigiam ampliações nos sistemas produtores, esses cada vez mais distantes, com custo marginal elevado. As atividades conservacionistas começavam a ganhar importância, impulsionadas pelo surgimento das preocupações da sociedade com as questões ambientais (Silva, 1997). Contudo, as atenções voltadas ao problema não foram suficientes para manter as perdas em patamares aceitáveis.

Mais recentemente, a discussão em torno do problema retornou à cena. Para isso contribuíram diversos fatores, como o debate nacional em torno da necessidade de revisão do modelo atual de gestão dos serviços de saneamento brasileiros, associando os elevados níveis de perdas à ineficiência do modelo atual, como reforço aos demais argumentos - a maioria de caráter financeiro - dos defensores da necessidade de mudanças no modelo.

Conforme citado por Bessey e Garrett (1994), as perdas despertam o interesse da mídia, por sua fácil percepção por parte do público. Além disso, elas têm poder de pressão sobre os responsáveis pelos sistemas, sobretudo quando cresce na sociedade o sentimento de descaso do poder público em relação aos direitos do cidadão. Outros temas, como a necessidade de ordenamento dos usos da água – no Brasil, foi aprovada em 1997 a lei 9733, que traça as diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos no país –, as secas constantes, o aumento crescente da poluição dos recursos hídricos, a importância das perdas no cenário da conservação da água, em seu conceito mais amplo, e a exigência por serviços de maior qualidade, também têm despertado o interesse da sociedade.

Tudo isso, agregado aos aspectos econômicos da prestação de serviços de água, na esteira da reorganização dos serviços públicos, fortemente influenciada pela política governamental, trouxe a figura dos entes reguladores, com a função de controlar e fiscalizar a prestação dos serviços, em suas variáveis técnica e econômica. Segundo Bessey e

Garrett (1994) aos responsáveis pelos serviços interessa, agora, mostrar que o seu gerenciamento está se dando com qualidade e custos eficientes.

Todo 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: para um total de R\$ 7,2 bilhões faturados pelos serviços de abastecimento de água em 2000 (PMSS, 2001), 15 pontos percentuais representam R\$ 1,1 bilhões, que seria o incremento da receita, caso as perdas fossem reduzidas nesse percentual e os volumes recuperados transformados em 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 – e o estabelecimento de metodologia para avaliação da confiabilidade dos indicadores (adaptado de Costa *et al.*, 1999, quando se referia à implementação de programas de conservação de água em diversas cidades brasileiras).

A presente dissertação divide-se em dois grandes temas: indicadores de perdas e análise de confiabilidade; e está organizada em 7 capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo 2 são apresentados os objetivos gerais e específicos, enfocando aqueles de relação direta com indicadores e análise de confiabilidade.

No capítulo 3 tem-se a fundamentação teórica e revisão bibliográfica, no qual é mostrado o estado da arte dos estudos técnicos voltados ao gerenciamento das perdas, abordando os diferentes conceitos relativos ao assunto, sobretudo no que diz respeito aos indicadores, além de destacar aspectos da confiabilidade e precisão dos dados.

No capítulo 4 descreve-se em linhas gerais os aspectos metodológicos do desenvolvimento da dissertação, com destaque para a pesquisa de dados feita junto a alguns operadores de serviços do país.

No capítulo 5 apresenta-se a discussão sobre os indicadores de perdas, construída a partir da análise de um grupo de estudos técnicos pesquisados e da experiência prática de cálculo dos indicadores, possível de ser realizada graças à pesquisa de dados. Ao final recomenda-se uma proposta padronizada para os indicadores.

No capítulo 6, de forma similar ao anterior, apresenta-se a discussão em torno do tema da análise de confiabilidade, na qual são avaliados os modelos existentes e desenvolvida uma metodologia simplificada para determinação dos erros prováveis dos dados primários, base para a avaliação da confiabilidade.

Por fim, no capítulo 7 apresentam-se as conclusões e recomendações pertinentes aos dois grandes temas, incluindo a indicação de alguns tópicos importantes, que em futuras pesquisas poderão complementar os assuntos tratados na dissertação.

## 2. OBJETIVOS

Inicialmente cabe destacar o contexto amplo em que se insere a problemática das perdas de água em sistemas de abastecimento. O gerenciamento das perdas deve ser visto como parte da gestão integrada dos recursos hídricos no âmbito das unidades de bacia, em que outros usuários, além dos sistemas de abastecimento de água, também participam como tomadores de água do sistema natural. Sob a ótica da conservação da água e como parte integrante de um conjunto de medidas ambientais de longo prazo, o planejamento da oferta e da demanda deve levar em conta as ações de redução e controle das perdas de água. Portanto, essas ações inserem-se não somente no âmbito restrito dos sistemas de abastecimento, mas sobretudo no contexto mais amplo da conservação da água bruta na bacia.

Ainda sob a ótica ambiental, os desperdícios nos sistemas prediais devem estar incluídos como objeto das ações de combate às perdas, sendo necessário que o gerenciamento não se limite ao seguimento estrito da área de atuação do operador. Se considerado dentro desse limite, o gerenciamento das perdas demonstra sua maior preocupação com os aspectos comerciais, que embora justa, inibe os aspectos sociais da atividade, por desconsiderar a abrangência na qual o problema se insere.

Em que pese a importância de tais afirmações, a presente dissertação concentra-se em uma parte específica do problema, que são os indicadores de perdas e a sua análise de confiabilidade, essenciais ao gerenciamento das perdas, quaisquer que sejam os cenários considerados para o assunto. Dessa forma, o trabalho abstém-se de um maior aprofundamento da questão da conservação da água em seus aspectos ambientais e sociais mais amplos, que englobam, conforme dito, os sistemas prediais e sobretudo a gestão integrada das unidades de bacia.

Portanto, a presente dissertação busca atender a dois objetivos principais referentes à avaliação das perdas de água em sistemas de abastecimento: o primeiro trata dos indicadores de perdas e o segundo da confiabilidade dos dados que compõem esses indicadores. Há consenso, entre as abordagens relativas aos indicadores de perdas, de que, além da necessidade de enunciados corretos, uniformes e representativos da mais ampla diversidade de sistemas de abastecimento, deve haver também a maior confiabilidade possível nos dados primários utilizados no cálculo de tais indicadores.

Os indicadores devem oferecer bases seguras para o planejamento das ações e a avaliação de seus resultados; possibilitar a análise de desempenho, permitindo a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços; bem como contribuir na definição de políticas públicas para o setor saneamento, nas três esferas de governo - federal, estadual e municipal. Nesse sentido é de fundamental importância a adoção de uma linguagem uniforme, com termos, definições e fórmulas de cálculo padronizadas, tanto para os indicadores propriamente ditos como para os dados que os compõem. Um dos principais objetivos da dissertação é indicar caminhos para essa uniformização.

Assim, a pesquisa do amplo rol de indicadores existentes no cenário nacional e internacional e a análise comparada entre eles serve de base para uma proposta padrão, aplicável aos sistemas brasileiros. A proposta privilegia a busca dos indicadores mais representativos, que permitam uma aplicação padronizada, independente das características dos sistemas e dos fatores locais com influência sobre as perdas.

Ao final da análise, tendo-se a compreensão clara da composição das perdas de água, recomenda-se um pequeno grupo de indicadores para uma proposta padrão, na qual consta uma criteriosa uniformização de termos (siglas e nomes) e de fórmulas de cálculo, além de definições objetivas para os dados envolvidos na avaliação: volumes, dados de cadastro e informações operacionais.

Antes, porém, a dissertação discorre sobre os métodos de avaliação das perdas como premissa da construção dos indicadores. Os próprios volumes de perdas são os indicadores primários e a sua identificação em balanços de águas é fundamental ao gerenciamento das perdas. Nessa questão, cabe destacar que nos serviços brasileiros, em função de critérios comerciais, sobretudo decorrentes da estrutura tarifária, os volumes faturados são na maioria das vezes superiores aos volumes consumidos, inviabilizando a aplicação direta dos modelos de balanço de águas apresentados na literatura internacional. Sendo assim, um dos objetivos específicos da dissertação é propor um modelo padrão de balanço de águas que se adapte a essa característica específica dos serviços brasileiros.

Em relação ao segundo objetivo principal, a dissertação avança no estudo dos modelos de avaliação da confiabilidade dos dados, contextualizando a problemática dos erros de medição decorrentes da tecnologia envolvida e das deficiências operacionais dos sistemas, sobretudo diante da realidade dos serviços de abastecimento de água do Brasil.

A base para a análise de confiabilidade é o conhecimento dos erros dos dados, sem o qual não é possível identificar o nível de credibilidade das informações, aí incluídos os próprios indicadores. Dessa forma, outro objetivo específico da dissertação é propor uma metodologia básica que crie um padrão simplificado de cálculo dos erros prováveis dos dados primários envolvidos no gerenciamento das perdas.

Embora sejam poucas as experiências práticas desse tipo de análise, com escasso material disponível na literatura técnica especializada, a dissertação avançou no estudo do tema utilizando os modelos de avaliação da confiabilidade existentes. Ao final, recomenda-se o modelo mais adequado, em que constam as faixas de validação e respectivas condições de confiança das informações.

Também dentre os objetivos da dissertação está a realização de uma pesquisa de dados em alguns sistemas de água do país, para a realização de testes e simulações de cálculo dos indicadores e dos erros prováveis dos dados, bem como para subsidiar a discussão em torno dos indicadores e dos modelos de análise da confiabilidade.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A adequada gestão dos sistemas de abastecimento tem entre suas diversas atividades o gerenciamento das perdas, estratégico sob o enfoque ambiental e a ótica empresarial dos operadores. Combater e controlar as perdas são questões fundamentais, em cenários em que, por exemplo: há escassez de água e conflitos pelo uso; há elevados volumes de águas não faturadas, que comprometem a saúde financeira do operador; ou há um ambiente de competição, em que os indicadores que retratam as perdas de água estão entre os mais valorizados para a avaliação de desempenho.

O gerenciamento das perdas exige, antes de tudo, o seu conhecimento pleno. Identificar e quantificar corretamente as perdas constitui-se em ferramenta essencial e indispensável para a implementação de ações de combate. Nesse contexto, as inovações tecnológicas facilitam a identificação e possibilitam medições cada vez mais precisas dos volumes de água perdidos. A redução dos custos dos equipamentos, na medida em que se difundem as novas tecnologias, amplia o acesso para um número maior de operadores.

No presente capítulo será apresentada a fundamentação teórica e revisão bibliográfica dos temas principais que se referem ao gerenciamento de perdas, com enfoque na sua avaliação e controle, nos indicadores de desempenho, e na análise de confiabilidade dos dados, sobretudo os volumes.

#### **3.1. PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Nesta parte do capítulo serão abordados aspectos referentes ao conhecimento do problema e às ferramentas para avaliação e controle das perdas. Os temas estão assim distribuídos: componentes de um sistema de abastecimento de água, balanço de águas, componentes das perdas de água, avaliação e controle das perdas e diagnóstico das perdas.

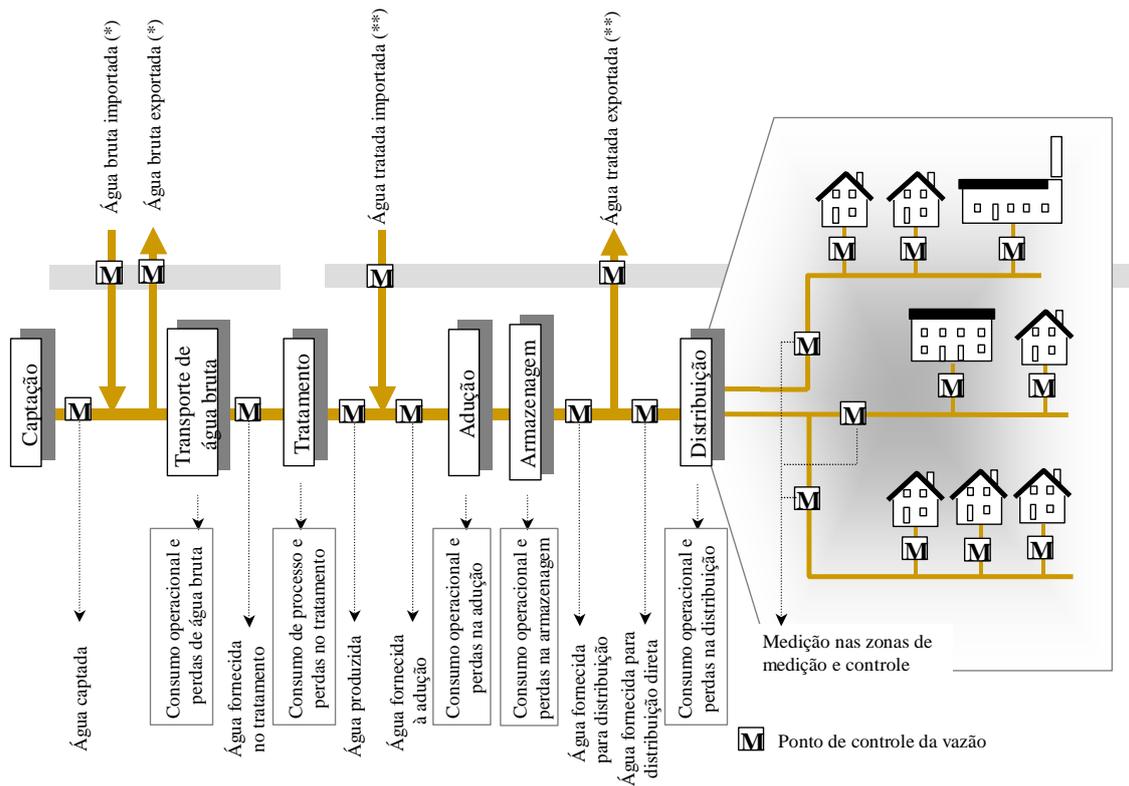
##### ***3.1.1. Componentes do sistema de abastecimento de água***

A compreensão da dimensão do problema das perdas de água passa por uma visão das principais fases de um sistema de abastecimento de água. A Figura 3.1 ilustra um sistema típico destacando as unidades que o compõem e os pontos de entrada e saída de água. O controle desses pontos permite construir o balanço de águas – ferramenta indispensável ao gerenciamento das perdas – também mostrado mais adiante na Figura 3.2.

Recentemente a *IWA – International Water Association* publicou um manual de melhores práticas para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água (Alegre *et al.*, 2000). O trabalho possui uma parte importante dedicada aos indicadores de perdas, cuja elaboração contou com a participação do Grupo de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água. A proposta vem recebendo uma forte aceitação no setor saneamento mundial e já está sendo empregada no Reino Unido, Alemanha, Japão, Austrália, Nova Zelândia e África do Sul, dentre outros países, e conta com a recomendação de uso por parte da *AWWA – American Water Works Association*. Essa situação sinaliza a existência de um movimento no sentido de se empregar a metodologia proposta pela IWA como referência mundial para a avaliação de desempenho no campo das perdas de água.

Assim sendo, optou-se por extrair do referido trabalho a ilustração a seguir apresentada, bem como o diagrama do balanço de águas, e também as principais definições dos elementos envolvidos na análise. Cabe ressaltar, no entanto, que um dos objetivos da presente dissertação é pesquisar as diversas propostas existentes para o tratamento da questão perdas de água, sobretudo no que concerne à terminologia, definições e indicadores. A opção de adotar na partida da fundamentação teórica um dos trabalhos pesquisados, visa facilitar a compreensão inicial do problema. Mais adiante, outros termos, definições e conceitos sobre os mesmos elementos serão apresentados. No capítulo 5 (indicadores de perdas) será feita uma discussão no sentido de se sugerir uma proposta padrão.

Em relação à ilustração com os componentes de um sistema típico de abastecimento de água (Figura 3.1) convém comentar que, para a realidade atual dos sistemas brasileiros, o número de pontos de macromedição talvez seja excessivo, devendo esse arranjo ser adaptado em função das características locais de cada sistema, das condições econômico-financeiras e da capacidade do operador em manter em perfeito funcionamento os pontos de medição.



(\*) - a importação ou a exportação de água bruta podem ocorrer em qualquer ponto a montante do tratamento  
 (\*\*) - a importação ou a exportação de água tratada podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento

Figura 3.1. Componentes de um sistema típico de abastecimento de água e localização dos pontos de controle de vazão (Alegre *et al.*, 2000)

Algumas definições importantes transcritas do trabalho de Alegre *et al.* (2000), com pequenas modificações, são apresentadas a seguir (o balanço de águas normalmente é calculado para um período de um ano):

- **ÁGUA CAPTADA:** volume anual de água obtida a partir de captações de água bruta para entrada em estações de tratamento de água (ou diretamente em sistemas de adução e de distribuição);
- **ÁGUA BRUTA, IMPORTADA OU EXPORTADA:** volume anual de água bruta transferido de e para outros sistemas de abastecimento de água (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto entre a captação e a estação de tratamento);
- **ÁGUA FORNECIDA AO TRATAMENTO:** volume anual de água bruta que aflui às instalações de tratamento;
- **ÁGUA PRODUZIDA:** volume anual de água tratada que é fornecida ao sistema de adução ou diretamente ao sistema de distribuição;

*Nota:* Caso exista, o volume anual de água sem tratamento prévio que é distribuído aos consumidores também deve ser contabilizado como **ÁGUA PRODUZIDA**.

- **ÁGUA TRATADA, IMPORTADA OU EXPORTADA:** volume anual de água tratada transferido de e para outros sistemas de abastecimento de água (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento);

*Nota: Da mesma forma que o anterior, caso exista, o volume anual de água sem tratamento prévio que é importado e distribuído aos consumidores também deve ser contabilizado como "ÁGUA TRATADA" no contexto do balanço de águas.*

- ÁGUA FORNECIDA À ADUÇÃO: volume anual de água tratada que aflui ao sistema de adução;
- ÁGUA FORNECIDA PARA DISTRIBUIÇÃO: volume anual de água tratada que aflui ao sistema de distribuição;

*Nota: Também aqui, caso exista, o volume anual de água sem tratamento prévio que é distribuído aos consumidores deve ser contabilizado como "ÁGUA TRATADA" no contexto do balanço de águas.*

- ÁGUA FORNECIDA PARA DISTRIBUIÇÃO DIRETA: diferença entre a ÁGUA FORNECIDA PARA DISTRIBUIÇÃO e a ÁGUA TRATADA EXPORTADA (não sendo possível separar a adução da distribuição, a água fornecida para distribuição direta corresponde à diferença entre a ÁGUA FORNECIDA À ADUÇÃO e a ÁGUA TRATADA EXPORTADA);
- ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA: volume anual introduzido na parte do sistema de água que é objeto do cálculo do balanço de águas;
- CONSUMO AUTORIZADO: volume anual de água, medido ou não medido, fornecido a consumidores registrados, ao próprio operador e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais e industriais. Inclui a ÁGUA EXPORTADA.

*Nota (1): O consumo autorizado pode incluir treinamento e combate a incêndios, lavagem de canalizações e coletores de esgotos, lavagem de reservatórios, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, abastecimento a caminhões pipas, alimentação de fontes públicas e chafarizes, proteção contra congelamento, fornecimento de água para obras, etc. Este consumo pode ser faturado ou não faturado, medido ou não medido, de acordo com a prática local.*

*Nota (2): O consumo autorizado inclui os vazamentos e desperdícios, por parte de clientes registrados, sejam eles medidos ou não.*

- PERDAS DE ÁGUA: diferença entre a ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA e o CONSUMO AUTORIZADO. As perdas de água podem ser consideradas para todo o sistema, ou calculadas em relação à sub-sistemas como sejam a adução de água bruta e o sistema de adução ou o de distribuição de água tratada. Em cada caso as componentes do cálculo são consideradas em conformidade com a situação. As PERDAS DE ÁGUA dividem-se em PERDAS REAIS (ou FÍSICAS) e PERDAS APARENTES (ou NÃO FÍSICAS).
- PERDAS REAIS (ou FÍSICAS): perdas físicas de água do sistema em pressão, até o ponto de medição do cliente. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, rompimentos e extravasamentos ocorridos na rede, nos reservatórios e nas ligações prediais, até o ponto de medição, depende da frequência, da vazão e da duração média de cada vazamento.

*Nota: Apesar das perdas físicas localizadas a jusante do hidrômetro do cliente se encontrarem excluídas do cálculo das PERDAS REAIS (ou FÍSICAS), são muitas vezes significativas (em particular quando não há medidor) e merecedoras de atenção no contexto dos objetivos da gestão dos consumos.*

- PERDAS APARENTES (ou NÃO FÍSICAS): contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito).

*Nota: Os registos por defeito dos medidores de água produzida, bem como registos por excesso em hidrômetros de clientes, levam a uma sub-avaliação das PERDAS REAIS (ou FÍSICAS). Os registos por excesso dos medidores de água produzida, bem como registos por defeito em contadores dos clientes levam a uma sobre-avaliação das PERDAS REAIS (ou FÍSICAS).*

- ÁGUA NÃO FATURADA: diferença entre os totais anuais da ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA e do CONSUMO AUTORIZADO FATURADO. A ÁGUA NÃO FATURADA inclui não só as PERDAS REAIS (ou FÍSICAS) e APARENTES (ou NÃO FÍSICAS), mas também o CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO.

*Nota: O consumo de água por clientes autorizados registados que a pagam indiretamente por meio de impostos locais ou nacionais, ou ainda por encontro de contas, é considerado como consumo autorizado faturado para os efeitos do cálculo do balanço de águas.*

### **3.1.2. Balanço de águas**

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 águas permite determinar o volume de água perdido e representa uma das melhores ferramentas de gerenciamento dessas perdas. Na Figura 3.2 apresenta-se o modelo de balanço de águas extraído de Alegre *et al.* (2000).

Nas definições apresentadas no subitem anterior observa-se que não há distinção entre volumes consumidos e volumes faturados. No Brasil, em função de critérios comerciais, adotados por praticamente todos os operadores, esses volumes são quase sempre diferentes, o que exigiria uma adequação do balanço de águas apresentado a seguir.

A	B	C	D	E		
Água entrada no sistema [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado faturado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo faturado medido (incluindo água exportada) [m <sup>3</sup> /ano]	Água faturada [m <sup>3</sup> /ano]		
			Consumo faturado não medido [m <sup>3</sup> /ano]			
	Perdas de água [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado não faturado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado não faturado [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 aparentes [m <sup>3</sup> /ano]		Uso não autorizado [m <sup>3</sup> /ano]		
				Erros de medição [m <sup>3</sup> /ano]		
		Perdas reais [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 3.2. Componentes do balanço de águas (Alegre *et al.*, 2000, modificado)

É preciso estar atento ao fato de que todo balanço possui algum nível de aproximação, pois alguns de seus componentes são estimados. Por isso, é também importante, como prática do gerenciamento, aplicar um modelo de análise da confiabilidade dos dados, conforme abordado nesta dissertação, nos subitens 3.3, 4.2, 6 e 7.2.

Os passos para calcular a água não faturada e as perdas de água no diagrama da figura anterior são os seguintes (transcrito de Alegre *et al.*, 2000):

“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).”

### **3.1.3. Componentes das perdas de água**

Uma primeira referência aos componentes das perdas de água já foi apresentada anteriormente, relativa ao trabalho de Alegre *et al.* (2000), que, conforme citado, corresponde à proposta do Grupo de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água. Diversos dos trabalhos pesquisados reportaram-se aos termos e conceitos dessa proposta.

Silva *et al.* (1998) consideram que as perdas de água em sistemas de abastecimento correspondem aos volumes não contabilizados, distribuídos em perdas físicas e perdas não físicas. Os indicadores propostos por AESBE e ASSEMAE (1998) ratificam esse conceito. A distinção entre perdas físicas e não físicas é de fundamental importância para a definição e hierarquização das ações de combate às perdas, e também para a construção dos indicadores de desempenho.

Observa-se uma diferença de terminologia em relação ao cenário internacional, no qual os nomes adotados para as perdas de água são perdas reais e perdas aparentes, os quais correspondem, respectivamente, aos termos perdas físicas e não físicas adotados no Brasil.

As perdas físicas (ou reais) correspondem aos volumes não contabilizados devidos a vazamentos no sistema, desde a captação até a distribuição, e a procedimentos operacionais inadequados, que provocam consumos superiores ao estritamente necessário, dentre os quais lavagem de filtros em ETAs e descarga para limpeza de rede de distribuição. As perdas não físicas (ou aparentes) correspondem aos volumes utilizados por ligações clandestinas ou não cadastradas, mais os volumes não contabilizados devidos a hidrômetros parados ou com submedição, fraudes em hidrômetros e outros (Silva *et al.*, 1998).

Usos mensuráveis para combate a incêndio, limpeza de ruas e irrigação de jardim público, mais os usos medidos para abastecimento por meio de caminhões pipas e chafarizes, e usos nos prédios próprios do prestador de serviços não são considerados como perdas de água e os volumes correspondentes são excluídos do cálculo dos indicadores que retratam as perdas físicas (ou reais), embora sejam mantidos naqueles que representam as perdas de faturamento (Silva *et al.*, 1998 e AESBE e ASSEMAE, 1998).

Alegre *et al.* (2000) adotam o mesmo entendimento, no entanto, criam uma categoria à parte para esses volumes, denominada consumo autorizado não faturado, o qual não se enquadra nem nas perdas reais (ou físicas) e nem nas perdas aparentes (ou não físicas). A soma dos três grupos (perdas reais, perdas aparentes e consumos autorizados não faturados) corresponde ao volume de águas não faturadas.

Um aspecto especialmente tratado no Brasil diz respeito aos volumes recuperados pelo operador no período em que se estiver analisando as perdas, decorrentes de usos fraudulentos, os quais são computados como volumes consumidos, não se inserindo, portanto, no cálculo das perdas, de acordo com Silva *et al.* (1998) e AESBE e ASSEMAE (1998). Os estudos internacionais pesquisados não utilizam esse critério.

LYSA *et al.* (1999) apresentam conceitos semelhantes aos de Silva *et al.* (1998) para perdas físicas (ou reais) e não físicas (ou aparentes), porém com um maior detalhamento nas suas definições, as quais transcreve-se 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 aparentes)** - 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).”

Observa-se que nas definições de LYSA *et al.* (1999) os consumos autorizados não faturados, não constam como volumes consumidos nem como perdas. No entanto, está evidente pela definição (“...devem representar todas as perdas referentes à água produzida e consumida, porém não revertida em faturamento...”) que os mesmos incluem-se no grupo das perdas aparentes, diferindo assim da proposta de Alegre *et al.* (2000).

Além da caracterização das perdas como físicas (ou reais) e não físicas (ou aparentes), alguns estudos consideram que elas enquadraram-se, para efeito de balanço de águas, como “águas não contabilizadas” e “águas não faturadas”. As primeiras correspondem à diferença entre os volumes de água produzido e utilizado, enquanto as segundas são entendidas como a diferença entre os volumes de água produzido e faturado.

Alegre *et al.* (2000) informam que os Grupos de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água e sobre Indicadores de Desempenho não mais recomendam o uso do termo “águas não contabilizadas” devido à ampla variação de definições para o termo, verificada em todo o mundo. No entanto, propõem que, caso o mesmo seja empregado, ele deve corresponder ao conceito de águas não faturadas definido no balanço de águas da IWA (ver início deste capítulo), caracterizando portanto uma diferença em relação ao conceito do parágrafo anterior.

As perdas de água nas unidades de produção - captação, estação elevatória, adutora de água bruta e estação de tratamento de água - enquadraram-se no grupo das perdas físicas

(ou reais). Silva *et al.* (1998) consideram indicadores específicos para essas perdas, em cada parte do sistema, relacionando-as às condições operacionais de cada unidade. Existe consenso entre os diversos estudos pesquisados, de que as perdas nas unidades de produção não se incluem nos indicadores adotados para comparação de desempenho entre sistemas.

As perdas que ocorrem no lado do consumidor, ou seja, a partir do cavalete do ramal predial, podem estar ou não incluídas no total das perdas do sistema, de acordo com as seguintes situações, citadas por LYSA *et al.* (1999). Quando elas ocorrem em ligações micromedidas, do ponto de vista das “águas não faturadas”, não há perdas, já que se cobra do usuário todo o volume consumido. Em relação às “águas não contabilizadas” (no conceito proposto por Silva *et al.*, 1998 e AESBE e ASSEMAE, 1998) ocorre o mesmo, todo o volume consumido é contabilizado.

Por outro lado, nas ligações não micromedidas, a cobrança se dá sobre um valor fixo – na maioria dos operadores brasileiros igual a 10 m<sup>3</sup> por economia mês. Nesse caso, o consumidor sente-se à vontade para utilizar volumes em excesso, na maioria das vezes com grandes desperdícios, já que o valor da sua conta será sempre o mesmo. Os volumes acima do valor fixo cobrado estão incluídos no grupo das “águas não faturadas”. Parte deles pode também estar incluída no grupo das “águas não contabilizadas”, sempre que o volume realmente consumido for superior àquele estimado como consumo utilizado pelo usuário.

LYSA *et al.* (1999) adotam um procedimento específico para determinar a parte dessas perdas que se enquadra como perdas físicas (ou reais) e como perdas não físicas (ou aparentes):

- em ligações hidrometradas, vazamentos pequenos não são registrados pelo hidrômetro - devido a problemas de precisão do aparelho. Por outro lado, vazamentos maiores podem elevar substancialmente o valor da conta, e muitos operadores adotam a política de não faturar mais que duas vezes o valor da conta anterior, no primeiro mês em que o vazamento aparece. Em ambos os casos ocorrem perdas não físicas (ou aparentes);
- em ligações não hidrometradas a experiência demonstra que os consumos são muito superiores aos valores faturados. Após a instalação do hidrômetro o consumo certamente é reduzido, assumindo, em geral, valor maior que o volume fixo, antes cobrado, e menor que o consumo que efetivamente ocorria. A diferença entre o valor registrado pelo hidrômetro e o volume fixo é considerada perda não física, pois corresponde a um aumento do faturamento. Por outro lado, a diferença entre o volume efetivamente consumido antes da instalação do hidrômetro e o novo valor, após a

instalação do aparelho, é considerada perda física, pois vai traduzir-se numa redução da necessidade de ampliação da produção.

Quanto a esse último procedimento, proposto por LYSA *et al.* (1999), é preciso estar atento à possibilidade concreta de que, após a instalação do hidrômetro em áreas de baixa renda, a redução do consumo pode decorrer do efetivo aumento do valor da conta de água e chegar a situações em que o volume consumido seja inferior ao mínimo necessário ao atendimento das condições sanitárias e de saúde. Nesse caso, não se pode aplicar o procedimento recomendado e nem afirmar que a diminuição do consumo vai traduzir-se numa redução da necessidade de ampliação da produção, sob pena de se estar penalizando a população carente, que, devido a restrições orçamentárias, não pode arcar com o aumento no valor da conta de água. Tal constatação seria verdadeira num ambiente em que houvesse subsídio a essas populações, suficiente para garantir o abastecimento mínimo necessário.

Além dos aspectos operacionais, é preciso também considerar os impactos financeiros das perdas sobre os serviços de saneamento. As perdas relacionam-se diretamente com o aumento das despesas de produção e distribuição e com a redução da receita operacional. Nessa linha, enquadram-se no grupo que provoca aumento das despesas, as perdas decorrentes de vazamentos, extravasamentos e consumos operacionais excessivos (lavagens, descargas, limpezas e reparos). No grupo que causa redução da receita, enquadram-se erros de micromedição, erros de estimativa de consumos faturáveis (ligações sem hidrômetros), consumos clandestinos e consumos ignorados relativos a ligações não cadastradas (Fávero e Suzuki, 1992, *apud* Gonçalves, 1998). Deve-se acrescentar ao segundo grupo os consumos autorizados não faturados.

#### **3.1.4. Avaliação e controle das perdas de água**

O cálculo do balanço de águas corresponde a um dos modelos para a avaliação e controle das perdas. Segundo Alegre *et al.* (2000) é possível estimar as perdas reais (ou físicas) a partir das perdas totais – método *top down*. Nesse caso, torna-se necessário que antes sejam determinadas as perdas aparentes. Para tal, a recomendação dos autores é no sentido de que se deve recorrer aos melhores métodos disponíveis para calcular as parcelas de uso não autorizado (furtos) e de erros de medição.

Evidentemente que o cálculo completo do balanço de águas sem qualquer nível de erro é muito difícil. Em especial a determinação das perdas aparentes, em cenários, como os que

ocorrem no Brasil, em que sequer os volumes consumidos são medidos, com grande parte sendo estimada. Assim, um outro método recomendado adota o monitoramento contínuo da vazão mínima noturna para determinar as perdas reais (ou físicas). A partir daí, tendo-se o volume de perdas totais, o balanço é completado com o cálculo das perdas aparentes (método *bottom up*). Alegre *et al.* (2000) informam que, mesmo empregando o primeiro método, é recomendável confrontar os resultados das perdas reais com aqueles calculados via monitoramento da vazão mínima noturna. Segundo Paracampos (2001 e 2002) esse tem sido o procedimento empregado pela SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo na avaliação das perdas na Região Metropolitana de São Paulo, conforme se vê no exemplo de cálculo da vazão mínima noturna mostrado na Figura 3.3.

Diversos trabalhos pesquisados reconhecem o monitoramento contínuo da vazão mínima noturna como a melhor ferramenta para quantificação das perdas reais. Lambert (1994) e Lambert e Bessey (1994) apresentam um vasto material teórico e prático sobre o assunto, não apenas conceituando o tema mas também oferecendo o roteiro básico para a avaliação da vazão mínima noturna.

Bessey e Lambert (1994) e Gonçalves (1998) também apresentam uma discussão sobre a interpretação da vazão mínima noturna e sua aplicação como referência do nível de perdas de uma determinada área em análise e como instrumento de orientação às equipes de manutenção, já que, a medida da vazão mínima noturna em uma área definida, de tamanho moderado, é uma eficiente referência para a detecção de vazamentos não comunicados, podendo orientar as atividades de locação e reparo de vazamentos. A análise global de todas as variáveis consideradas permite, inclusive, identificar vazamentos existentes na tubulação enterrada interna ao lote dos consumidores.

A vazão mínima noturna é a melhor medida do nível de perdas em uma zona específica. A ocorrência de alterações em áreas onde se tem o controle da vazão mínima noturna, é um forte indicativo de perdas. Além disso, vazões noturnas elevadas onde as perdas conhecidas são baixas, indicam que há vazamentos nas canalizações internas do consumidor. Ao contrário, vazões noturnas baixas e perdas elevadas podem indicar altos valores para os consumos não contabilizados ou para os erros nas medições dos volumes de entrada e de consumo. Nos locais onde há intermitência no abastecimento, quando falta água durante o dia, normalmente o abastecimento ocorre à noite, e, portanto, nesse caso, o consumo noturno não fornece dados confiáveis sobre perdas (Gonçalves e Koide, 1999).

ESTIMATIVA DAS PERDAS REAIS A PARTIR DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA		Entrada de Dados	Valores calculados	Valores Default		
<b>Unidade de Negócio:</b> Norte						
<b>Sistema de distribuição em estudo:</b> Vila Maria: Fabio Pavani, Amambay e Ararituaba. Romana						
<b>Planta Cadastral nº:</b>						
<b>Dados referentes ao ano de:</b>						
Extensão de Rede:		155,14	km			
Número de Ramais Residenciais:		18000				
Número de Ramais Não Residenciais:		715				
Número do Ramais - Total:		18715				
Densidade de Ramais:		120,6	por km de rede			
Fator de Condição da Infra-estrutura:		7,0				
Número de Economias Residenciais		22000	a	3,87		
Número de Economias Não Residenciais		4221				
Número de Economias - Total		26221				
<b>PERÍODO DO CÁLCULO</b>						
Medição dos consumos:		01/jan/01		31/dez/01		
Número de dias do período:		365				
Pressão Média Noturna:		12,5	mca			
Fator Noite-Dia Adotado:		28,8	horas/dia			
Pressão Média Anual:		15,0	mca			
Pressurizado por		100,0%	do período			
Pessoas/economia =		85140	População			
<b>RESUMO DOS COMPONENTES DA VAZÃO NOTURNA E FATOR NOITE-DIA</b>						
		Lim. Conf. de 95% como +/-%	Menor Estimativa	Maior Estimativa	Desvio Padrão	Desvio Padrão ao Quadrado
<b>Média Anual da Vazão Mínima Noturna:</b>	885	20,0%	708	1.062	90,31	8155
<b>Consumo Noturno Estimado:</b>	63	35,5%	40	85	11,35	129
<b>Consumo Noturno Residencial Excepcional (inclusive Favelas):</b>	69	50,0%	35	104	17,60	310
<b>Consumo Noturno Não Residencial Excepcional :</b>	138	50,0%	69	207	35,20	1239
<b>Vazamentos após hidrômetros:</b>	22	31,8%	15	29	3,57	13
<b>Taxa de Vazamentos Noturnos na Distribuição:</b>	593	32,8%	399	788	99,16	9833
<b>Pressão Média Noturna:</b>	12,5					
<b>Fator Noite-Dia Adotado:</b>	28,8	20,0%	23,0	34,6	2,94	
<b>Pressão Média Anual:</b>	15,0					
<b>Vazamentos Diários Estimados na Distribuição :</b>	17086	38,4%	10.528	23.644	3346	
<b>Como foi obtida a Vazão Noturna Média Anual?</b>	Estimativa de dados "representativos" de uma semana. Os dados precisam ser melhorados.					
<b>Como foi estimado o Consumo Noturno Médio Anual Excepcional dos Consumidores Residenciais, Favelas e Consum. Não Residenciais?</b>	Estimativa de dados. Os dados precisam ser melhorados.					
<b>Como foi obtido o Fator Noite-Dia?</b>	Estimativa de dados "representativos" de uma semana. Os dados precisam ser melhorados.					
<b>COMPONENTES DETALHADOS DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA</b>						
		Lim. Conf. de 95% como +/-%	Menor Estimativa	Maior Estimativa	Desvio Padrão	Desvio Padrão ao Quadrado
<b>Consumo Noturno Estimado em Economias Residenciais</b>	28,9	50,0%	14	43	7,4	54,5
<b>Consumo Noturno Estimado em Economias Não Residenciais</b>	33,8	50,0%	17	51	8,6	74,2
<b>Consumo Noturno Estimado</b>	62,7	35,5%	40	85	11,3	128,7
<b>Consumo Noturno Residencial Excepcional</b>	69,0	50,0%	35	104	17,6	309,8
<b>Consumo Noturno Não Residencial Excepcional</b>	138,0	50,0%	69	207	35,2	1239,3
<b>Consumo Noturno (Estimado e Excepcional)</b>	269,7	29,8%	189	350	41,0	1677,9
<b>Vazamentos nos encanamentos internos, Economias Residenciais,</b>	11,0	50,0%	6	17	2,8	7,9
<b>Vazamentos nos encanamentos internos, Economias Não Residenciais,</b>	8,4	50,0%	4	13	2,2	4,6
<b>Vazamentos em bóias de caixas-d'água</b>	1,4	50,0%	1	2	0,4	0,1
<b>Vazamentos nas tubulações internas, do hidrômetro à caixa d'água</b>	1,2	50,0%	1	2	0,3	0,1
<b>Vazamentos Noturnos</b>	22,0	31,8%	15	29	3,6	12,7
<b>Consumo Noturno (Consumo + Vazamento , após hidrômetro)</b>	291,7	27,5%	211	372	40,96	1677,99
<b>Vazamentos Inerentes na Rede</b>	2,7	50,0%	1	4	0,69	0,48
<b>Vazamentos Inerentes nas Ligações</b>	20,5	50,0%	10	31	5,22	27,27
<b>Vazamentos Inerentes no Sistema de Distribuição</b>	23,2	44,5%	13	34	5,27	27,75
<b>PARÂMETROS USADOS NOS CÁLCULOS</b>						
<b>Descrição dos Parâmetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Favard N1</b>	<b>Origem dos Dados</b>		
Consumo Noturno Residencial Estimado em % por população ativa	10,0%	%	0,00	testes BBL, 1997		
Consumo Noturno Residencial Estimado p/vol. de descargas de sanitários.	3,4	litros	0,00	testes BBL, 1997		
Consumo Noturno Estimado Não Residencial	8,0	litros p/Econ. Não Resid. p/hora	0,00	(*)		
Consumo Noturno Excepcional Residencial	0	litros p/Econ. Resid. p/hora	0,50	Hipótese		
Consumo Noturno Excepcional Não Residencial		litros/hora	0,50	A ser estimado		
Vazamentos Inerentes em tubulações internas Residenciais	0,5	litros/Econ. Resid./hora	0,00	(*)		
Vazamentos Inerentes em tubulações internas Não Residenciais	2,0	litros/Econ. Não Resid./hora	0,00			
Vazamentos Inerentes em tubulações internas até a caixa d'água	0,5	litros/ramal/hora	1,50	(*)		
% de caixas d'água com vazamentos em bóias	30	%		testes BBL, 1997		
Taxa Típica de Vazamento na bóia a 50m de pressão	0,5	litros/vaz. bóia/hora	0,50	A ser estimado		
Vazamentos Inerentes (IWA) nas Redes	1,25	litros/ramal/hora a 50mca	1,50	Aqua, dez 1999, Tabela 3		
Vazamentos Inerentes (IWA) nos ramais, redes até o hidrômetro	20	litros/km rede/hora a 50mca	1,50	Aqua, dez 1999, Tabela 3		

(\*) Relatório Managing Leakage E do Reino Unido

Figura 3.3. Planilha de cálculo estimativo das perdas reais a partir da vazão mínima noturna (Paracampos, 2002)

Em linhas gerais, a lógica da avaliação das perdas por intermédio da vazão mínima noturna consiste de:

- medição da vazão mínima noturna de determinada área;
- subtração dos consumos noturnos devidos aos usos residenciais e não residenciais (a vazão noturna remanescente corresponde aos vazamentos totais); e
- cálculo e subtração dos vazamentos inerentes – conceito BABE mostrado a seguir (a vazão noturna remanescente corresponde aos vazamentos não comunicados).

Por fim um outro método (Bessey e Lambert, 1994 e Lambert, 2002) refere-se à avaliação das perdas reais (ou físicas) a partir da determinação dos vazamentos inerentes e rompimentos. Trata-se do modelo conceitual BABE – *Background and Bursts Estimates* (Estimativa de Vazamentos Inerentes e Rompimentos), que possibilita o cálculo estimativo dos componentes individuais das perdas reais (ou físicas) anuais. O modelo identifica os parâmetros e processos que influenciam as perdas, considerando três tipos distintos:

- vazamentos inerentes (juntas e fissuras; não detectáveis) – vazões muito pequenas porém contínuas (geralmente  $< 0,25 \text{ m}^3/\text{h}$ );
- rompimentos e vazamentos comunicados (reclamações dos consumidores, notificação dos próprios funcionários do operador, etc.) – vazões elevadas mas geralmente de curta duração;
- rompimentos e vazamentos não comunicados (detectável por intermédio de pesquisas regulares de vazamentos) – vazões moderadas e duração que depende da intensidade do programa de controle de vazamentos.

Os vazamentos inerentes e rompimentos são influenciados por: (i) extensão da tubulação; (ii) número de ligações; (iii) pressão de operação da rede; (iv) frequência dos rompimentos; (v) situação e proporção dos rompimentos comunicados e não comunicados; e (vi) condições da infra-estrutura. Não há, a *priori*, uma padronização para diferenciar vazamentos e rompimentos, embora o modelo trabalhe com esses dois termos. Lambert (2002) esclarece que ao utilizador do modelo cabe compreender que o mesmo trata das perdas reais (ou físicas) de água, podendo adotar os termos com os quais se sinta mais confortável.

Dentre todos, um dos parâmetros mais importantes, com forte influência sobre as perdas, é a pressão de operação da rede. Como se sabe, a vazão que escoar através de um orifício de área “A” varia com a raiz quadrada da pressão “P” e com um coeficiente de descarga “Cd”:

$$Q = Cd \times A \times (2gP)^{0,5}$$

Segundo Lambert (1998) e Gonçalves (1998 e 2002), testes realizados no Reino Unido, Japão, Brasil e outros países, têm demonstrado que os vazamentos podem variar com a pressão em uma relação maior que a raiz quadrada. Isto se deve ao fato de que a área efetiva (Cd x A) dos orifícios onde ocorrem os vazamentos também pode variar com a pressão, em função principalmente do tipo de material empregado na canalização (o melhor exemplo são os tubos de PVC). Segundo os autores, essa teoria serviu de base para o modelo conceitual introduzido por May J., em 1994, denominado FAVAD – *Fixed and*

*Variable Area Discharge Paths* (Seção de Descarga Constante e Variável), por meio do qual a relação entre vazamento e pressão pode ser modelada pela equação:

$$\frac{L_1}{L_0} = \left[ \frac{P_1}{P_0} \right]^{N_1}$$

Onde  $L_0$  é o vazamento correspondente ao nível inicial de pressão  $P_0$  e  $L_1$  é o vazamento correspondente ao nível de pressão  $P_1$ . O coeficiente  $N_1$  que relaciona a pressão e o vazamento pode variar de 0,50 a 2,50.

Algumas ferramentas disponíveis no mercado utilizam-se desses modelos (BABE e FAVAD) e contribuem para avaliação das perdas, bem como para as análises pré e pós-implantação das ações de combate. Dentre elas pode-se destacar o *software* CELLORI que disponibiliza elementos para determinação da frequência econômica das pesquisas regulares de vazamentos, permitindo também identificar o nível de redução de pressão necessário para se obter os mesmos benefícios das pesquisas de vazamentos (Lambert, 1998 e Sarzedas *et al.*, 1999).

Outro *software* que convém destacar é o PRESSMAN, indicado para o gerenciamento de pressão da rede (Lambert, 1998). A sua aplicação permite modelar os efeitos da pressão sobre as perdas de água, além de quantificar os custos das ações para eventual redução da pressão e o período de retorno dos investimentos implementados.

Por fim, cabe destacar a importância da determinação do nível econômico eficiente das perdas. Como é de conhecimento do setor saneamento, esse nível não corresponde a perdas “zero”, pois a partir de determinado valor das perdas os investimentos necessários à sua redução deixam de ser viáveis economicamente. Tal situação ocorre quando o custo de redução das perdas supera o custo de ampliação da produção. A Figura 3.4 mostra um gráfico que ilustra uma situação em que ocorre o nível econômico eficiente das perdas.

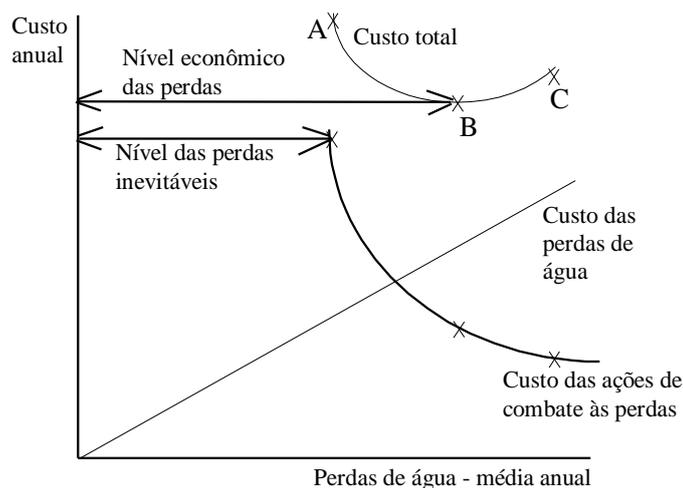


Figura 3.4. Nível econômico eficiente de uma política regular de redução de perdas (Lambert *et al.*, 1999, modificado)

### 3.1.5. Diagnóstico de perdas

A identificação e quantificação das perdas, assim como a construção de indicadores têm duas funções básicas: (i) orientar as ações de redução e controle; e (ii) comparar desempenhos, em unidades do próprio operador, ou entre diferentes operadores. Para ambas as funções é preponderante o pleno conhecimento do problema. Sabe-se que a maioria dos operadores utiliza valores estimados, alguns fundamentados em bases sólidas, mas outros em bases frágeis.

A elaboração de um diagnóstico de perdas objetiva o conhecimento de todos os fatores diretamente relacionados a elas: quantidades perdidas, causas e conseqüências, impacto sobre os custos e receitas operacionais, relação com a oferta e a demanda, custos para a redução e o controle, dentre outros. Conhecidos todos esses fatores o operador terá a visão clara do problema, com todos os elementos para a tomada de decisão, além de poder situar, com melhor precisão, o seu desempenho comparativamente a outros operadores.

Nos últimos anos foram desenvolvidos alguns diagnósticos de perdas em companhias estaduais de saneamento do Brasil, parte deles financiada pelo PMSS – Programa de Modernização do Setor Saneamento. Esses diagnósticos tiveram o mérito de sistematizar um roteiro lógico para o conhecimento do problema e a proposição de ações de combate, além de terem introduzido tecnologias inovadoras. Os trabalhos foram desenvolvidos por consórcios de empresas de consultoria, em todos os casos liderados pela empresa LYSA.

Segundo LYSA *et al.* (1995) a elaboração de um diagnóstico deve ter em conta os seguintes objetivos principais:

- determinação e hierarquização dos diversos tipos de perdas;
- determinação e hierarquização das diversas causas dos vários tipos de perdas identificados;
- determinação das possíveis correções das causas das perdas;
- análise custo/benefício das diversas ações corretivas das causas das perdas;
- estruturação do programa de redução de perdas; e
- estruturação das ações visando o controle das perdas (aspectos institucionais e organizacionais visando tornar o programa sustentável).

Ainda segundo os mesmos autores o diagnóstico pode ser dividido nas seguintes fases:

- fase I: corresponde ao diagnóstico da situação atual, feito com base na análise dos dados disponíveis, fornecidos pelo próprio operador, e na investigação de campo para atestar dados e verificar *in loco* a situação do sistema de abastecimento de água e das instalações administrativas e de apoio técnico;
- fase II: corresponde a um conjunto de ações desenvolvidas em uma área piloto, onde são feitas pesquisas de campo para identificação e avaliação das perdas, bem como implementadas ações de combate a elas, cujos resultados servem de base para a proposição de um plano global de ação para o operador;
- fase III: corresponde à proposição de um programa de ação de curto e médio prazos, com previsão de custos, estimativa dos benefícios e avaliação econômico-financeira.

São previstos, como resultado da fase I, o *diagnóstico preliminar das perdas* e o *diagnóstico operacional/organizacional* do sistema de abastecimento de água e do operador.

A primeira atividade deve ser uma espécie de reconhecimento do problema. Deve-se analisar e interpretar, a partir de informações e subsídios fornecidos pelo operador: (i) os sistemas de macro e micromedição implantados; (ii) os procedimentos da área comercial (leitura de consumo, consolidação de dados, faturamento, cadastro de consumidores, etc.); e (iii) o sistema de informações gerenciais (registro, coleta e tratamento de dados, incluindo controle dos volumes operacionais e das correções de vazamentos, etc.).

Em seguida são previstas atividades de investigação *in loco*, contemplando, no mínimo, as seguintes atividades: (i) coleta de informações; (ii) vistoria técnica do setor de manutenção de hidrômetros, incluindo, evidentemente, a oficina; (iii) vistoria da gerência comercial e

análise do sistema informatizado da área, para conhecimento do processamento das contas, cadastro de usuários, critérios de faturamento, etc.; (iv) caracterização da ocupação urbana em que se insere o sistema em análise, incluindo avaliação da demanda e da oferta de água; e (v) elaboração de *diagnóstico preliminar das perdas* com base na compilação e análise dos dados/informações obtidos nas atividades anteriores.

Após, ou em paralelo às atividades anteriores, deve-se proceder a uma avaliação da organização do sistema de abastecimento de água e do operador. Inicialmente são analisadas as informações fornecidas pelo operador, e a partir delas promove-se as seguintes avaliações: (i) da estrutura organizacional do operador, incluindo as áreas administrativa e operacional; (ii) do cadastro técnico das unidades componentes do sistema; (iii) da política de operação e manutenção; e (iv) das capacidades, especificações e estado de conservação geral das unidades do sistema. Para complementar essas avaliações, procede-se à investigação *in loco*, incluindo as seguintes atividades principais: (i) coleta de informações disponíveis; (ii) levantamento e análise da situação organizacional; (iii) análise das unidades que compõem o sistema; e (iv) elaboração do *diagnóstico operacional e organizacional*, feito com base nas avaliações anteriores.

A área piloto prevista na fase II deve apresentar as características necessárias ao desenvolvimento da metodologia de adequação do operador, no tocante à redução e controle das perdas. Pode ser um sistema completo de um operador que atua em vários sistemas, ou parte de um sistema maior, nesse caso coincidente com um ou mais setores de distribuição ou setores comerciais.

As atividades da área piloto devem abranger desde o processo de medição, investigação, análise e diagnóstico, até a implantação de ações de combate às perdas, cujos resultados servirão de base para a proposição do programa de ação global. Entre as atividades previstas para desenvolvimento na área piloto incluem-se: (i) adequação da macromedição; (ii) compilação e ordenamento dos dados de micromedição; (iii) pesquisa das ligações típicas; (iv) pesquisa de vazamentos visíveis e invisíveis; (v) pesquisa da influência do nível de hidrometração; (vi) pesquisa de hidrômetros instalados; (vii) análises complementares; e (viii) plano de ação para combate às perdas na área piloto.

Além dessas, embora não citada pelos autores, convém destacar a importância da preparação dos cadastros técnicos e comerciais como atividade estratégica de “pré-capacitação” ao controle de perdas.

Os resultados das investigações de campo servirão de subsídios estatísticos para a extrapolação dos mesmos, orientando a revisão do diagnóstico preliminar das perdas, elaborado na fase anterior. Da mesma forma, os resultados das ações de combate às perdas deverão comprovar, ou não, a eficiência das ações propostas, e servirão de base para a criação do programa de ações de curto e médio prazos, inclusive fornecendo subsídios para a previsão de custos e análise de benefícios.

O programa de ação de curto e médio prazos, objeto da fase III, corresponde à elaboração de um plano de ações para combate às perdas, normalmente coincidente com as ações da área piloto, porém com a abrangência de todo o sistema em análise. Assim sendo, as ações propostas normalmente se concentram em: (i) melhoria da macro e micromedição; (ii) setorização e melhoria operacional; (iii) melhoria ou implantação de sistema de telemetria; (iv) pesquisa das ligações típicas; (v) pesquisa de vazamentos visíveis e invisíveis; (vi) melhorias no sistema comercial; (vi) revisões na estrutura organizacional; (vii) implementação de um sistema de informações gerenciais para controle de perdas; e (viii) análises complementares.

As Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam os resultados de dois diagnósticos de sistemas operados por diferentes prestadores de serviços, nos quais as perdas aparecem desagregadas por tipo, na forma como definidas nesses diagnósticos. Os resultados mostram a diversidade de tipos de perdas e orientam a formulação mais precisa das ações de combate, contribuindo para a quantificação dos benefícios e a hierarquização do plano de ações.

Tabela 3.1. Perdas na Região Metropolitana de Salvador (LYSA *et al.*, 1999, modificado)

<b>Tipo de Perda</b>	<b>Valor (em %)</b>
Desperdício em consumidores não medidos	11,0
Vazamentos na distribuição: não visíveis	23,0
Vazamentos na distribuição: visíveis	2,0
<b>Perdas físicas (em relação ao volume produzido)</b>	<b>36,0</b>
<b>Perdas físicas (em relação às perdas totais)</b>	<b>67,0</b>
Perdas por ligações não cadastradas	3,0
Perdas por ligações ativas não medidas	3,0
Perdas por ligações inativas reativadas	1,2
Perdas por ligações típicas ativas medidas	1,2
Perdas em grandes consumidores	3,2
Perdas outras (favelas, macromedição, serviços)	6,4
<b>Perdas não físicas (em relação ao volume produzido)</b>	<b>18,0</b>
<b>Perdas não físicas (em relação às perdas totais)</b>	<b>33,0</b>
<b>Perdas totais (em relação ao volume produzido)</b>	<b>54,0</b>

Tabela 3.2. Perdas na Região Metropolitana de Florianópolis (LYSA *et al.*, 1998, modificado)

<b>Tipo de Perda</b>	<b>Valor (em %)</b>
Perdas na ETA	7,7
Vazamentos na distribuição: não visíveis	5,8
Vazamentos na distribuição: visíveis	0,6
<b>Perdas físicas (em relação ao volume produzido)</b>	<b>14,1</b>
<b>Perdas físicas (em relação às perdas totais)</b>	<b>39,0</b>
Perdas pela não hidrometração	5,2
Perdas em zonas de baixa renda	0,8
Perdas por ligações clandestinas	3,5
Perdas por ligações reativadas	1,2
Perdas por fraudes outras	0,6
Perdas em grandes consumidores	3,2
Perdas por hidrômetros inclinados	2,1
Perdas por hidrômetros parados	1,5
Perdas por classe de hidrômetro e caixas d'água	3,9
<b>Perdas não físicas (em relação ao volume produzido)</b>	<b>22,0</b>
<b>Perdas não físicas (em relação às perdas totais)</b>	<b>61,0</b>
<b>Perdas totais (em relação ao volume produzido)</b>	<b>36,1</b>

Observa-se que, embora os diagnósticos tenham sido conduzidos por consórcios com a mesma empresa líder, ainda assim a tipologia adotada em cada diagnóstico é diferente, quando, em tese, esperava-se uma tipologia padronizada. O principal motivo que pode ter contribuído para essa situação é a existência de distintos padrões de desagregação das perdas, vigentes entre os técnicos de cada um dos operadores, os quais foram considerados como parte da cultura técnica existente, em que não seria prudente uma alteração.

Chama a atenção também, a grande diferença entre os percentuais de perdas físicas e não físicas, relativos às perdas totais. Enquanto na Região Metropolitana de Salvador as perdas físicas corresponderam a 67% do total e as não físicas a 33%, na Região Metropolitana de Florianópolis esses percentuais foram de 39% e 61%, respectivamente. O principal motivo dessa diferença pode ser atribuído à inclusão dos desperdícios em consumidores não medidos nos volumes de perdas físicas da Região Metropolitana de Salvador. Conforme já comentado no subitem 3.1.3, esse procedimento pode não estar correto. Na hipótese de tais volumes serem considerados no grupo das perdas não físicas, a desagregação seria de 46% para as perdas físicas e 54% para as não físicas, resultado esse mais consistente com o que se verificou na Região Metropolitana de Florianópolis.

## **3.2. INDICADORES DE PERDAS**

Os indicadores de perdas constituem-se em um dos objetos principais da presente dissertação. A abordagem sobre o tema está organizada nesta parte do capítulo em diversos subitens, a saber: conceitos e usos potenciais dos indicadores de desempenho; problemas com os indicadores de perdas expressos em percentual; fatores locais que limitam o gerenciamento de perdas; indicadores propostos nos estudos pesquisados; índice de vazamentos da infra-estrutura; e influência das caixas d'água domiciliares nas águas não faturadas.

### **3.2.1. Conceitos e usos potenciais dos indicadores de desempenho**

Segundo Magalhães Júnior (2000) os indicadores são elementos que sinalizam, comunicam, demonstram, indicam e informam sobre uma questão qualquer. Nesse sentido, os indicadores têm várias características definidoras: quantificam a informação, tornando seu significado mais aparente; simplificam a informação para facilitar a comunicação; são descritivos, não explicativos; representam um modelo empírico da realidade, não a realidade em si. Um indicador deve, ainda, facilitar a comparação.

Os indicadores compõem-se de dois grupos: indicadores individuais, nos quais muitos dados são considerados independentemente; e índices agregados, nos quais um dado engloba várias informações, que podem estar representadas por algum indicador individual. A construção dos índices implica na ponderação dos diversos indicadores que os compõem, envolvendo algum juízo de valor (subjetividade).

Na avaliação de desempenho, um indicador representa uma medida quantitativa de algum aspecto particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço. É um instrumento de apoio ao monitoramento da eficiência e da eficácia, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva (Alegre *et al.*, 2000).

Assim, os indicadores de desempenho devem, dentre outros requisitos, estar claramente definidos; ser representativos dos aspectos que se busca avaliar e ser verificáveis. Bessey e Lambert (1994) citam que os indicadores devem permitir a comparação das perdas em bases equitativas.

A importância dos indicadores está associada aos interesses dos diversos atores no âmbito do abastecimento de água, com vantagens e aplicações distintas. Alegre *et al.* (2000)

identificam alguns usos potenciais dos indicadores de desempenho relacionados a grupos de entidades com funções importantes no contexto da avaliação dos serviços de abastecimento de água, dentre os quais destacam-se os usos a seguir.

No âmbito dos operadores, a possibilidade de identificar os pontos fortes e fracos de seus diversos setores e das unidades dos sistemas, fornecendo elementos importantes para a tomada de decisões e o monitoramento das ações. Os indicadores servem ainda às rotinas de *benchmarking*, seja nas unidades internas das entidades ou no âmbito externo, permitindo a comparação com entidades semelhantes.

Na administração nacional e regional fornece um quadro de referência comum para os operadores e serve de apoio à formulação de políticas para o setor, incluindo o desenvolvimento de programas de investimentos e instrumentos reguladores, os quais contribuem para a salvaguarda dos interesses dos consumidores, num serviço que é essencialmente de monopólio.

O adequado cumprimento dos usos potenciais dos indicadores tem uma dependência expressiva da qualidade das informações adotadas no cálculo dos indicadores, sobretudo quando se trata do *benchmarking* (comparação de desempenho). Segundo Silva *et al.* (1998) há consenso entre todas as abordagens relativas a indicadores de desempenho, que tão importante quanto o correto enunciado conceitual do indicador, é a confiabilidade da informação primária que lhe dá origem. Nesses termos, destacam os autores, a capacidade de coleta das informações deve corresponder ao nível de precisão necessário.

De outro lado, Bessey e Lambert (1994) ressaltam a inevitável existência de uma certa faixa de erros nos dados que compõem o balanço de águas, variável em função da qualidade dos equipamentos e de suas instalações, bem como da tecnologia empregada. Assim, é de fundamental importância que haja o máximo controle possível, não apenas quantitativo mas também qualitativo das informações primárias, de modo que a avaliação de desempenho esteja associada não só aos resultados dos indicadores mas também ao nível de confiança das informações. Nos subitens 3.3, 4.2, 6 e 7.2 desta dissertação é tratado o tema da confiabilidade dos dados.

### **3.2.2. Problemas com os indicadores de perdas expressos em percentual**

Especificamente em relação aos indicadores de perdas, uma primeira constatação que se verifica nos estudos pesquisados – de forma unânime –, é que os indicadores de perdas

expressos em percentual, ou seja, que se utilizam apenas de relações entre volumes, não são os mais apropriados para a avaliação de perdas. Bessey e Lambert (1994) afirmam que, mais do que impróprios, esses indicadores não são recomendáveis, embora os reconheçam como de mais fácil utilização. AESBE e ASSEMAE (1998) consideram como ideal a utilização de indicadores percentuais e físicos, combinados, como forma de se fazer uma melhor avaliação de desempenho. Essa lógica converge com a do estudo da AGHTM (1990) que considera a utilização de diversos indicadores complementares, descartando o uso de um indicador isolado como suficiente para a análise de desempenho.

Silva *et al.* (1998) afirmam que “o principal questionamento com os percentuais deve-se ao fato de que estes conferem uma aparência de homogeneidade a serviços que trabalham sob condições operacionais muito diferentes”. Esses indicadores podem resultar em um ordenamento dos sistemas, em termos da maior para a menor perda, não condizente com a realidade dos serviços, conforme demonstrado nas Figuras 3.5 a 3.7.

A maioria dos estudos propõe, alternativamente ou complementarmente aos indicadores em percentual, a utilização dos chamados fatores de escala, que relacionam volumes perdidos de água com a extensão da rede de distribuição e com a quantidade de economias ou de ligações de água, na unidade de tempo, ou seja,  $m^3/km$  de rede/dia,  $m^3/economia/dia$  ou  $m^3/ligação/dia$  (pode-se adotar outras unidades de tempo, de acordo com o objetivo da análise).

Como exemplo da comparação entre diferentes indicadores de perdas, Silva *et al.* (1998) utilizaram indicadores em percentuais e dois fatores de escala, e elaboraram três gráficos com dados do SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, relativos ao ano de 1995, os quais são reproduzidos a seguir nas Figuras 3.5 a 3.7.

Observa-se que, na comparação dos dois últimos gráficos, onde são tratados os volumes por extensão de rede e por economia de água, a posição dos serviços varia não mais que um degrau na escala de ordenação, enquanto que, ao se comparar com o primeiro gráfico – perdas em percentual –, a variação de posições é maior. Essa constatação indica que a representação das perdas por meio de indicadores que considerem um maior número de variáveis tende a mostrar com mais precisão a realidade.

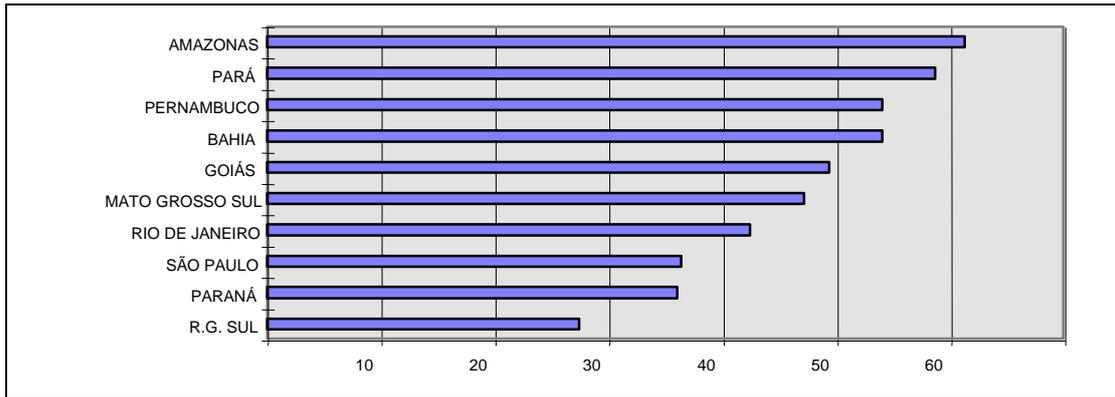


Figura 3.5. Volume não faturado sobre volume produzido (percentual) - dados de 1995 (Silva *et al.*, 1998)

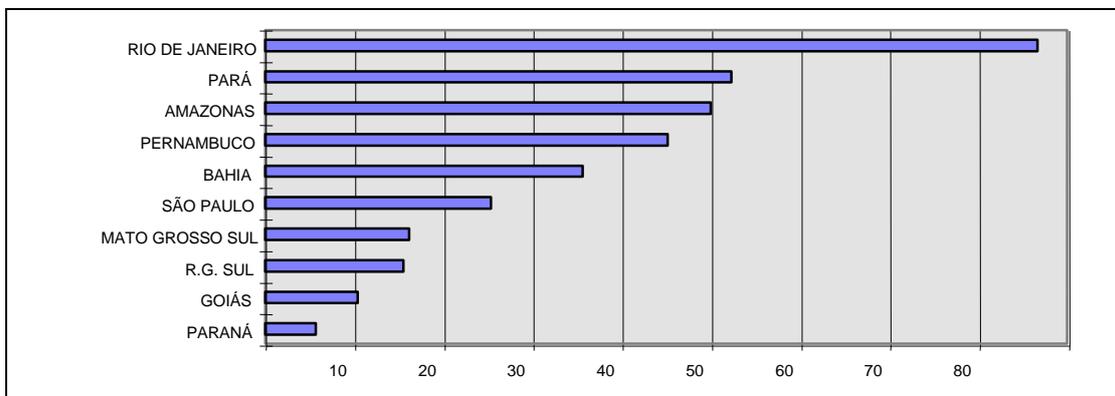


Figura 3.6. Possível perda física por extensão de rede (m<sup>3</sup>/km/dia) - dados de 1995 (Silva *et al.*, 1998)

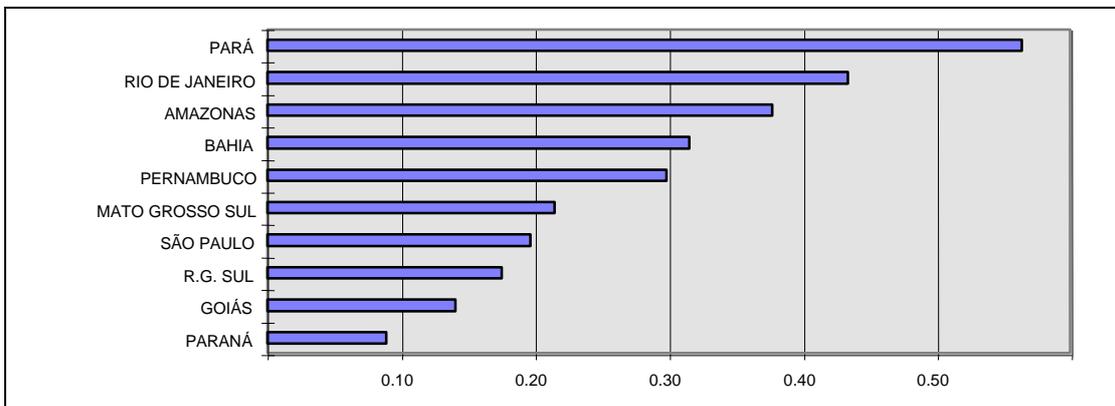


Figura 3.7. Possível perda física por economia (m<sup>3</sup>/economia/dia) - dados de 1995 (Silva *et al.*, 1998)

Lambert (1998) em uma análise sobre as formas mais apropriadas para se fazer comparações de desempenho fez os seguintes comentários: (i) todos os cálculos devem relatar, inicialmente, as perdas físicas como volume/ano; (ii) a mais imprópria forma de se comparar o desempenho técnico é a perda como um percentual do volume anual; (iii) essa forma foi rejeitada pelos comitês técnicos na Grã Bretanha, Alemanha, EUA e África do Sul,

porque é fortemente influenciada pelo consumo; e (iv) trata-se de uma forma contrária aos interesses do gerenciamento da demanda, uma vez que, quanto maior o consumo, menor é a perda em percentual. A Tabela 3.3 apresenta um exemplo hipotético mostrando que é possível haver perdas percentuais bastante diferentes, mesmo num cenário em que os volumes perdidos sejam absolutamente iguais. E ainda, que as perdas em percentual podem reduzir-se na medida em que se aumenta o consumo.

Tabela 3.3. Exemplo hipotético de perdas em percentual comparadas a perdas em volume/dia (Lambert, 1998, modificado)

Situação típica do país	Consumo de água <i>per capita</i>	Água consumida por uma população de 250.000 hab.	Perdas na distribuição p/ 1.000km de redes a 10 m <sup>3</sup> /dia	Água produzida (consumo + perdas)	Perdas como % do volume global
	litros/hab.dia	m <sup>3</sup> /dia	m <sup>3</sup> /dia	m <sup>3</sup> /dia	%
Distrito Africano	25	6.200	10.000	16.200	62
Jordânia	50	12.500	10.000	22.500	44
Ramallah, Palestina	100	25.000	10.000	35.000	27
Grã Bretanha e Alemanha	150	37.500	10.000	47.500	21
Espanha	200	50.000	10.000	60.000	17
Itália	250	62.500	10.000	72.500	14
Japão	300	75.000	10.000	85.000	12
EUA	400	100.000	10.000	110.000	9

O gráfico da Figura 3.8, construído com dados pesquisados em sistemas de diversos países, ilustra a influência do consumo nos indicadores de perdas reais em percentual.

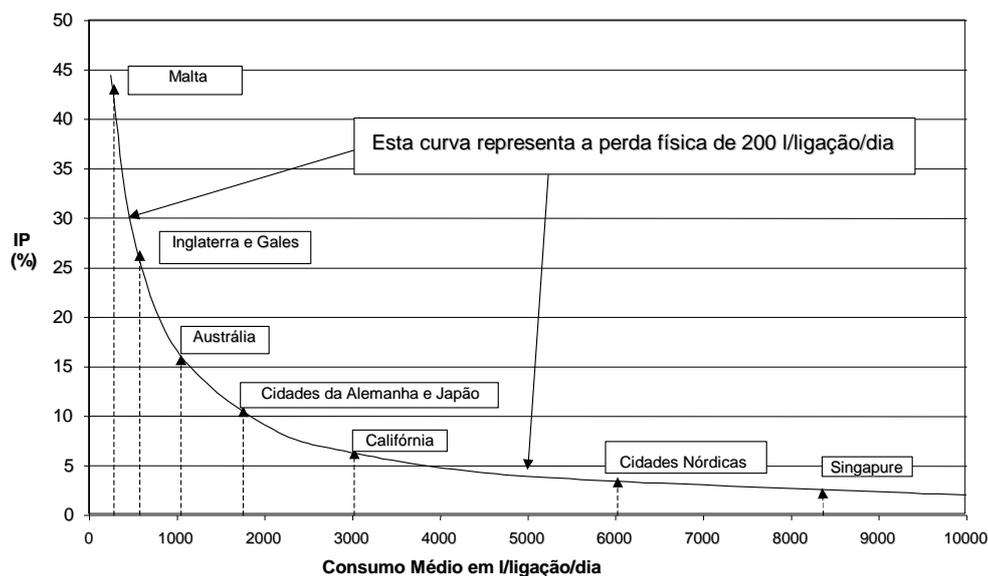


Figura 3.8. Influência do consumo no indicador de perdas reais expresso como percentual do volume de entrada no sistema (Lambert, 2001)

### **3.2.3. Fatores locais que limitam o gerenciamento de perdas**

A constatação de que os indicadores em percentual são inadequados e a importância de indicadores que permitam a comparação de desempenho, em bases eqüitativas, aumentou o interesse por novos estudos sobre o tema. Lambert *et al.*, (1999 e 2000) ressaltam que a característica básica para a escolha dos indicadores deve ser a que dá sustentação técnica a comparações racionais. Segundo os autores, o próprio volume anual de perdas já se constitui em um importante indicador da eficiência da distribuição. No entanto, existem fatores locais que afetam essa eficiência e limitam o gerenciamento das perdas. Nesse caso, torna-se necessário definir critérios para a aplicação de indicadores que possibilitem a comparação de desempenho levando em conta esses fatores, que são diferentes de sistema para sistema.

Os fatores que limitam o gerenciamento das perdas, segundo os autores, são: continuidade do abastecimento, extensão da rede, quantidade de ligações, localização dos hidrômetros e pressão média de operação da rede. A frequência de rompimentos – influenciada diretamente pelas características do solo – não é considerada, no entendimento de que a escolha correta do material e o adequado assentamento das canalizações, além de um moderno sistema de controle de vazamentos, reduzem a sua influência.

A continuidade do abastecimento tem efeito significativo sobre as perdas, sendo conveniente que o cálculo dos volumes refira-se ao período de tempo em que os sistemas estiveram pressurizados. O mesmo raciocínio é válido para a determinação da pressão média de operação da rede.

Lambert *et al.* (1999 e 2000) apontam os indicadores tradicionais mais utilizados em todo o mundo – válidos para perdas reais (ou físicas) – e apresentam quais fatores locais estão ou não neles contemplados, demonstrando assim as fragilidades e limitações de cada um (ver Tabela 3.4). Quando o resultado do indicador é representativo dos efeitos do fator local sobre as perdas, a célula foi assinalada com “sim”. Caso contrário, foi registrado “não”. E, em uma terceira condição, foi considerado “possível” no caso em que há algum nível de representatividade, embora sujeito à confirmação.

Tabela 3.4. Indicadores de perdas tradicionais e sua relação com os fatores chaves locais (Lambert *et al.*, 1999 e 2000, modificado)

Indicador	Continuidade do abastecimento	Extensão da rede	Quantidade de ligações	Localização do hidrômetro	Pressão média de operação
% do volume de entrada	Não	Não	Não	Não	Não
Volume perdido por economia (l/econ/dia)	Não	Não	(1)	Não	Não
Volume perdido por ligação (l/ligaç/dia)	Não	Não	Sim	Não	Não
Volume perdido por extensão de rede (m <sup>3</sup> /km rede/dia)	Não	Sim	Não	Não	Não
Volume perdido por extensão da distribuição (l/km sistema/dia) (2)	Não	Sim	Possível	Sim	Não

(1) Somente se a relação economias por ligação for igual a 1.

(2) Extensão da distribuição corresponde à soma das extensões de rede e de ramais prediais.

### 3.2.4. Indicadores propostos nos estudos pesquisados

Vários estudos pesquisados apresentam propostas de indicadores de perdas, com respectivos balanços de águas, definições de dados e fórmulas de cálculo. Embora identificadas nesta fase da dissertação – revisão bibliográfica – elas são discutidas no capítulo 5 (indicadores de perdas) e apresentadas no Apêndice C. As propostas pertencem aos seguintes estudos pesquisados: AESBE e ASSEMAE (1998); Silva *et al.* (1998); PMSS (2001); Alegre *et al.* (2000); AGHTM (1990); e Bessey e Lambert (1994). No presente subitem são apresentadas algumas abordagens conceituais sobre os indicadores.

Além da utilização dos fatores de escala, Bessey e Lambert (1994) recomendam que se leve em conta a influência da pressão média de operação, que pode ser utilizada em indicadores mais simples, relacionando volume, extensão de rede e pressão; ou indicadores mais complexos, relacionando volume, extensão de rede e quantidade de vazamentos da rede, comunicados ou não.

Os indicadores de desempenho propostos por Alegre *et al.* (2000) estão distribuídos em três níveis, sendo que os indicadores de perdas enquadram-se em dois deles (ver Tabela 3.5). As características básicas dos níveis propostos são as seguintes:

- Nível 1: fornece uma síntese da eficiência e da eficácia do operador;
- 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 do operador.

Tabela 3.5. Indicadores recomendados pela IWA, com algumas de suas características (Alegre *et al.*, 2000, modificado)

Indicador	Nível	Grupo	Unidades recomendadas
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 infraestrutura	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.

Em relação aos fatores de escala, inicialmente havia o entendimento generalizado de que a quantidade de economias seria um fator apropriado, no entanto, estudos mais recentes consideram como mais apropriado o uso da quantidade de ligações, pois estas, em função das características locais dos sistemas, podem atender a uma ou mais economias (Thornton, 2001).

Em relação ao uso da extensão de rede como fator de escala, os estudos apontam diferenças entre alguns países. Por exemplo, na Alemanha recomenda-se o uso da extensão de rede sem os ramais prediais, enquanto na França prefere-se o uso da extensão de todo o sistema de distribuição, incluindo os ramais prediais.

Por outro lado, Lambert *et al.* (1999) constatam que os indicadores expressos em volume por ligação são mais consistentes do que os expressos em volume por extensão de rede. Utilizando-se de dados pesquisados em diversos sistemas, os autores construíram os gráficos das Figuras 3.9 e 3.10, em que relacionam os volumes de perdas reais com a densidade de ligações. Os autores incluíram a pressão média de operação da rede no cálculo dos indicadores, como forma de torná-los mais representativos das condições locais de operação.

Observa-se no segundo gráfico, no qual as perdas estão associadas à extensão de rede, que há uma maior variação do indicador para pequenas variações na densidade de ligações, ao contrário do que ocorre no primeiro – perdas associadas à quantidade de ligações – em que os indicadores são mais estáveis. Em função dos resultados obtidos os autores recomendam a utilização do indicador que associa volume de perdas à quantidade de ligações sempre que a densidade for superior a 20 ligações/km de rede.

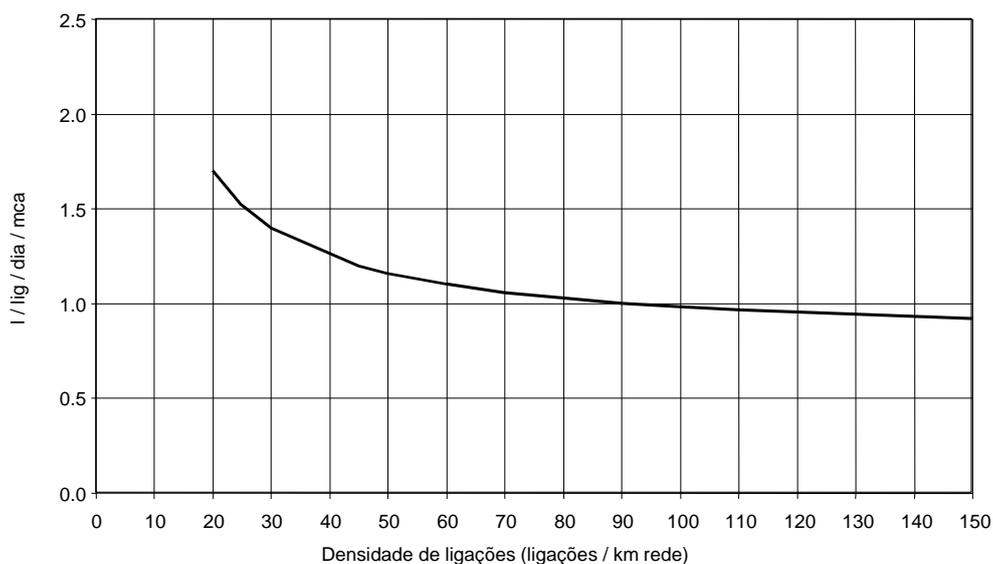


Figura 3.9. Variação das perdas reais em I / ligação / dia / mca com a densidade de ligações (Lambert *et al.*, 1999, modificado)

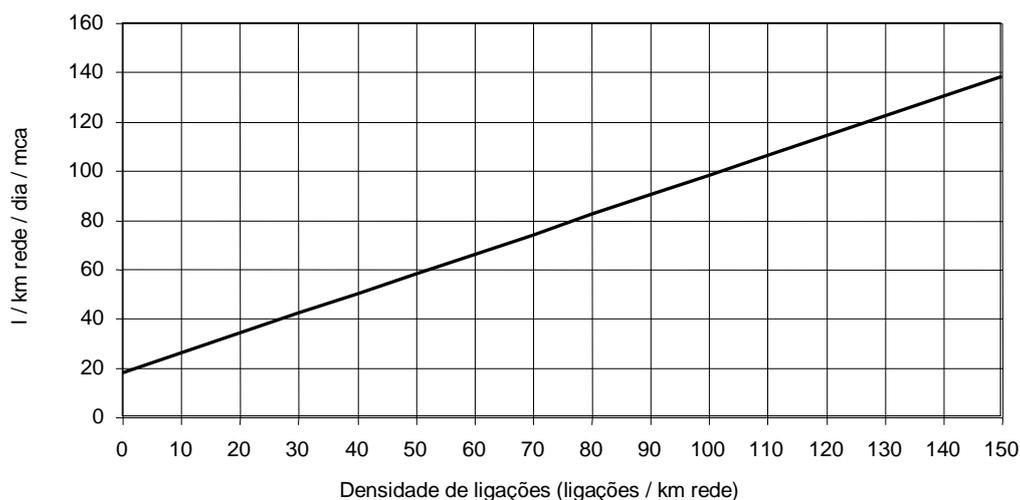


Figura 3.10. Variação das perdas reais em I / km rede / dia / mca com a densidade de ligações (Lambert *et al.*, 1999, modificado)

Como, no Brasil e no mundo, a maioria dos sistemas possui densidade superior a 20 ligações / km de rede, o indicador mais apropriado é aquele que associa as perdas reais à quantidade de ligações (com o sistema pressurizado).

Silva *et al.* (1998) apresentam proposta de indicadores que em grande parte converge para as proposições dos seguintes estudos: AESBE e ASSEMAE (1998); PMSS (2001) e AGHTM (1990). Os indicadores são enquadrados em níveis básico, intermediário e avançado, classificados segundo uma escala provável de dificuldades técnicas para a

obtenção dos dados que os compõem (há uma convergência para os níveis propostos no trabalho de Alegre *et al.*, 2000). Os indicadores do nível intermediário basicamente se referem ao aproveitamento de água bruta e à eficiência das estações de tratamento. São, portanto, indicadores de desempenho hídrico do sistema. Os indicadores avançados são aqueles nos quais se incluem os volumes de perdas físicas (ou reais) e não físicas (ou aparentes), além da pressão média de operação da rede. Os autores consideram que, no Brasil, a desagregação das perdas somente será alcançada num estágio operacional avançado dos sistemas.

Em relação ao nível básico, são propostos quatro indicadores que convergem com a maioria dos estudos pesquisados, quais sejam:

- índice de perdas de faturamento (ou águas não faturadas): relação entre volume faturado e produzido, medida em percentual;
- índice de perdas na distribuição (ou águas não contabilizadas): relação entre volume consumido e produzido, medida em percentual;
- índice linear bruto de perdas: corresponde às perdas na distribuição por km de rede (o termo “bruto” foi empregado com o objetivo de diferenciar do indicador que utiliza extensão total de rede, incluindo os ramais prediais); e
- índice de perdas por ligação: corresponde às perdas na distribuição por ligação de água.

### **3.2.5. Índice de vazamentos da infra-estrutura**

A maior inovação em termos de indicadores de perdas é proposta por Lambert *et al.* (1999 e 2000). Trata-se do indicador denominado Índice de Vazamentos da Infra-estrutura – IVI (em inglês: *Infrastructure Leakage Index – ILI*). O conceito empregado reconhece que é impossível eliminar todas as perdas reais (ou físicas) de um sistema de distribuição, mesmo em sistemas com ótimo gerenciamento de perdas. Assim, os autores estabelecem as Perdas Reais Anuais Inevitáveis – PRAI (em inglês: *Unavoidable Annual Real Losses - UARL*), que correspondem à melhor estimativa do valor mínimo tecnicamente atingível.

Dados pesquisados internacionalmente, em sistemas com ótimo gerenciamento de perdas, associados aos fatores locais com influência sobre as perdas reais (ou físicas), permitiu a quantificação de parâmetros para cada elemento de cálculo das perdas reais (definidos no modelo conceitual BABE) possibilitando a determinação de uma equação para as PRAI. Os fatores locais considerados foram: a extensão da rede; a quantidade de ligações; a extensão média dos ramais, após a divisa do lote; e a pressão média de operação da rede. Os

elementos de cálculo das perdas reais foram: os vazamentos inerentes; os rompimentos e vazamentos comunicados; e os rompimentos e vazamentos não comunicados.

O IVI corresponde à relação entre as perdas reais anuais correntes e as PRAI. Trata-se de um índice adimensional que representa as condições de gerenciamento de toda a infraestrutura, em uma determinada pressão de operação da rede. Valores de IVI próximos de 1 correspondem a um bom gerenciamento da infra-estrutura, e à medida que o índice se afasta de 1, representa uma situação de gerenciamento em piores condições. Os autores acreditam que, por suas características, esse índice nivela todos os fatores que interferem nas perdas reais e possibilita a efetiva comparação de desempenho entre sistemas e operadores.

A Figura 3.11 ilustra o modelo conceitual adotado, onde o retângulo maior representa as perdas reais anuais correntes e o menor as perdas reais anuais inevitáveis. As setas representam as ações de controle das perdas e indicam o sentido em que as mesmas atuam sobre as perdas. A equação de cálculo das PRAI pode ser vista no Apêndice C.

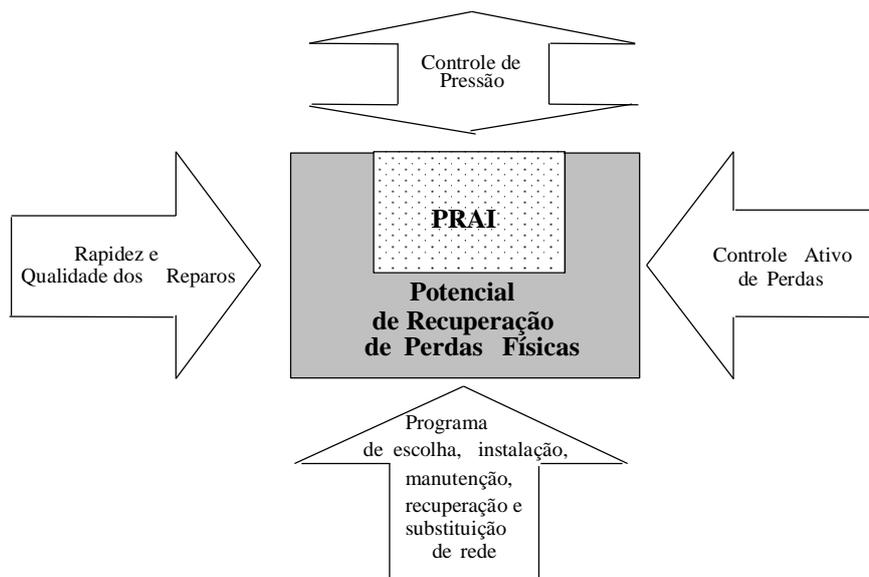


Figura 3.11. Representação do modelo conceitual do índice de vazamentos da infraestrutura (Lambert *et al.*, 1999 e 2000)

### **3.2.6. Influência das caixas d'água domiciliares nas águas não faturadas**

Lambert (2001) alerta para a avaliação das perdas aparentes nos casos em que grande quantidade de consumidores utilizam reservatórios domiciliares. Nesses casos a submedição dos hidrômetros aumenta devido à tendência de grande parte do consumo passar pelo hidrômetro com vazões menores que a mínima especificada para o medidor.

Isto ocorre em determinados períodos do dia (às vezes longos) quando as válvulas controladoras de nível – bóias – estão próximas do fechamento. Esta é a situação do Brasil, onde a quase totalidade dos consumidores utilizam reservatórios em seus domicílios, seja por uma questão cultural ou por força das normas de projetos das instalações hidráulico-prediais. Gonçalves (2002) relata que estudos realizados no Brasil e em outros países comprovam uma submedição nunca inferior a 10%.

Em função disso, os sistemas com predominância de caixas d'água nos domicílios apresentam perdas aparentes muito superiores aos sistemas onde o abastecimento é feito diretamente pela rede. Assim, uma comparação das perdas aparentes e das águas não faturadas entre países que utilizam caixas d'água e aqueles onde o abastecimento é direto, não é apropriada. A Figura 3.12 mostra um gráfico que ilustra essa situação, usando dados de sistemas totalmente medidos de diversos países e adotando perdas aparentes mais consumos autorizados não faturados como um percentual do consumo medido. Observa-se, segundo Lambert (2001), que os quatro sistemas onde ocorrem as maiores perdas são exatamente aqueles em que o abastecimento é feito de forma indireta, via caixas d'água.

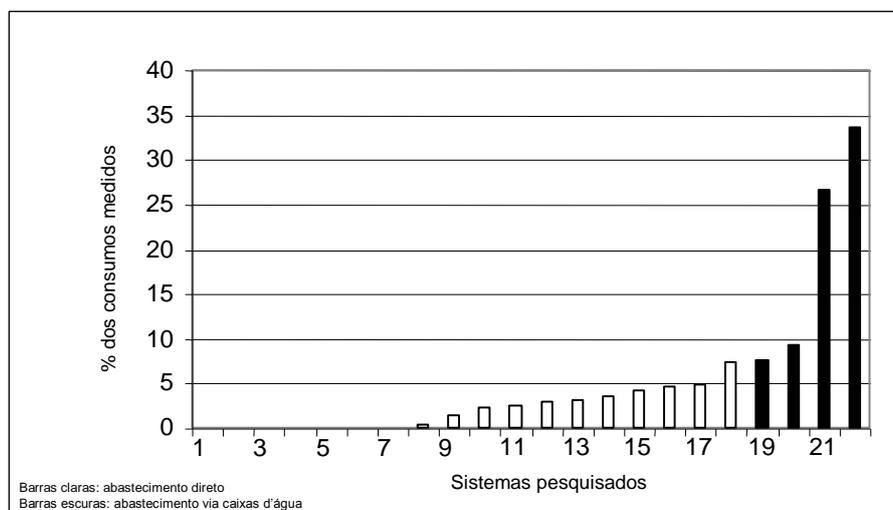


Figura 3.12. Perdas aparentes mais consumos autorizados não faturados como um percentual dos consumos medidos (Lambert, 2001, modificado)

Percebe-se que sete sistemas não apresentaram perdas aparentes mais consumos autorizados não faturados. São sistemas localizados no Norte da Europa, onde além do abastecimento ser direto, os medidores podem estar sobre-medindo, devido ao tempo de funcionamento já avançado.

Em que pese as constatações apresentadas, cabe comentar que outras causas podem ter contribuído para os valores mais elevados das perdas aparentes nos quatro sistemas com

abastecimento via caixa d'água. Também é importante ressaltar que essa situação, por si só, não é suficiente para que se proponha a não utilização de caixas d'água domiciliares, sobretudo no Brasil, onde é de conhecimento geral a existência de grande quantidade de sistemas com intermitência no abastecimento. Há ainda implicações de ordem econômico-financeira em relação à rede de distribuição, uma vez que o uso de caixas d'água evita a adoção do coeficiente de reforço – K3 – no dimensionamento das canalizações, implicando na redução dos diâmetros.

### **3.3. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE**

A proposição dos melhores enunciados e fórmulas de cálculo dos indicadores só se tornam relevantes caso as medições e estimações de dados (principalmente volumes) utilizados na avaliação das perdas decorram de processos sobre os quais se exerça efetivo controle. Não sendo assim, todo o esforço para a uniformidade dos indicadores não será suficiente para uma comparação eqüitativa de desempenho, nem tampouco para a correta formulação do plano de ações de combate às perdas.

As dificuldades enfrentadas pelos operadores, que normalmente não possuem sistemas de micro e macromedição completos, nem tampouco que sejam adequadamente calibrados e com manutenção regular, assim como a própria tecnologia dos equipamentos, provocam erros nas medições. De outro lado, a falta de uma base de dados fundamentada e de critérios padronizados para as extrapolações fazem com que os dados estimados também contenham erros de avaliação.

Como ferramenta de avaliação da credibilidade dos dados os estudos pesquisados utilizam a análise de confiabilidade. Ressalte-se, no entanto, que nesses estudos – a seguir apresentados –, o termo confiabilidade não é empregado no conceito estatístico tradicional, mas sim no simples sentido de avaliar se o dado é ou não confiável. Ou seja, a análise de confiabilidade tal como proposta refere-se somente a uma avaliação dos níveis de confiança ou de credibilidade.

Bessey e Lambert (1994) apresentam uma discussão sobre os erros dos volumes de perdas calculados segundo o balanço de águas. Cada componente do balanço possui uma margem de erro, que, quando acumulada, pode corresponder a um valor significativo. O grau de confiança está diretamente relacionado aos erros e à confiabilidade dos dados. Essa, por sua vez, está associada à qualidade dos registros e à adequação dos procedimentos e métodos de cálculo.

Para avaliar a credibilidade dos dados os autores propõem uma grade de confiança, combinando fatores de confiabilidade e intervalos de exatidão dos dados. A variação da confiabilidade é identificada por letras que vão de “A” a “D”. Os autores não apresentam parâmetros de enquadramento da confiabilidade em cada um dos patamares propostos, mas afirmam que esses fatores indicam até que ponto os dados são baseados em registros saudáveis e procedimentos corretamente documentados, bem como se os mesmos baseiam-se em amostras parciais ou completas.

De outro lado a exatidão enquadra-se em intervalos de 1 a 6, para os quais os autores propõem os seguintes valores (a denominação “melhor que” ao invés de “menor que” decorre do fato de a exatidão ser um conceito qualitativo e não quantitativo):

1. melhor que ou igual a  $\pm 1\%$ ;
2. fora do intervalo 1, mas melhor que ou igual a  $\pm 5\%$ ;
3. fora do intervalo 1 e 2, mas melhor que ou igual a  $\pm 10\%$ ;
4. fora do intervalo 1, 2 e 3, mas melhor que ou igual a  $\pm 25\%$ ;
5. fora do intervalo 1, 2, 3 e 4, mas melhor que ou igual a  $\pm 50\%$ ; e
6. fora do intervalo 1, 2, 3, 4 e 5, mas melhor que ou igual a  $\pm 100\%$ .

Ao discorrer sobre o tema, Bessey e Lambert (1994) apresentam os resultados de pesquisa feita em 31 companhias inglesas, para as quais foi solicitado o enquadramento do grau de confiança de cada volume do balanço de águas. No estudo, observa-se uma concentração da análise nos aspectos relativos à exatidão e, praticamente nenhuma análise do fator de confiabilidade. Essa situação provavelmente decorre de dois motivos: a falta de parâmetros para o enquadramento dos dados e a dificuldade das companhias em estabelecer esse enquadramento.

Em relação à exatidão, a pesquisa apontou bons resultados para os volumes de entrada no sistema de distribuição, que variaram de  $\pm 1\%$  a  $\pm 5\%$  em 25 companhias. Os volumes consumidos medidos também tiveram resultados satisfatórios situando-se na mesma faixa,  $\pm 1\%$  a  $\pm 5\%$ , em 21 companhias. Outras 7 companhias indicaram a faixa de  $\pm 5$  a  $\pm 10\%$ . Nas companhias pesquisadas, em média 25% dos volumes distribuídos são medidos (com valores que variam de 19% a 49%). Os erros devidos à submedição dos hidrômetros, declarados pelas companhias, situaram-se num patamar de zero a  $\pm 1,8\%$  em relação ao volume distribuído e de zero a  $\pm 9\%$  em relação ao volume consumido. Para os consumos não medidos 22 companhias informaram que os volumes estão na faixa de  $\pm 5\%$  a  $\pm 10\%$  de

exatidão. Por fim, para os volumes de usos operacionais e de consumos autorizados não faturados há uma predominância de valores da exatidão mais elevados, na faixa de  $\pm 10\%$  a  $\pm 25\%$ , mas com baixo impacto sobre as perdas, pois esses usos somados correspondem a no máximo 1% do volume distribuído.

Cabe observar que tanto o nível de confiabilidade quanto os valores da exatidão foram informados pelas companhias, que os identificou com base em seus próprios critérios. Os autores não apresentam esses critérios, nem sugerem uma proposta padrão para os mesmos, ou seja, na análise desenvolvida as informações de confiabilidade e exatidão são parâmetros de entrada, a cargo dos operadores dos sistemas.

Bessey e Lambert (1994) assumem os erros como cumulativos, embora reconheçam que pode haver o efeito de um compensar o outro. Em uma primeira análise adotam, então, para as perdas o erro máximo entre os componentes do balanço de águas. Já para os intervalos informados pelas companhias assume-se sempre que o erro atual está no limite inferior. A utilização do valor máximo do intervalo seria uma super estimação dos erros, pois nem todos eles são cumulativos e, também, nem todos estão no valor mais elevado da faixa.

A classificação declarada para os volumes de perdas na distribuição indicou que 12 delas estão na faixa de  $\pm 5\%$  a  $\pm 10\%$ , e outras 7 na faixa de  $\pm 10\%$  a  $\pm 25\%$ . Em vista dos valores de exatidão apontados para as parcelas componentes do balanço de águas, os autores interpretaram que, em alguns casos, houve uma visão otimista das companhias em relação à exatidão dos volumes de perdas.

Em outra análise, para a avaliação dos erros dos volumes de perdas, a partir de erros individuais conhecidos dos componentes da equação de cálculo das perdas, os autores adotam a raiz quadrada da soma do quadrado dos desvios padrões individuais. A Tabela 3.6 exemplifica este cálculo.

Tabela 3.6. Cálculo do erro utilizando o desvio padrão quadrático (Bessey e Lambert, 1994, modificado)

Item A	Componente do balanço B	Volume (m <sup>3</sup> /dia) C	Estimativa do erro (%) D	Desvio padrão (m <sup>3</sup> /dia) E = C x D	Desvio padrão ao quadrado F = E <sup>2</sup>
1	<b>Volume disponibilizado para distribuição</b>	150	±1,5	±2,25	5,06
2	<b>Volume de água utilizado:</b>				
3	Consumo medido	40	±1,0	±0,40	0,16
4	Erro do medidor	1	±0,5	±0,005	< 0,01
5	Consumo não medido	75	±5,0	±3,75	14,06
6	Consumo autorizado não faturado	0,4	±10,0	±0,04	< 0,01
7	Consumo ilegal	0,1	±50,0	±0,05	< 0,01
8	Usos operacionais	1,5	±10,0	±0,15	0,02
9	<b>Volume de perdas na Distribuição</b>	C9 = (C1 - Σ C3aC8) 32	D9 = E9/C9 → ±13,7	E9 = F9 <sup>0,5</sup> ← ±4,4	F9 = Σ F1aF8 ← 19,31

1. As setas indicam a direção de cálculo.

Esse método vem sendo utilizado em análises preliminares feitas pela SABESP nos sistemas da Região Metropolitana de São Paulo, segundo informações de Paracampos (2002). Os erros individuais dos componentes do balanço de águas são estimados pela equipe de operação dos sistemas, para um limite de confiança de 95%. A partir deles, utilizando-se dos controles operacionais que identificam os volumes envolvidos no balanço são então estimados os erros dos volumes de perdas, conforme pode ser visto na Figura 3.13.

O método, em cálculo similar, permite a avaliação dos erros a partir dos volumes quantificados das perdas, levantados em campo. Nesse caso, cada parcela que compõe as perdas tem o seu erro individual. O procedimento empregado para quantificação dessas parcelas é o controle da vazão mínima noturna. Os erros individuais são estimados com base no conhecimento das condições operacionais locais, do comportamento do consumo e também da tecnologia envolvida na avaliação de campo.

BALANÇO HÍDRICO ANUAL		Entrada de Dados	Valores Calculados	Valores de Default				
Unidade de Negócio:	Norte							
Sistema de distribuição em estudo:	Vila Maria: Fabio Pavani, Amambay e Ararituaba. Romana							
Planta Cadastral nº:								
Dados referentes ao ano de:	Período dos Cálculos							
No. de Ramais:	18715	Consumo Medido:		01/jan/01	31/dez/01			
Extensão da Rede:	155,14 km	Vol. Fornec. ao setor:		01/jan/01	31/dez/01			
Densidade de Ramais:	120,6 p/km rede	No. Dias do período:		365				
Pressão Média Anual:	14,5 mca	Pressurizado por:		100%		do período		
<b>BALANÇO HÍDRICO</b>	Volume Medido	Volume Medido	Limites Conf. 95%	Menor Estimativa	Maior Estimativa	Desvio Padrão	Desvio Padrão	
<b>Volume Fornecido</b>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /dia	como +/- %	m <sup>3</sup> /dia	m <sup>3</sup> /dia	m <sup>3</sup> /dia	ao Quadrado	
Macromedidor 1.200 mm	13.056.903	35.772	10,0%	32.195	39.350	1.825	3.331.060	
Outros	0	0	0,0%	0	0	0	0	
Outros	0	0	0,0%	0	0	0	0	
<b>VOLUME FORNECIDO AO SISTEMA</b>	<b>13.056.903</b>	<b>35.772</b>	<b>10,0%</b>	<b>32.195</b>	<b>39.350</b>	<b>1.825</b>	<b>3.331.060</b>	
<b>Água Exportada</b>								
Exportada para ?	0	0	0,0%	0	0	0	0	
Exportada para ?	0	0	0,0%	0	0	0	0	
Exportada para ?	0	0	0,0%	0	0	0	0	
<b>ÁGUA EXPORTADA</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>ÁGUA DISTRIBUIDA</b>	<b>13.056.903</b>	<b>35.772</b>	<b>10,0%</b>	<b>32.195</b>	<b>39.350</b>	<b>1.825</b>	<b>3.331.060</b>	
<b>Consumo Medido Autorizado</b>								
Rol Comum	3.630.924	9.948	5,0%	9.450	10.445	254	64.399	
Grandes consumidores	1.210.308	3.316	5,0%	3.150	3.482	85	7.155	
Favelas com medidor	420.977	1.153	20,0%	923	1.384	118	13.851	
Outros	0	0	10,0%	0	0	0	0	
Outros	0	0	10,0%	0	0	0	0	
<b>CONSUMO MEDIDO AUTORIZADO</b>	<b>5.262.209</b>	<b>14.417</b>	<b>4,0%</b>	<b>13.844</b>	<b>14.990</b>	<b>292</b>	<b>85.405</b>	
<b>ÁGUA NÃO FATURADA</b>	<b>7.794.694</b>	<b>21.355</b>	<b>17,0%</b>	<b>17.733</b>	<b>24.978</b>	<b>1.848</b>	<b>3.416.465</b>	
<b>Consumo Não Medido Autorizado</b>								
No. De Favelas	3							
Usos sociais (favelas)	3	1.207.764	3.309	50,0%	1.654	4.963	844	712535
Uso Oper. Como % Vol. Distr.	0,25%	32.642	89	50,0%	45	134	23	520
Outros como % Vol. Distr.	0,25%	32.642	89	50,0%	45	134	23	520
<b>CONSUMO NÃO MEDIDO AUTORIZADO</b>	<b>1.273.049</b>	<b>3.488</b>	<b>47,5%</b>	<b>1.832</b>	<b>5.143</b>	<b>845</b>	<b>713576</b>	
<b>PERDAS DE ÁGUA</b>	<b>6.521.645</b>	<b>17.868</b>	<b>22,3%</b>	<b>13.884</b>	<b>21.851</b>	<b>2032</b>	<b>4130041</b>	
<b>Erros Medição nos Hidrômetros</b>	Submedição %							
Rol Comum	13,0%	472.020	1.293	20,0%	1.035	1.552	132	17413
Grandes consumidores	13,0%	157.340	431	20,0%	345	517	44	1935
Favelas com medidor	20,0%	84.195	231	20,0%	185	277	24	554
Outros	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0	0
Outros	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>13,56%</b>	<b>713.556</b>	<b>1.955</b>	<b>14,1%</b>	<b>1.678</b>	<b>2.231</b>	<b>141</b>	<b>19902</b>
<b>Consumo Não Autorizado</b>	% do Volume	Volume Estimado	Volume Estimado	Limites Conf. 95%	Menor Estimativa	Maior Estimativa	Desvio Padrão	Desvio Padrão
Rol Comum	2,0%	72.618	199	50,0%	99	298	51	2576
Fraudes	2,0%	72.618	199	50,0%	99	298	51	2576
<b>PERDAS APARENTES</b>	<b>786.174</b>	<b>2.154</b>	<b>13,6%</b>	<b>1.860</b>	<b>2.448</b>	<b>150</b>	<b>22478</b>	
<b>PERDAS REAIS</b>	<b>5.735.471</b>	<b>15.714</b>	<b>25,4%</b>	<b>11.720</b>	<b>19.708</b>	<b>2038</b>	<b>4152519</b>	

Figura 3.13. Avaliação dos erros dos volumes de perdas (Paracampos, 2002)

Alegre *et al.* (2000) apresentam o mesmo esquema de classificação da confiança dos dados proposto por Bessey e Lambert (1994) já num estágio mais avançado. Ressaltam os autores que os procedimentos foram cuidadosamente tratados no âmbito do sistema de regulação da Inglaterra e País de Gales, tendo sido também adotados em diversos outros países, empregando conceitos que, segundo os autores, permitem a sua aplicação universal. A utilização do modelo possibilita aos operadores formarem uma base de dados fundamentada para validar suas informações, em particular quando se tratar de processos de auditoria.

A principal característica da evolução do modelo diz respeito à definição dos níveis de confiabilidade, em que são identificados aspectos qualitativos do processo de medição e

estimação dos dados, os quais determinam o nível em que a informação se encontra. Assim, a confiabilidade pode ser classificada em muito confiável, confiável, pouco confiável e sem confiabilidade. O dado enquadra-se nesses níveis em função do atendimento ou não a alguns critérios previamente estabelecidos, os quais são transcritos a seguir:

*“A. MUITO CONFIÁVEL:*

- *dados reais:* baseados em medições exaustivas, registros fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo;
- *previsões:* baseadas em extrapolações de registros de alta qualidade cobrindo 100% da área de influência da entidade gestora, mantidos e atualizados por um mínimo de 5 anos (a previsão terá sido revista durante o período de produção dos relatórios);

*B. CONFIÁVEL:*

- *dados reais:* genericamente como em A, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registros não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação;
- *previsões:* baseadas em extrapolações de registros cobrindo (ou com aplicação a) mais de 50% da área de influência da entidade gestora, mantidos e atualizados por um mínimo de 5 anos. A previsão terá sido revista durante os dois anos anteriores;

*C. POUCO CONFIÁVEL:*

- *dados reais:* baseados em extrapolações a partir de uma amostra limitada para a qual se aplica o grau A ou B;
- *previsões:* baseadas em extrapolações de registros cobrindo (ou com aplicação a) mais de 30% da área de influência. A previsão terá sido revista durante os cinco anos anteriores;

*D. SEM CONFIABILIDADE:*

- *dados reais:* baseados em dados transmitidos verbalmente e não confirmados e/ou em inspeções ou análises sem os devidos cuidados;
- *previsões:* baseadas em extrapolações de registros que não estejam em conformidade com os intervalos A, B ou C.”

Na vertente da exatidão Alegre *et al.* (2000) mantêm os mesmos intervalos do trabalho de Bessey e Lambert (1994). A exatidão é definida como “a aproximação entre o resultado da medição e o valor (convencionalmente) verdadeiro da grandeza medida”. O trabalho não

entra no mérito de como determinar esse valor. No entanto, informa que os intervalos propostos baseiam-se no sistema adotado na Inglaterra e no País de Gales.

Um aspecto importante a ressaltar é que a exatidão refere-se à medição e não ao instrumento de medição. Isso significa, em termos práticos, que se o instrumento de medição tiver uma exatidão muito boa para a sua faixa de trabalho (conjunto dos valores da grandeza a medir para os quais o erro do instrumento de medição é supostamente mantido entre determinados limites) mas os valores medidos se situarem fora dessa faixa, então a exatidão da medição é muito pior. Se a mesma não for determinável, deve ser considerada como superior a 100% (Alegre *et al.*, 2000).

Os níveis de confiabilidade e os intervalos de exatidão formam a Matriz de Graus de Confiança indicada por Alegre *et al.* (2000) e apresentada na Tabela 3.7. Alertam os autores: “para permitir comparações entre entidades gestoras, os graus de confiança necessitam ser adequadamente escolhidos e consistentemente aplicados. As descrições apresentadas constituem uma plataforma mínima para que venha a estabelecer-se a qualidade da informação pretendida.”

Tabela 3.7. Matriz de graus de confiança (Alegre *et al.*, 2000)

Intervalos de exatidão (+/-)	Níveis de confiabilidade			
	A	B	C	D
< ±1%	A1	++	++	++
±1 a ±5%	A2	B2	C2	++
±5 a ±10%	A3	B3	C3	D3
±10 a ±25%	A4	B4	C4	D4
±25 a ±50%	++	++	C5	D5
±50 a ±100%	++	++	++	D6

Nota: "++" indica graus de confiança considerados como incompatíveis.

A classificação dos graus de confiança é expressa em código alfanumérico, que conjuga a letra indicadora da confiabilidade ao número indicativo da exatidão. O seguinte exemplo é apresentado pelos autores:

A2 - dados baseados em medições exaustivas, etc., (muito confiável, nível A), que foram medidos com uma exatidão entre ±1% e ±5% (intervalo de exatidão 2); e

C4 - dados baseados em extrapolações, constituem uma amostra com limitações (pouco confiável, intervalo C), que foram estimados com uma exatidão entre ±10% e ±25% (intervalo de exatidão 4).

O trabalho de Silva *et al.* (1998) também trata a questão da confiabilidade dos dados e ressalta a importância de se avaliar os dispositivos de medição e de controle com vistas a

conhecer o grau de validação dos dados, que automaticamente condiciona a confiabilidade dos indicadores calculados a partir deles. Os autores recomendam a avaliação utilizando-se fatores de controle e confiabilidade, os quais não fazem parte direta da composição do indicador de perdas, mas apenas o qualifica e permite a quem o utilizar, saber o quanto ele é confiável.

O trabalho de Silva *et al.* (1998) define um fator de confiabilidade para cada dado primário. Nos casos em que mais de um controle é necessário para o mesmo dado ou em que um determinado dado é composto de vários outros, o fator de confiabilidade deve corresponder a uma média ponderada dos diversos fatores envolvidos. Quando, porém, o dado é transposto para a composição de um indicador de perdas que associa mais de um dado, aplica-se o critério de estatística de extremos, segundo o qual prevalece como parâmetro de validade do indicador composto a menor confiabilidade entre os dados empregados.

Calculadas as confiabilidades, elas enquadram-se em uma escala de quatro níveis, que varia de zero a um, na qual zero representa um dado não utilizável e um representa um dado plenamente confiável, conforme mostrado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8. Aplicação da escala de confiabilidade no gerenciamento da informação (Silva *et al.*, 1998)

Faixa	Faixa de variação	Condições de validade da informação
I	0,80 a 1,00	Informação plenamente confiável para fins de previsão de demanda, planejamento de oferta e comparação entre serviços.
II	0,60 a 0,79	Informação parcialmente confiável, com restrições sobre o uso para comparação entre serviços.
III	0,30 a 0,59	Aproximação de tendências, utilizável apenas para a fixação imediata de prioridades internas, sem segurança sobre comportamentos futuros e inválida para fins de comparação entre serviços.
IV	0 a 0,29	Informação não utilizável, é o mesmo que não tê-la.

A seguir são transcritas as confiabilidades propostas por Silva *et al.* (1998), aplicáveis a cada um dos dados envolvidos no cálculo dos indicadores de perdas. Ressalta-se que os conceitos empregados na construção dos indicadores, os quais retratam o balanço de águas, bem como os termos e siglas foram mantidos integralmente conforme proposta original dos autores para padrões de avaliação de perdas, que faz parte do Apêndice C.

**“ (i) Confiabilidade do volume disponibilizado C(VD)**

A confiabilidade do volume disponibilizado dependerá dos fatores de controle descritos a seguir:

- macromedição na saída das ETA ou unidades de tratamento simplificado, de acordo com a proporção entre o volume produzido macromedido (VPM) e o volume produzido (VP), que inclui estimativas não macromedidas;
- macromedição de volumes importados nas adutoras de água tratada, na chegada à área de serviço considerada, de acordo com a proporção entre volumes importados macromedidos (VImM) e o total de volumes contabilizados como importados pelo serviço (VIm);
- macromedição de volumes exportados nas adutoras de água tratada, na saída da área de serviço considerada, de acordo com a proporção entre volumes exportados macromedidos (VExM) e o total de volumes contabilizados como exportados pelo serviço (VEx); e
- controle sobre desvios sistemáticos de macromedição - esse parâmetro diz respeito a um multiplicador (kM) a ser aplicado sobre a confiabilidade da macromedição, sendo  $0 < kM \leq 1$ . O valor 1 seria atribuído aos casos de máximo controle sobre a macromedição, no sentido de que os volumes macromedidos sejam efetivamente correspondentes à realidade. O valor mínimo a ser fixado corresponderia ao fator a ser aplicado para sistemas de macromedição mal calibrados e sobre os quais não se disponha de controles adequados. Esse valor mínimo, porém, não seria zero nem próximo de zero. Isso porque a existência de macromedição, mesmo que mal calibrada, é uma condição de confiabilidade melhor do que a sua inexistência. Os desvios sistemáticos de macromedição, para efeito de medida de confiabilidade da informação, serão sempre tomados em *valor absoluto*, pois, para essa finalidade, não é relevante o sinal positivo ou negativo da flutuação. Enquanto não se fixam os critérios para a sua determinação, recomenda-se adotar  $kM = 1$ .

A confiabilidade do volume disponibilizado – C(VD) – será expressa em função do indicador complementar Índice de Macromedição na Distribuição (IMD), que corresponde à média ponderada de volumes macromedidos sobre os subtotais de volume produzido (VP), volume importado (VIm) e volume exportado (VEx), como se segue:

$$IMD = \frac{VPM + VImM - VExM}{VP + VIm - VEx}$$

Uma vez apurado o IMD, a confiabilidade da informação referente ao volume disponibilizado será:

$$C(VD) = kM \times IMD$$

Observa-se que a proposta limita a confiabilidade dos volumes disponibilizados ao índice de volumes macromedidos. Ou seja, a confiabilidade será sempre igual ou inferior ao nível de macromedição. Assim, os autores pressupõem uma confiabilidade nula para os volumes disponibilizados não macromedidos, ao contrário do que é proposto para os volumes consumidos não micromedidos – ver controle sobre volume estimado, a seguir –, em que se prevê níveis de confiabilidade de acordo com os critérios adotados no cálculo estimativo do consumo. Ressalte-se que a proposta de Alegre *et al.* (2000), mostrada anteriormente, admite níveis de confiabilidade para dados extrapolados, que podem inclusive enquadrar-se no patamar máximo, ou seja, muito confiável.

## **(ii) Confiabilidade do volume utilizado C(VU)**

A confiabilidade do volume utilizado dependerá dos fatores de controle descritos a seguir:

- índice de micromedição do volume utilizado ( $ImVU$ ) - representado pela proporção entre volume micromedido ( $V_m$ ) e volume utilizado ( $VU$ ):

$$ImVU = \frac{V_m}{VU}$$

- controle sobre desvios sistemáticos de micromedição - analogamente ao caso da macromedição, admite-se para a micromedição a aplicação de um fator multiplicador ( $km$ ) que expresse a confiabilidade específica do sistema de micromedição, baseado no valor absoluto das flutuações sistemáticas (para mais ou para menos) da micromedição, sendo  $0 < km \leq 1$ , não se admitindo a atribuição de zero ou próximo de zero no limite inferior, tendo em vista ser melhor uma micromedição com desvios do que nenhuma. Enquanto não se estabeleçam critérios padronizados para a sua determinação objetiva, recomenda-se adotar  $km = 1$ .
- controle sobre volume estimado - a confiabilidade do volume estimado –  $C(VE)$  – será considerada máxima (0,95) quando os consumos estimados forem fixados exclusivamente com base em monitoramento estatisticamente controlado de padrões de consumo por tipo de consumidor em áreas medidas análogas às não medidas, na mesma jurisdição do sistema considerado. Será fixada em 0,5 sempre que as estimativas se basearem em combinação de levantamentos de campo realizados sobre amostra pouco significativa estatisticamente, com resultados de levantamentos de outras localidades. Será fixada em 0,3 quando os procedimentos de estimativa forem baseados na simples analogia com casos de outra(s) localidade(s);
- controle sobre volume recuperado - a confiabilidade do volume recuperado –  $C(VR)$  – será função da proporção entre o volume recuperado micromedido ( $VR_m$ ) e o volume recuperado estimado ( $VR_e$ ). Tendo em vista que, como regra, o volume recuperado

ocorre em situação na qual se conhece relativamente bem o comportamento de ligações semelhantes na mesma área, mas que constitui, por definição, situação atípica, atribui-se o valor de 0,5 à parcela estimada. Assim, a confiabilidade do volume recuperado é:

$$C(VR) = \frac{VRm + 0,5 \times V Re}{VR}$$

- controle sobre volume operacional - o maior controle sobre esse volume corresponde à situação em que os usos são registrados individualmente e posteriormente consolidados. Nesse caso, aplica-se confiabilidade C(VO) igual a 1 à informação. Quando for estimado com base na rotina operacional, lhe será atribuído um fator de confiabilidade C(VO) de 0,6;
- controle sobre volume especial - a confiabilidade do volume especial – C(VEs) – está diretamente relacionada à proporção de volume especial macromedido. Assim, será dada pela relação entre o volume especial macromedido (VEsM) e o volume especial (VEs):

$$C(VEs) = \frac{VEsM}{VEs}$$

Dessa forma a confiabilidade do volume utilizado corresponderá à média ponderada das confiabilidades de cada volume relacionadas à soma dos volumes considerados, multiplicadas - quando cabível - pelos respectivos fatores de confiabilidade de medição:

$$C(VU) = \frac{ImVU \times km \times Vm + C(VE) \times VE + C(VO) \times VO + C(VEs) \times kM \times VEs + C(VR) \times VR}{VU}$$

### **(iii) Confiabilidade do volume faturado C(VF)**

A confiabilidade do volume faturado relaciona-se à proporção de ligações ativas micromedidas sobre o total de ligações ativas, no conceito de Índice de Hidrometração (IH) do SNIS e da AESBE/ASSEMAE, qual seja:

$$IH = \frac{Lm}{LA}$$

Onde,

Lm = número de ligações ativas micromedidas

LA = Número de ligações ativas

Essa relação corresponderá à confiabilidade do volume faturado C(VF).

#### **(iv) Confiabilidade da extensão parcial da rede C(EP)**

A confiabilidade da informação depende da existência e da abrangência dos cadastros das redes de adução, subadução e distribuição. A confiabilidade da extensão parcial da rede será 0,6 quando as extensões forem apenas estimadas com base nas testadas médias por ligação, sem o apoio de cadastros, ou a partir de extrapolação de projetos típicos, e variará entre 0,6 e 1 linearmente, de acordo com a extensão de rede cadastrada sobre o total da extensão de rede atribuída ao sistema. ”

É importante destacar que por vezes os estudos pesquisados adotam termos iguais para conceitos diferentes, e às vezes termos diferentes para conceitos iguais, podendo confundir o leitor, como nos seguintes casos: enquanto Bessey e Lambert (1994) e Alegre *et al.* (2000) adotam o termo confiabilidade apenas para uma das vertentes da análise, que não engloba a exatidão, e o termo confiança para a análise completa; Silva *et al.* (1998) adota o mesmo termo confiabilidade para o conjunto completo de sua análise, em que utiliza os denominados fatores de confiabilidade, cujo cálculo incorpora os desvios sistemáticos (pode-se estabelecer que os fatores correspondem na prática à exatidão, transformada de percentual em coeficiente). Há ainda, no trabalho de Silva *et al.* (1998) o termo validade da informação empregado para caracterizar a credibilidade ou confiança dos dados. Termos esses, que por sua vez, são adotados por Alegre *et al.* (2000).

Em relação aos erros das medições, há também mais de um termo para significados semelhantes. Enquanto na matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre *et al.*, 2000) o termo empregado é a exatidão; nos fatores de confiabilidade (Silva *et al.*, 1998) utiliza-se desvios sistemáticos; e nos métodos que empregam o desvio padrão quadrático (Bessey e Lambert, 1994 e Paracampos, 2002) usa-se simplesmente o termo erro.

O vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia (INMETRO, 2000) apresenta as seguintes definições para esses termos:

- exatidão de medição - grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando. O documento observa dois aspectos importantes: (i) exatidão é um conceito qualitativo; e (ii) o termo precisão não deve ser utilizado como exatidão;
- erro de medição - resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando. Segundo o documento, uma vez que o valor verdadeiro não pode ser determinado, utiliza-se, na prática, um valor verdadeiro convencional;
- erro relativo - erro da medição dividido por um valor verdadeiro do objeto da medição.

Percebe-se que a definição apresentada por Alegre *et al.* (2000) para a exatidão é mais condizente com a definição de erro do INMETRO (2000). Além disso, nos estudos pesquisados, mesmo com a matriz de graus de confiança adotando a terminologia “melhor que” ao invés de “menos que”, observa-se que a exatidão é utilizada em termos quantitativos, contrariando o vocabulário internacional, que a estabelece como conceito qualitativo. Dessa forma, o que parece mais consistente com o conteúdo dos estudos é a utilização do termo “erro” ao invés de “exatidão”.

Há ainda que se destacar, o uso de uma escala invertida para a exatidão, em que quanto menor o valor melhor é o resultado, e, ao contrário, quanto maior o valor pior é o dado, Esse procedimento faz com o resultado da análise aponte para uma lógica não natural, que contraria o senso comum, e pode confundir o analista que utiliza os resultados para concluir sobre o melhor ou pior dado.

Essa possibilidade de confusão é mais bem percebida numa comparação com o termo precisão, comumente adotado na linguagem coloquial. Ou seja, enquanto para a exatidão quanto maior o valor pior é a qualidade do dado, já para a precisão ocorre o inverso: quanto maior o valor melhor é a qualidade do dado. Por exemplo: uma medição com precisão de 10% representa baixa qualidade do dado, em que o erro é de  $\pm 90\%$ . De outro lado, uma exatidão de 10%, representa uma medição com boa qualidade, em que o erro é de  $\pm 10\%$ .

## **4. METODOLOGIA**

Neste capítulo apresenta-se a metodologia empregada na dissertação, com vistas a alcançar os objetivos propostos. O propósito é identificar os principais passos percorridos e os aspectos metodológicos mais importantes para a compreensão da abrangência do trabalho. Não há um excessivo detalhamento das etapas desenvolvidas, pois a lógica da dissertação exigiu que a maior parte desse detalhamento se desse na discussão (capítulos 5 e 6).

A metodologia exposta está organizada em dois grandes tópicos, em que são abordados os seguintes temas: (i) indicadores de perdas; e (ii) análise de confiabilidade.

### **4.1. INDICADORES DE PERDAS**

A metodologia de trabalho compreendeu basicamente as seguintes atividades: (i) identificação das propostas originais nos trabalhos estudados e realização de análise comparada preliminar; (ii) padronização de nomenclatura, definições e unidades de medida para os dados que compõem os indicadores; (iii) pesquisa de dados em sete sistemas brasileiros e cálculo/testes dos indicadores nesses sistemas; (iv) análise comparada final dos indicadores (comentários, críticas e sugestões); e (v) recomendação dos indicadores mais representativos para comporem uma proposta padrão. A seguir faz-se uma breve descrição das atividades desenvolvidas.

A primeira grande tarefa da dissertação foi a pesquisa bibliográfica dos indicadores propostos em estudos nacionais e internacionais. A partir de uma rigorosa análise dos conceitos apresentados nos diversos estudos, assim como dos termos, definições, fórmulas de cálculo e métodos para obtenção dos dados, pôde-se realizar uma primeira avaliação comparativa dos indicadores. Nessa fase, não somente os indicadores, mas principalmente os dados que os compõem foram identificados.

A atividade seguinte, uma vez conhecido o grande rol de indicadores existentes, e mais ainda, a expressiva quantidade de dados primários com suas respectivas definições, consistiu de organizá-los em tabelas apropriadas, para, a partir daí, selecionar os mais representativos, sob a ótica da primeira análise – nesta fase ainda preliminar –, que devem ser objeto de testes e avaliação aprofundada nas atividades seguintes.

Para possibilitar os testes dos indicadores e contribuir para uma avaliação mais aprofundada, desenvolveu-se a atividade seguinte, que consistiu de uma pesquisa de dados em alguns sistemas de abastecimento de água brasileiros, descrita mais adiante.

Uma vez coletados, os dados foram tratados e utilizados no cálculo dos indicadores propostos nos diversos estudos, para todos os sistemas pesquisados. Essa foi uma atividade de testes das fórmulas de cálculo, que contribuiu de forma decisiva para a comparação definitiva das propostas e para a definição dos indicadores mais representativos.

Por fim, restou a avaliação final diante da experiência prática de cálculo dos indicadores, para fechar com os indicadores recomendados para compor uma proposta padrão, na ótica desta dissertação, a qual espera-se que corresponda a uma efetiva contribuição à comunidade técnica e aos operadores de serviços brasileiros.

O desenvolvimento desta parte da dissertação concentrou-se fortemente nas tabelas dos Apêndices C e D, as quais foram construídas gradativamente, na medida em que se avançava na elaboração do trabalho. Ou seja, as tabelas não foram construídas de uma única vez, mas sim em etapas, que se iniciaram quando das atividades de revisão bibliográfica e foram finalizadas quando já se estava próxima a conclusão desta parte da dissertação. O fluxograma da Figura 4.1 ilustra a seqüência das etapas empreendidas.

#### **4.1.1. Características da pesquisa de dados**

O primeiro objetivo da pesquisa foi testar os dados primários, ou seja, avaliar se os termos e definições propostos adequam-se à linguagem habitual dos operadores e se os dados são empregados na rotina dos controles operacionais dos sistemas. O segundo objetivo foi testar o cálculo do amplo rol de indicadores pesquisados, avaliando, pelos resultados obtidos, quais são passíveis de aplicação imediata, quais apresentam uma tendência de emprego, embora não de forma generalizada, e quais ainda estão distantes da realidade atual dos sistemas pesquisados.

Na aplicação prática dos indicadores, que será descrita no próximo capítulo, trabalhou-se com dados anuais, referentes ao ano de 2000. No entanto, na fase de coleta dos dados, para assegurar um retorno que realmente correspondesse a um ano de operação, foram solicitadas informações mensais para um período um pouco maior, referentes aos meses de janeiro de 2000 a abril de 2001. Uma vez recebidas as respostas, verificou-se que todos os

operadores preencheram os dados de janeiro a dezembro de 2000 e assim as informações dos quatro meses do ano de 2001 foram descartadas.

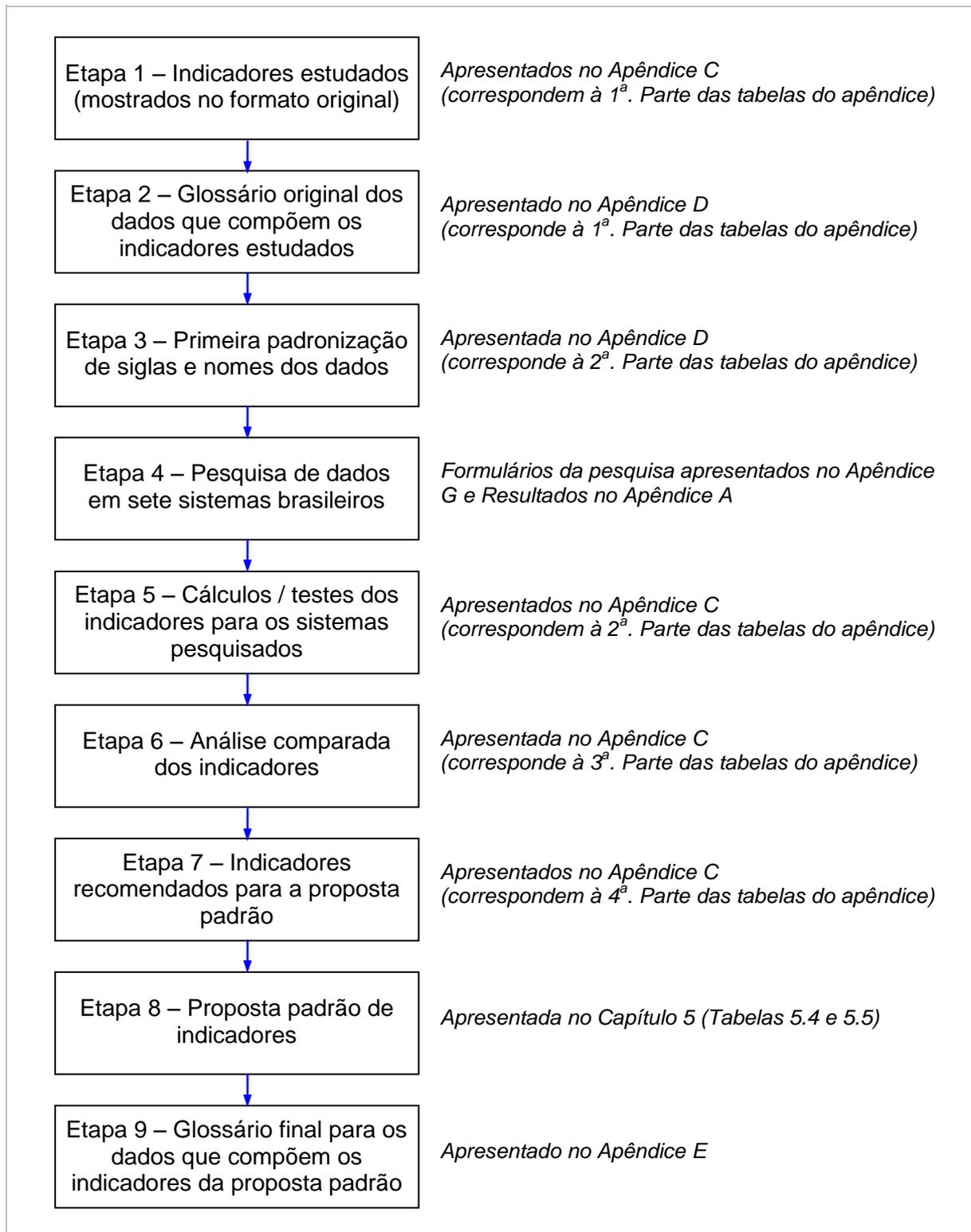


Figura 4.1. Fluxograma com a seqüência das etapas empreendidas na análise dos indicadores

Os operadores responsáveis pelos sistemas pesquisados receberam o material apresentado no Apêndice G, a saber:

- texto esclarecendo os objetivos da pesquisa no contexto da dissertação, bem como orientando os operadores sobre o preenchimento dos formulários;
- glossário de termos com as definições dos dados pesquisados;
- formulário de coleta dos dados, construído em planilha eletrônica *MS Excel*; e
- diagrama com o balanço de águas, vinculado ao formulário de coleta e preenchido automaticamente pela própria planilha eletrônica.

Nenhum indicador foi apresentado aos operadores na fase de coleta dos dados, como forma de evitar o condicionamento das respostas. Também não foram solicitados resultados de indicadores calculados pelos operadores, mas sim os dados primários necessários ao cálculo.

Além do fornecimento dos dados, os operadores foram orientados a apresentar suas críticas, sugestões e comentários, sobretudo no que diz respeito aos termos e definições empregadas. No Apêndice A podem ser vistos os resultados dos dados coletados na pesquisa, objeto da análise apresentada no próximo capítulo.

### ***(i) Características da amostra***

Dois critérios básicos nortearam a composição da amostra: (i) determinar uma quantidade de sistemas que fosse suficiente para os testes, sem sobrecarregar desnecessariamente os trabalhos de coleta, tratamento e análise dos dados; e (ii) incluir sistemas que pudessem representar, ao máximo possível, a diversidade de características do universo de sistemas brasileiros.

Assim, foram solicitados dados de uma pequena amostra dirigida, correspondente a sete sistemas de abastecimento de água, com características que, previamente, se pôde constatar eram diferentes e variadas, situação esta importante para os objetivos da análise. Os nomes dos operadores responsáveis pelos sistemas, bem como dos municípios por eles atendidos, não serão apresentados, uma vez que os dados primários, os indicadores calculados e a confiabilidade da informação são estratégicos do ponto de vista empresarial, devendo ser preservados de uma eventual comparação de desempenho, que não é objetivo da presente dissertação. Assim, os sistemas foram denominados de A a G, numa ordem decrescente em termos de porte, determinado pelo número de ligações ativas de água.

Embora importante, não foi adotada na definição da amostra uma tipificação dos sistemas, considerando aspectos como topografia, faixas de pressão, estágios de desenvolvimento tecnológico e condições de abastecimento, sobretudo existência de demanda reprimida, dentre outros. Tal fato decorreu das dificuldades, previamente apuradas, de obtenção dos dados segundo uma tipificação desta natureza. Ressalte-se, no entanto, conforme se pode depreender da discussão apresentada no capítulo 5, que a falta da tipificação não representou prejuízos aos objetivos do trabalho.

Algumas informações preliminares possibilitaram a caracterização da amostra antes da pesquisa:

- **porte dos sistemas**

- desde 9.606 ligações totais (sistema G) até 458.525 (sistema A), em dezembro/2000;
- desde 37.139 habitantes atendidos (sistema G) até 2.411.642 (sistema A), em dezembro/2000;
- desde 187,3 km de rede (sistema G) a 5.176 (sistema B), em dezembro/2000;

- **perfil dos sistemas**

- sistemas isolados (denominados D, F e G);
- sistemas interligados, atendendo a mais de uma localidade (denominados A e C);
- sistemas interligados e isolados, atendendo a mais de uma localidade, operados pelo mesmo operador, onde os dados fornecidos correspondem à soma dos diversos sistemas (denominado B);
- sistemas isolados, cada um atendendo a uma localidade, operados pelo mesmo operador, onde os dados fornecidos correspondem à soma dos diversos sistemas (denominado E);

- **perfil do operador**

- prestador regional, que atende a um grande número de municípios no estado onde opera, como é o caso dos responsáveis pelos sistemas A, C e G, para os quais foram fornecidos dados específicos dos sistemas citados;
- prestador regional do sistema B, que atende a diversas localidades, em que onde os dados fornecidos correspondem à soma dos sistemas destas localidades operadas;
- prestador microrregional, que atende um pequeno grupo de municípios na mesma microrregião do estado onde opera, como o responsável pelo sistema E, em que os dados fornecidos também correspondem à soma dos sistemas dos diversos municípios operados;

- prestador local, que atende somente ao sistema cujos dados foram fornecidos, como os responsáveis pelos sistemas D e F.

Nos três últimos perfis, a somatória dos dados dos sistemas – fornecida pelos operadores – confunde-se com os dados do próprio operador, ou seja, ao se analisar os sistemas estar-se-á analisando também o prestador dos serviços, ao contrário do que ocorre com os prestadores regionais do primeiro perfil, em que a análise é válida somente para os sistemas pesquisados.

### ***(ii) Dados pesquisados***

Os dados pesquisados foram os volumes que compõem o balanço de águas mais alguns dados físicos dos sistemas, necessários ao cálculo dos indicadores, tais como extensão de rede, quantidade de ligações e economias, pressão de operação da rede, etc. Solicitou-se sempre os dados primários, da forma mais desagregada possível. Por exemplo: nos volumes disponibilizados para distribuição foram solicitados os totais produzidos e importados, cada um deles dividido em macromedido e não macromedido. A mesma lógica foi empregada para os demais dados. Os dados pesquisados e que foram objeto de análise podem ser vistos nos Apêndices A e G, sendo que no primeiro constam os resultados da pesquisa e no segundo o material de pesquisa encaminhado aos operadores.

Vale destacar a solicitação de informações sobre os volumes de perdas reais, de perdas aparentes e de consumos autorizados não faturados, numa desagregação mínima, a saber:

- ***perdas reais***
  - volume de água de uso operacional extraordinário;
  - volume de água de vazamentos;
- ***perdas aparentes***
  - volume de água consumido, não autorizado;
  - volume de água consumido, mal contabilizado;
- ***consumos autorizados não faturados***
  - volume de água de usos operacionais;
  - volume de água recuperado; e
  - volume de água de usos especiais.

## 4.2. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE

Esta parte do trabalho orientou-se nos estudos pesquisados, mostrados no capítulo 3 (revisão bibliográfica), na seguinte ordem de tratamento, que representa a lógica da seqüência da análise:

### 1º) métodos para avaliação dos erros

- erros dos dados primários (Silva *et al.*, 1998 e Paracampos, 2002)
- erros dos dados compostos
  - média ponderada (Silva *et al.*, 1998)
  - desvio padrão (Bessey e Lambert, 1994 e Paracampos, 2002)
- erros dos volumes de perdas:
  - valores extremos (Silva *et al.*, 1998)
  - desvio padrão (Bessey e Lambert, 1994 e Paracampos, 2002)

### 2º) modelos para avaliação da confiança dos dados

- fatores de confiabilidade (Silva *et al.*, 1998)
- matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre *et al.*, 2000).

O primeiro passo na análise de confiabilidade corresponde à determinação dos erros dos dados. Para tal, são necessárias informações sobre os dispositivos de medição e controle operacional, que permitam a avaliação desses erros para as medições e estimações. Nesse sentido, na pesquisa feita junto a alguns operadores de sistemas de água do país, além dos valores dos dados para testes dos indicadores de perdas (citados no subitem anterior) foram também solicitadas informações estratégicas do ponto de vista do conhecimento das condições operacionais dos principais equipamentos e processos empregados pelos operadores nas medições e extrapolações de dados.

Para a pesquisa em questão, a etapa inicial de desenvolvimento compreendeu a seleção das características dos dispositivos de medição e dos processos de controle operacional necessárias ao estabelecimento dos critérios de avaliação, de modo a espelhar as condições operacionais dos sistemas e seus impactos na quantificação das perdas de água. Os itens e principais elementos selecionados estão listados a seguir:

- (i) volume de água macromedido (produzido, importado ou exportado) – características dos macromedidores e condições de instalação, operação, manutenção e leitura;
- (ii) volume de água não macromedido (produzido, importado ou exportado): base de dados e critérios para a estimativa dos volumes;

- (iii) volume de água consumido medido – características dos hidrômetros e condições de instalação, operação, manutenção e leitura;
- (iv) volume de água consumido não medido – base de dados e critérios para a estimação dos volumes;
- (v) volumes de água operacional, recuperado e especial – também critérios para a estimação dos volumes;
- (vi) volume de água faturado – critérios para a determinação dos volumes faturados – medidos e não medidos;
- (vii) extensão de redes e de ramais prediais – qualidade, nível de atualização, tecnologia e abrangência do cadastro técnico;
- (viii) quantidade de ligações de água – da mesma forma que o anterior, também qualidade, nível de atualização, tecnologia e abrangência do cadastro comercial;
- (ix) pressão média de funcionamento da rede – condições de operação e monitoramento da rede; e
- (x) recuperação de vazamentos – condições do controle operacional.

Para cada item foram escolhidos tópicos que caracterizam os dispositivos de medição e controle, os quais podem representar fontes de erros. Assim é que, além de informações sobre os equipamentos de medição, propriamente ditos, foram também incluídas informações sobre as condições de instalação, operação e manutenção; de leitura e tratamento dos dados; e de qualidade da mão-de-obra envolvida no processo. Para aqueles dados obtidos em cadastros e controles operacionais foram escolhidas informações que caracterizam as condições dos cadastros existentes, a sua abrangência em relação ao sistema considerado, o grau de atualização e o nível de desenvolvimento tecnológico.

Uma vez definidos, os tópicos (ou fontes de erros) foram dispostos em formulários padrões e enviados aos operadores dos sistemas para a pesquisa de dados. Um texto explicativo contendo as instruções mínimas quanto ao preenchimento acompanhou os formulários. Os critérios de avaliação não foram expostos aos operadores na fase de coleta de dados, como forma de evitar o condicionamento das respostas. O texto explicativo e as tabelas com as informações solicitadas podem ser vistas no Apêndice G.

Obtidas as respostas da pesquisa, tornou-se necessário o desenvolvimento de uma metodologia simplificada para avaliação dos erros prováveis dos dados primários, pois os estudos pesquisados não contêm elementos para essa avaliação (consideram esses erros como dado de entrada em seus modelos de análise de confiabilidade). A partir daí, desenvolveu-se a análise e teste dos modelos, bem como uma ampla discussão dos

mesmos. A discussão e resultados podem ser vistos no capítulo 6, enquanto que as conclusões e recomendações são apresentadas no capítulo 7.

As informações obtidas na pesquisa, aplicadas na metodologia simplificada, permitiram a determinação dos erros prováveis, que por sua vez possibilitaram a avaliação da confiança pelo modelo dos fatores de confiabilidade de Silva *et al.* (1998). Restou, então, a busca de informações que permitissem o teste do modelo da matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre *et al.*, 2000).

Assim, na pesquisa antes citada, foram também coletadas informações que caracterizassem a credibilidade dos dados, na visão dos próprios operadores. Para tanto, solicitou-se que os mesmos informassem o grau de confiança dos dados fornecidos, tendo como referência a matriz proposta por Alegre *et al.* (2000). Um texto explicativo da proposta foi encaminhado aos operadores juntamente com um formulário específico no qual deveriam constar o grau de confiança e os comentários, a critério dos operadores, que justificassem a classificação informada (ver Apêndice G). A classificação, conforme orientação do modelo, deveria se dar em código alfanumérico do tipo: A1, B2, etc.

Os critérios sugeridos aos operadores para a determinação do grau de confiança foram a utilização dos recursos disponíveis em cada sistema, desde os mais avançados, como uma base de dados sólida e fundamentada; relatórios e estudos técnicos existentes, mesmo que pontuais; resultados de testes de campo ou de bancada; ou até avaliações técnicas baseadas na experiência dos profissionais que operam os sistemas.

## 5. INDICADORES DE PERDAS

Esta fase da dissertação consistiu de uma criteriosa análise da bibliografia com vistas a compreender as proposições de indicadores e identificar os termos, definições, fórmulas de cálculo, dados primários e dados compostos empregados. A análise é complementada pela experiência prática de cálculo dos indicadores, utilizando-se dos dados de sete sistemas, pesquisados na dissertação.

Os estudos pesquisados, ao contrário do que foi feito na revisão bibliográfica, estão identificados pelos nomes das entidades para as quais os autores realizaram seus trabalhos. Tal forma foi escolhida em função da estreita relação existente entre os técnicos do setor e essas entidades. Para facilitar a busca nas referências bibliográficas apresenta-se a seguir os nomes das entidades/programas utilizados e os autores dos trabalhos analisados:

- PNCDA: Silva *et al.* (1998);
- SNIS: PMSS (2001);
- AESBE/ASSEMAE: AESBE e ASSEMAE (1998);
- AGHTM: AGHTM (1990);
- IWA: Alegre *et al.* (2000); Lambert *et al.* (1999 e 2000) e Lambert e Hirner (2000)
- U. K. Water Industry: Bessey e Lambert (1994).

Os três primeiros estudos, de autores brasileiros, têm uma forte relação entre si, pois foram elaborados em decorrência de um mesmo ambiente de discussão nacional sobre o tema, patrocinada pelo PNCDA no ano de 1998. Assim as propostas não apresentam diferenças significativas.

O trabalho da AGHTM tem como principal característica a utilização de uma quantidade expressiva de indicadores, complementares entre si. Embora seja o mais antigo dos estudos pesquisados, não está desatualizado, pois vários de seus indicadores são também propostos nos demais estudos, ainda que, às vezes, em formato diferente. Outra característica marcante do estudo da AGHTM é a proposição não somente de indicadores de perdas, mas também de indicadores que representam o rendimento do sistema em termos de aproveitamento dos volumes disponibilizados.

As propostas da IWA foram feitas, e vêm sendo atualizadas, no âmbito do Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da entidade. Elas foram encampadas por Alegre *et al.* (2000) no Manual de Melhores Práticas para Avaliação de Desempenho de Sistemas de

Abastecimento de Água. A maioria dos autores dos estudos feitos para a *U. K. Water Industry* são também membros do Grupo da IWA, motivo pelo qual as propostas das duas entidades são muito parecidas, sendo a da IWA mais atualizada.

Em uma primeira análise procurou-se concentrar na compreensão dos indicadores e dos dados que os compõem, assim como na composição das fórmulas de cálculo, sem a preocupação de qualificar ou avaliar a adequabilidade das diversas propostas. Algumas questões importantes que se destacaram, como divergências conceituais ou possíveis falhas nas fórmulas, foram anotadas para utilização no momento da análise comparada.

Observou-se que os autores, de uma maneira geral, não apresentam definições para os indicadores, mas sim a nomenclatura, os conceitos e as fórmulas necessárias ao cálculo. Em relação aos dados que compõem o cálculo dos indicadores, quase sempre os autores apresentam siglas, nomenclaturas e definições. Há ainda critérios variados para as siglas de indicadores e dados, sendo que na maioria das vezes os autores empregam as letras iniciais de cada palavra que compõe seus nomes. Existem, no entanto, casos em que são adotados números ou ainda nomenclatura alfanumérica.

Cabe destacar, de início, uma questão de terminologia que permeia toda a avaliação de indicadores de perdas. Embora possa parecer excesso de zelo com os termos, no contexto da presente dissertação algumas nomenclaturas, em especial, devem ser objeto de reflexão sobre o seu verdadeiro significado. Nessa situação enquadram-se os termos “perdas físicas” e “perdas não físicas” empregados no Brasil para expressar o mesmo conteúdo dos termos “perdas reais” e “perdas aparentes”, adotados no cenário internacional, principalmente na Europa.

Conforme já visto nesta dissertação, em síntese, as perdas físicas (ou reais) correspondem aos volumes decorrentes de vazamentos e extravasamentos nas unidades de distribuição, enquanto que as perdas não físicas (ou aparentes) correspondem aos volumes utilizados sem autorização mais os volumes mal contabilizados.

Observa-se que a palavra “física”, adotada na expressão “perda física”, significa a coisa material – no caso a água perdida –, que existe de fato, é verdadeira, concreta e **real**. Nesse sentido, tanto o termo “perda física” como “perda real” expressa com clareza o mesmo objeto de análise, e ambos, são adequados.

De outro lado, a expressão “perda não física” sugere uma oposição ou negação ao significado do componente anterior (perda física) e, assim sendo, significaria algo que não existe e não é verdadeiro. Esse não parece ser um significado adequado, uma vez que os volumes existem de fato e correspondem a usos indevidos, que provocam perdas de faturamento. Por sua vez, a palavra “aparente”, adotada na expressão “perda aparente”, na acepção da palavra representa algo que se opõe ao real, ou seja, volumes que parecem perdidos, mas que, com esse sentido, não existem na realidade. Sendo assim, para esse componente das perdas, tal nomenclatura é mais adequada ao objeto da análise.

Em vista do exposto, considerando que dentre os principais objetivos da dissertação está a busca da padronização de terminologias, além da homogeneização com o cenário internacional, quando pertinente, recomenda-se como mais adequado o uso dos termos “perdas reais” e “perdas aparentes” em substituição a “perdas físicas” e “perdas não físicas”, respectivamente. Assim será feito na seqüência da presente dissertação.

A análise dos estudos pesquisados resultou em uma avaliação de 37 indicadores diferentes, sejam de perdas, propriamente ditos, ou complementares. Incluindo as repetições, a análise compreendeu 59 versões de indicadores. Os estudos empregam 44 dados diferentes na composição de tais indicadores, entre primários e compostos. Considerando as repetições há um total de 109 versões para esses dados. A Tabela 5.1 mostra o total de versões dos indicadores e dados avaliados, para cada um dos estudos pesquisados.

Tabela 5.1. Quantidade de indicadores e de dados avaliados, por categoria e entidade / programa

Entidade / Programa	Indicadores por categoria			Dados
	Básico	Intermediário	Avançado	
PNCDA	7	6	1	20
SNIS	8	0	0	13
AESBE/ASSEMAE	8	1	0	16
AGHTM	12	2	1	24
IWA	2	4	2	21
U. K. Water Industry	0	3	2	15
Total	37	16	6	109

Nos Apêndices C e D é apresentado cada um dos indicadores e dados analisados, dispostos da seguinte forma:

- Apêndice C (indicadores): sigla/código original; nome original; entidade/programa responsável; unidade de medida e fórmula de cálculo original. Além dessas informações, constam também a síntese da análise efetuada – em forma de comentários –, os resultados dos testes de cálculo e os indicadores recomendados, em cada grupo, para compor a proposta padrão;

- Apêndice D (dados): sigla/código original, nome original, entidade/programa responsável, síntese do conceito e comentários. De forma a facilitar a análise comparativa entre as diversas versões dos dados, apresenta-se também uma padronização para as siglas e nomes dos mesmos.

Cabe ressaltar que as tabelas que compõem os Apêndices C e D representam a essência da dissertação no que se refere à avaliação dos indicadores e não foram apresentadas no corpo do texto devido ao seu tamanho. Portanto, para a melhor compreensão da análise empreendida é necessário que se recorra com frequência às referidas tabelas.

Uma vez analisados os diversos estudos e identificados os dados primários necessários ao cálculo dos indicadores, sejam eles de perdas propriamente ditos ou complementares, passou-se à outra fase da metodologia: a pesquisa de dados junto a alguns operadores de sistemas de abastecimento de água brasileiros.

## **5.1. PESQUISA DE DADOS**

Conforme já citado no capítulo 4 (metodologia), a pesquisa contemplou o levantamento de dois grupos de informações: os dados quantitativos (volumes, extensão de rede, quantidade de ligações, etc.) e as informações qualitativas dos dispositivos de medição e controle dos sistemas. Nesta parte da dissertação será utilizado o primeiro grupo de informações pesquisado, referente aos dados quantitativos. Uma caracterização geral dos dados coletados, baseada nos resultados mostrados no Apêndice A, é descrita a seguir.

A diversidade de características dos sistemas pesquisados, como era esperado, propiciou diferenças importantes no rol de dados informados – fato esse favorável aos testes dos indicadores –, conforme mostrado a seguir:

- na produção, sistemas onde o volume é 100% macromedido, outros apenas parcialmente macromedidos e um 100% não macromedido;
- na distribuição, dois sistemas com volumes exportados, sendo um macromedido e outro não;
- nos volumes consumidos, os sistemas variaram desde uma porção micromedida de 57,1% até 100%;
- houve ao menos três sistemas com volumes de consumo autorizado não faturado, dois com valores pequenos e outro elevado, proporcionalmente ao consumo autorizado total;
- somente um sistema informou o volume de perdas reais e aparentes (mais tarde verificou-se que os volumes não conferiam com o cálculo do balanço de águas); e

- cinco sistemas informaram volumes faturados maiores que os consumidos (diferença variando de 0,8% até 40%), um sistema informou volumes iguais, e outro informou volume faturado 4,5% menor que o consumido.

Outras constatações importantes sobre os dados são descritas a seguir, separadas em grupos de volumes de produção, de distribuição e de faturamento, mais volumes de perdas e outros dados.

**(i) Volumes da produção**

- nos sete sistemas os dados foram integralmente respondidos;
- apenas no sistema E há volumes importados;
- volumes macromedidos:
  - sistema A: 100%;
  - sistema B: 67,2%;
  - sistema C: 100%;
  - sistema D: 100%;
  - sistema E: 93,3% na produção e 100% nos volumes importados;
  - sistema F: 0%;
  - sistema G: 50%.

**(ii) Volumes da distribuição**

- nos sete sistemas os dados sobre volumes exportados foram fornecidos, sendo cinco com volume igual a zero e dois com água exportada para áreas de municípios vizinhos ao município do sistema considerado:
  - sistema A: volumes 100% macromedidos;
  - sistema C, volumes não macromedidos (estimados em função do número de ligações das áreas atendidas);
- também nos setes sistemas os volumes consumidos foram informados, com a seguinte distribuição entre medidos e não medidos:
  - sistema A: 84,7% medidos e 15,3% não medidos;
  - sistema B: 99,6% medidos e 0,4% não medido;
  - sistema C: 99,0% medidos e 1,0% não medido;
  - sistema D: 99,98% medidos e 0,02% não medido;
  - sistema E: 61,8% medidos e 38,2% não medidos;

- sistema F: 56,5% medidos e 43,5% não medidos;
- sistema G: 99,0% medidos e 1,0% não medido;
- quatro sistemas informaram os volumes de consumo autorizado não faturado:
  - sistemas A, B, D e F. Os outros três consideraram o dado como não disponível;
  - em dois casos esses volumes, proporcionalmente ao consumo total autorizado, são muito pequenos: sistema B, com 1,1% e sistema D, com 0,7%;
  - em um caso o valor é elevado: sistema A, com 5%, sendo que destes 94% são referentes a volumes especiais (caminhões pipas, chafarizes, atendimentos sociais, etc.);
  - no sistema F há o valor total, que correspondeu a 0,5% do consumo total autorizado, mas não há os valores separados de cada componente (volumes de usos operacionais, recuperados e de usos especiais).

### ***(iii) Volumes de faturamento***

- nos setes sistemas os volumes faturados foram informados;
- prevalecem os sistemas onde o volume total faturado é maior que o consumido;
- prevalece também a situação em que a proporção de volumes micromedidos é menor no volume faturado que no consumido:
  - sistema A: 90,3% medidos e 9,7% não medidos (sendo para volumes consumidos: 84,7% medidos e 15,3% não medidos) – não inclui volumes exportados –;
  - sistema B: 91,5% medidos e 8,5% não medidos (sendo para os volumes consumidos: 99,6% medidos e 0,4% não medido);
  - sistema C: 99,0% medidos e 1,0% não medido – não inclui volumes exportados – (único sistema onde volumes consumidos e faturados são iguais);
  - sistema D: 97,6% medidos e 2,4% não medidos (sendo para os volumes consumidos: 99,98% medidos e 0,02% não medido);
  - sistema E: 61,8% medidos e 38,2% não medidos (mesmos percentuais dos volumes consumidos, porém, com volumes diferentes, onde os consumidos são menores que os faturados);
  - sistema F: 50,3% medidos e 49,7% não medidos (sendo para os volumes consumidos: 56,5% medidos e 43,5% não medidos);
  - sistema G: 99,0% medidos e 1,0% não medido (mesmos percentuais dos volumes consumidos, porém esse é o único sistema onde o total de volume faturado é inferior ao total consumido).

#### **(iv) Volumes de perdas de água**

- os volumes de perdas reais e aparentes somente foram fornecidos para o sistema D. Ainda assim, a soma dos volumes não confere com o valor calculado no balanço de águas. Todos os demais operadores consideraram esses volumes como dados não disponíveis.

#### **(v) Outros dados**

- nos sete sistemas foram fornecidos os dados de cadastro das ligações, economias e extensão de rede;
- em relação à extensão dos ramais prediais, quatro sistemas forneceram o dado e os outros três consideraram como não disponível:
  - nos quatro sistemas que forneceram a extensão dos ramais prediais percebe-se que o valor foi previsto com base em uma extensão média estimada, ou seja, o dado não é fruto de um cadastro técnico;
- sobre a pressão média de operação da rede, somente para os sistemas B e G o dado foi informado. Os demais sistemas consideraram a pressão média como dado não disponível;
- a quantidade de reparos realizados só não foi fornecida para o sistema B, que considerou o dado como não disponível.

## **5.2. AVALIAÇÃO DAS PERDAS**

Antes de tratar especificamente dos indicadores de perdas, objeto principal desta parte da dissertação, é importante destacar alguns aspectos relativos à avaliação das perdas, que antecedem o cálculo dos indicadores. Esse tema foi amplamente discutido no capítulo 3 (revisão bibliográfica), não sendo necessária a sua integral reapresentação neste subitem. No entanto, é importante que se ressalte a importância de critérios bem fundamentados para essa avaliação, que podem ser alcançados aplicando-se os três métodos propostos:

- avaliação regular utilizando a seqüência do balanço de águas, em que as perdas reais são obtidas a partir da determinação das perdas totais, sendo necessária antes a determinação das perdas aparentes (método *top down*);
- monitoramento contínuo da vazão mínima noturna para determinação das perdas reais e, sendo conhecidas as perdas totais, calcula-se o volume de perdas aparentes (método *bottom up*);

- por fim, o terceiro método, proposto por Bessey e Lambert (1994) e discutido em Lambert *et al.* (1999 e 2000) e em Lambert (2002), que consiste da avaliação dos vazamentos inerentes e rompimentos utilizando o conceito denominado BABE – *Background and Bursts Estimates* (Estimativa dos Vazamentos Inerentes e Rompimentos).

Duas questões mostram-se como fundamentais na avaliação das perdas: a construção do balanço de águas, necessária aos três métodos; e a determinação da pressão média de operação da rede, com efeito sobretudo nos dois últimos métodos.

### 5.2.1. Balanço de águas

Os volumes envolvidos na análise devem primeiramente ser calculados e eles próprios representam os indicadores primários das perdas. Somente a partir deles, evidentemente, é que se pode construir os indicadores. Assim, nos estudos em que não constava o referido balanço, o mesmo foi construído nesta dissertação para equilibrar o nível de esclarecimento conceitual das propostas de indicadores e permitir uma comparação mais equitativa. A Figura 5.1 mostra o modelo de balanço adotado, onde são empregadas as siglas e termos originais dos trabalhos pesquisados (o exemplo tomado como modelo refere-se ao balanço de águas do estudo do PNCDA – Silva *et al.*, 1998; os balanços dos demais estudos estão apresentados no Apêndice B).

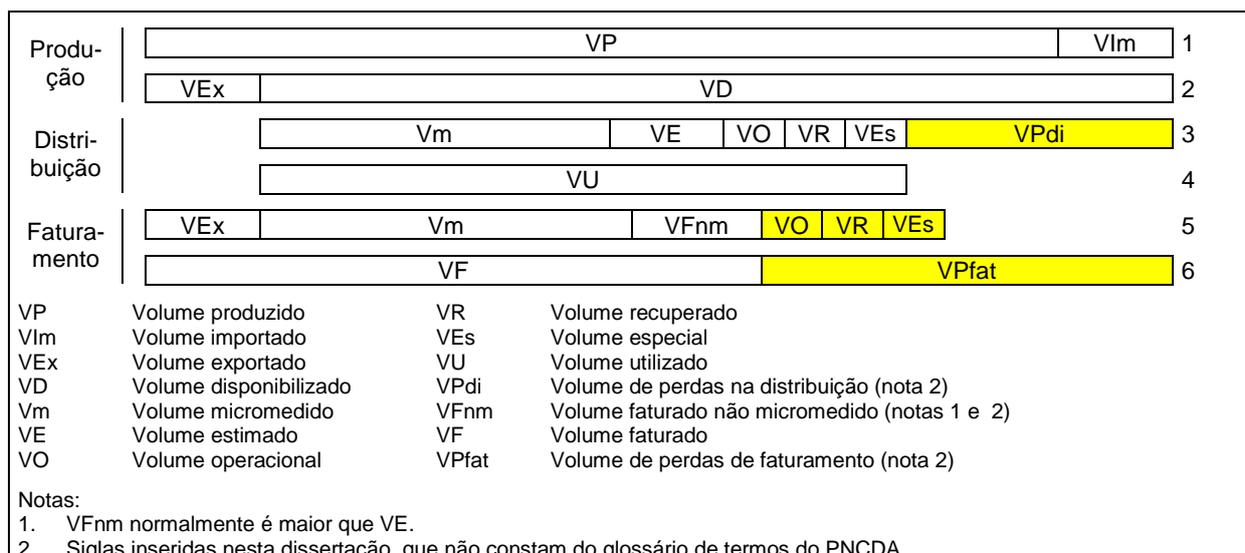


Figura 5.1. Balanço de águas – PNCDA (Silva *et al.*, 1998, modificado)

Como pode ser visto, adotou-se uma padronização na qual os componentes foram distribuídos em três grupos de volumes referentes à produção, distribuição e faturamento.

Embora alguns indicadores utilizem-se de volumes anteriores ao tratamento, os balanços contemplaram somente aqueles que se verificam a partir da saída do tratamento.

Quanto à forma dos balanços, há, basicamente, dois tipos entre os diversos modelos propostos na literatura: (i) barras horizontais sobrepostas, divididas em campos que representam os diversos volumes envolvidos no balanço, onde a seqüência, desde os produzidos até os perdidos, é disposta de cima para baixo – este é o caso dos modelos da AGHTM e do PNCDA –; e (ii) barras verticais dispostas uma ao lado da outra, divididas em campos que representam os diversos volumes envolvidos no balanço, onde a seqüência, desde os produzidos até os perdidos, é disposta da esquerda para a direita – este é o caso do modelo da IWA.

O primeiro modelo – ver Figura 5.1, anterior – ao sobrepor as barras e dividi-las em compartimentos de tamanhos diferentes para cada volume representado, tenta transmitir a idéia de escala, em que tais compartimentos são maiores ou menores em função do volume representado. Essa idéia não é bem sucedida, uma vez que os volumes variam significativamente de acordo com as características dos sistemas. Por exemplo, em um sistema com baixa micromedição os consumos não medidos ocupam um compartimento de dimensão igual ou maior que os consumos medidos, se se raciocina em termos de escala. Por outro lado, em um sistema onde a micromedição é elevada, a situação é bem diferente, com o compartimento dos consumos não medidos sendo de dimensão bem inferior ao dos consumos medidos, também raciocinando em termos de escala. Assim sendo, um balanço que transmita a idéia de escala deve ser desenhado para cada sistema, não cabendo um modelo de dimensões padrões.

O segundo modelo – ver Figura 5.2, a seguir –, por sua vez, não transmite a idéia de escala, já que a disposição dos compartimentos é lateral uma à outra, permitindo o seu uso em sistemas de características diferentes, como no caso dos exemplos anteriores. Por esse motivo, para efeito de modelo padrão, recomenda-se a utilização do modelo de barras verticais.

Há que se considerar, no entanto, que o modelo da IWA, usado como referência, considera como iguais os volumes faturados e consumidos, representando-os em um mesmo compartimento. Ou seja, o balanço não leva em conta a possibilidade de tais volumes serem diferentes, como ocorre no Brasil. Portanto, para o caso brasileiro faz-se necessária a construção de um padrão que permita a representação dos volumes consumidos e faturados de forma separada.

Em vista do exposto, na Figura 5.2 propõe-se um modelo de balanço similar ao da IWA, adaptado para uso em sistemas brasileiros, onde são incluídas as representações de volumes consumidos e faturados, separadamente. O modelo já adota as siglas e termos padronizados, sobre os quais se dissertará mais adiante.

PRODUÇÃO			DISTRIBUIÇÃO			FATURAMENTO		
VPRom	VPRO	VDIS	VTEXm	VTEX	VCAU	VTEX	VFAT	VFAT
VPROnm			VTEXnm			VFATm		
VTIMm	VCONm		VFATnm					
VTIMnm	VCONnm		VOPE	VOPE		VCNF	VANF	
	VTIM		VREC	VREC				
	VESP		VESP					
	VCNA		VPAP	VCNA		VPAP		
	VCMC		VPAG	VCMC				
	VVAZ		VPRE	VVAZ		VPRE		
	VOEX			VOEX				

VPRom	Volume de água produzido macromedido	VCONm	Volume de água consumido micromedido	VVAZ	Volume de água de vazamentos
VPROnm	Volume de água produzido não macromedido	VCONnm	Volume de água consumido não micromedido	VOEX	Volume de água para usos operacionais extraordinários
VPRO	Volume de água produzido	VCON	Volume de água consumido	VPRE	Volume de perdas reais de água
VTIMm	Volume de água tratada importado macromedido	VOPE	Volume de água para usos operacionais	VPAG	Volume de perdas totais de água
VTIMnm	Volume de água tratada importado não macromedido	VREC	Volume de água recuperado	VFATm	Volume de água faturado micromedido
VTIM	Volume de água tratada importado	VESP	Volume de água para usos especiais	VFATnm	Volume de água faturado não micromedido
VDIS	Volume de água disponibilizado para distribuição	VCNF	Volume de água de consumo autorizado não faturado	VFAT	Volume de água faturado
VTEXm	Volume de água tratada exportado macromedido	VCAU	Volume de água de consumo autorizado total	VANF	Volume de águas não faturadas
VTEXnm	Volume de água tratada exportado não macromedido	VCNA	Volume de água de consumo não autorizado		
VTEX	Volume de água tratada exportado	VCMC	Volume de água de consumo mal contabilizado		
		VPAP	Volume de perdas aparentes de água		

Figura 5.2. Modelo de balanço de águas para uso em sistemas brasileiros

Como roteiro para preenchimento do balanço recomenda-se utilizar aquele que é proposto para o modelo da IWA, descrito no capítulo 3 (revisão bibliográfica). No Apêndice B pode ser vista a aplicação do modelo em cada um dos sistemas pesquisados.

### **5.2.2. Discussão sobre a determinação da pressão média de operação**

Conforme mostrado na revisão bibliográfica, a pressão de operação dos sistemas tem efeito expressivo nas perdas de água. Foi visto que o conceito FAVAD estabelece parâmetros de avaliação das perdas a partir da variação da pressão e que existe uma forte tendência de construção de indicadores que entram no cálculo com a pressão de operação da rede. O adequado controle de cada setor de abastecimento, uma setorização eficiente e um rigoroso sistema de monitoramento das pressões tornam-se, então, fatores fundamentais.

Nos casos em que não há evidências de regimes de pressão muito diferentes na área em análise, principalmente em sistemas de pequeno porte, a determinação da pressão média pode se dar por critérios simples, que utilizem avaliações de rotina da pressão em pontos estratégicos da rede, suficientes para extrapolar a pressão média de toda a área. Nessa hipótese, os indicadores de perdas podem ser calculados com um único valor global de pressão média.

Essa, no entanto, não é a situação dos sistemas onde a área de atendimento é muito extensa ou onde a topografia é muito irregular. Nesses casos, necessariamente, o valor da pressão a ser adotado no cálculo dos indicadores deverá ser o resultado de uma média ponderada.

Quando se dispuser de algum modelo hidráulico calibrado, trabalhando em períodos longos, pode-se utilizar as pressões médias nos nós e ponderá-las com base nos consumos de cada um deles, para obtenção do valor médio da área em análise. Outra hipótese é trabalhar-se com mapas de curvas de pressão, principalmente nas situações de topografia muito acidentada, estabelecendo-se um valor médio por faixas. O valor global médio é determinado pela média ponderada da pressão de cada faixa, onde as respectivas populações equivalentes servirão de fator de ponderação (Alegre *et al.*, 2000).

### **5.3. ANÁLISE DOS INDICADORES**

A análise efetuada recomenda uma organização dos indicadores em categorias, de acordo com a dificuldade de obtenção dos dados que os compõem e com os objetivos da avaliação que se pretende fazer. Assim, os indicadores dos diversos estudos foram identificados e separados em níveis básico, intermediário e avançado, dispostos em tabelas apropriadas (apresentadas no Apêndice C). Os critérios para posicionamento do indicador em um

desses níveis tiveram como referência as propostas de Alegre *et al.* (2000) e Silva *et al.* (1998), resultando nas seguintes definições:

- nível básico: composto por indicadores derivados de informações técnicas mínimas, exigíveis de todos os sistemas indistintamente; fornece uma síntese da eficiência e da eficácia do operador;
- nível intermediário: composto por indicadores derivados de informações técnicas específicas mais refinadas do que as utilizadas nos indicadores do nível básico; permite um conhecimento mais pormenorizado que os indicadores do nível básico, para uma análise mais profunda;
- nível avançado: composto por indicadores derivados de informações técnicas que, adicionalmente aos atributos das anteriores (níveis básico e intermediário) envolvem um grande esforço de monitoramento e controle operacional, utilizando técnicas e equipamentos mais sofisticados; indicadores com maior detalhe específico, relevantes para a gestão do operador.

Embora se tenha adotado os critérios propostos por Alegre *et al.* (2000) e Silva *et al.* (1998), nem sempre o enquadramento dos indicadores obedeceu às propostas desses autores. Por exemplo, os indicadores que utilizam volumes de perdas reais e aparentes, separadamente, considerados por Silva *et al.* (1998) como avançados e por Alegre *et al.* (2000) como básicos, na presente dissertação foram enquadrados no nível intermediário.

Os indicadores do nível básico normalmente correspondem àqueles tradicionais, de ampla utilização dos operadores. Os primeiros analisados foram os indicadores de perdas de faturamento (todos em percentual). Tais indicadores correspondem a uma composição de perdas reais, perdas aparentes e consumos autorizados não faturados. Representam as perdas de faturamento do serviço em termos de volume de água.

No Brasil, devido aos baixos níveis de micromedição e à incidência de hidrômetros defeituosos ou com vida útil vencida, que ocorre em grande parte dos serviços, é comum uma parcela do volume faturado ser estimada, utilizando-se um consumo fixo mensal por economia – nos casos de ligações não medidas – ou uma média de consumo dos últimos 6 ou 12 meses – nos casos de ligações medidas –, porém com o hidrômetro parado. Em função desses critérios, na maioria das vezes, as perdas de faturamento são menores que as perdas efetivas de água.

Em seguida a análise concentrou-se em outros indicadores do nível básico, também tradicionais, chamados indicadores de perdas na distribuição, que se distribuem em três

subconjuntos: (i) indicadores expressos em percentual do volume disponibilizado; (ii) indicadores expressos em volume, associado à extensão de rede (fator de escala); e (iii) indicadores expressos em volume, associado à quantidade de economias ou de ligações (também fator de escala). Esses indicadores também correspondem a uma composição de perdas reais e perdas aparentes, aqui sem incluir os consumos autorizados não faturados. Representam as perdas de água ocorridas no sistema de distribuição e diferem dos primeiros por retratar os volumes disponibilizados que não são utilizados, enquanto os anteriores retratam aqueles que não são faturados.

Todos os volumes não utilizados são considerados como perdas na distribuição. Esses volumes deveriam corresponder somente às perdas reais, como ocorre no cenário internacional. No entanto, no estágio atual dos processos de controle operacional dos sistemas brasileiros, a obtenção dos volumes de perdas reais separados das perdas aparentes não é uma atividade de rotina, fazendo com que os operadores acabem por utilizar dois indicadores desse nível, que incorporam ambas as perdas. Na essência, abstraindo a pequena influência dos consumos autorizados não faturados, a diferença entre os dois indicadores representa o percentual de água cobrado a mais ou a menos dos consumidores – na grande maioria dos casos cobrado a mais.

O retorno obtido na pesquisa para os volumes de perdas reais e aparentes evidenciou a situação supramencionada, retratando o pouco conhecimento que se tem das perdas de água, tanto nos sistemas menores, onde em tese seriam mais fáceis a identificação e a medição dos diversos tipos de perdas, como nos sistemas maiores. Mesmo companhias evoluídas, que se destacam no cenário nacional, não conhecem o nível de desagregação de suas perdas.

Pelo que se sabe de senso comum no setor saneamento do país, essa é a realidade da maioria dos sistemas brasileiros. Tal situação dificulta o avanço na avaliação de desempenho no campo das perdas de água, uma vez que não há, no curto prazo, possibilidade de se empregar indicadores que retratem as perdas reais separadas das aparentes. Observa-se que, no estágio atual, somente é possível adotar indicadores de perdas totais.

Assim, os indicadores que retratam separadamente as perdas reais e aparentes foram incluídos no grupo dos intermediários, distribuídos em dois subconjuntos: (i) indicadores de perdas reais; e (ii) indicadores de perdas aparentes. As unidades utilizadas são em

percentual ou em unidade de volume associada a algum fator de escala (extensão de rede e quantidade de ligações ou economias).

Dada à complexidade da análise, algumas entidades propõem que os indicadores de perdas devam ser acompanhados de indicadores complementares para se ter uma avaliação mais abrangente da questão, principalmente quando se trata da comparação de desempenho. Alguns desses indicadores não só complementam a informação sobre perdas como também qualificam os volumes utilizados.

Dessa forma, no grupo de nível básico enquadram-se diversos desses indicadores, os quais retratam determinadas condições operacionais dos sistemas, como por exemplo o indicador de hidrometração ou a oferta bruta de água por economia. Outra parte dos indicadores complementares enquadra-se no grupo de nível intermediário e retratam basicamente as perdas físicas em unidades do sistema anteriores ao tratamento. Também aqui as unidades utilizadas nesses indicadores são em percentual ou em unidade de volume associada a algum fator de escala (extensão de rede e quantidade de ligações ou economias).

Por fim, fez-se uma análise do grupo dos indicadores avançados, a maioria deles retratando as perdas reais associadas à pressão de operação da rede. Nesse grupo, a proposta mais avançada de todas refere-se ao Indicador de Vazamentos da Infra-estrutura, que estabelece o conceito das perdas reais mínimas inevitáveis, cujo cálculo leva em conta os efeitos dos fatores locais que influenciam as perdas a uma determinada pressão de operação.

A análise dos indicadores avançados evidencia a tendência internacional de adotar a pressão de operação da rede como variável de avaliação das perdas. Nesse sentido, alguns indicadores apresentam fórmulas compostas, que associam os volumes de perdas reais à pressão. Nos sistemas brasileiros, a julgar pelo resultado da pesquisa feita na dissertação e pelo que se sabe de senso comum, serão necessários avanços significativos nos controles dos sistemas para que esses indicadores sejam utilizados como rotina operacional.

Conquanto essa constatação seja pouco animadora, merece destaque, no entanto, o fato de que os indicadores não são propostos com o objetivo exclusivo de comparação de desempenho. Muitos têm uma função gerencial, para planejamento, formulação de programas de combate às perdas e controle de metas; ou operacional, para contribuir no gerenciamento da demanda ou na detecção de fugas e usos operacionais excessivos, por exemplo. Nesses casos, as terminologias e equações de cálculo devem ser adequadas às especificidades do sistema de água em análise, sem necessariamente estarem atreladas a

uma padronização nacional ou internacional. Por exemplo: um determinado indicador usa em sua fórmula a extensão total de rede; entretanto, o operador não dispõe dessa informação, pois falta a extensão dos ramais prediais. Nessa situação, é perfeitamente aceitável que ele utilize a extensão da rede sem incluir os ramais. Outro exemplo: um determinado indicador exclui das perdas na distribuição os volumes de usos operacionais, recuperado e de usos especiais, entretanto, o operador decide por uma postura gerencial mais conservadora e prefere não excluir tais volumes do indicador. Essa é também uma decisão perfeitamente aceitável.

Quando se tratar, no entanto, da utilização do indicador para comparação de desempenho, esse deve obedecer à formulações padronizadas e precisa retratar, ao máximo, condições uniformes de funcionamento dos sistemas. Nesse sentido, percebe-se duas correntes que, de formas distintas, buscam alcançar a homogeneidade da informação.

Uma das correntes propõe a utilização de indicadores compostos com variáveis que, em tese, permitem a uniformização das condições operacionais de sistemas, os quais, na maioria das vezes, funcionam em condições diferentes. É o caso de indicadores que incorporam no cálculo os chamados fatores de escala – extensão de rede e quantidade de economias ou ligações – ou a pressão de operação das redes. O exemplo mais recente desse tipo é o Indicador de Vazamentos da Infra-estrutura.

A outra corrente aponta para a utilização de um conjunto de indicadores que se complementam e permitem a análise integral das condições operacionais dos sistemas, ou seja, além do indicador que retrata as perdas propriamente ditas são utilizados indicadores complementares que refletem as condições operacionais, tais como indicadores de macro e micromedição, indicador de consumo médio, indicador de ligações inativas, dentre outros.

Nesse contexto, a análise dos indicadores evidencia duas questões importantes que merecem destaque, antes mesmo de se apresentar a atividade seguinte do trabalho, que consistiu do cálculo dos indicadores. Tais questões, tratadas a seguir, dizem respeito aos problemas com os indicadores expressos em percentual e ao equívoco do uso do indicador de perdas de faturamento como indicador de desempenho operacional.

### ***5.3.1. Discussão sobre os indicadores em percentual***

Embora haja fortes críticas aos indicadores expressos em percentual, todos os trabalhos pesquisados ainda sustentam esses indicadores, com exceção do estudo da U. K. *Water*

*Industry*. Os estudos iniciais do Grupo de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água, do qual surgiram as primeiras críticas, apresentam tais indicadores, embora recomendem a sua não utilização. Já os trabalhos mais recentes do Grupo aumentam as críticas com novos e mais fortes argumentos e decidem, de forma categórica, pela não utilização dos mesmos, recomendando o seu abandono definitivo. Ainda assim, eles foram mantidos no manual de avaliação de desempenho da IWA (Alegre *et al.*, 2000), elaborado por outro Grupo de Trabalho da entidade.

Conforme visto na revisão bibliográfica, os indicadores de perdas de água expressos em percentual do volume disponibilizado não são apropriados para avaliação de desempenho, uma vez que são fortemente influenciados pelas variações do consumo. Exemplos apresentados mostram que, para sistemas com mesmo volume de perdas, quanto maior o consumo menor o valor das perdas em percentual. Nos casos em que ocorrem intermitências no sistema, com demanda reprimida em determinadas áreas, o comportamento do consumo é variável e desconhecido, afetando e fazendo flutuar os indicadores de perdas. há também uma dificuldade da avaliação de metas futuras para as perdas, já que as variações no consumo impactam o indicador, independente de ter havido, efetivamente, redução ou aumento de perda.

O gráfico da Figura 5.3 ilustra a flutuação das perdas ao longo de vinte e um meses, sendo os doze primeiros correspondentes ao ano de 2000 e os nove meses seguintes ao ano de 2001. Segundo Paracampos (2002) o crescimento das perdas em percentual, no ano de 2001, decorreu do racionamento de água havido naquele ano, com a conseqüente redução do consumo.

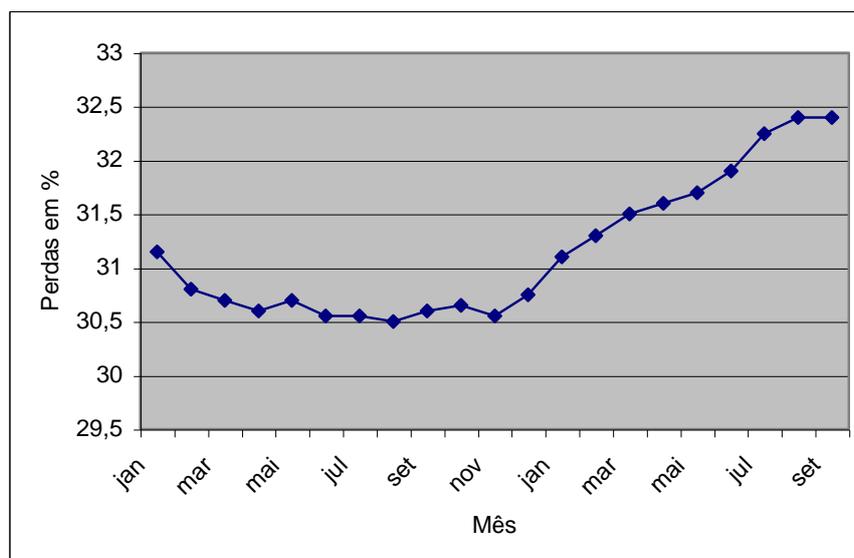


Figura 5.3. Exemplo de flutuação do indicador de perdas em percentual no sistema da Região Metropolitana de São Paulo (Paracampos, 2002, modificado)

Países como Japão, Alemanha, Grã-Bretanha, Austrália e África do Sul, dentre outros, já não admitem esses indicadores para avaliação de desempenho. Outros países da Comunidade Européia, da Ásia e da Oceania têm feito restrições ao uso do indicador, embora ainda o considerem como válidos devido à sua fácil obtenção e melhor assimilação por parte dos leigos (população em geral, políticos e imprensa).

A compreensão dos níveis de perdas ou de ganhos, em qualquer atividade, é mais facilmente assimilada quando os valores são expressos em percentual. Tradicionalmente, no Brasil e em outras partes do mundo, os indicadores em percentual são adotados principalmente por esse motivo. A mudança de paradigma, nesse caso, exige avanços no conhecimento do problema por parte de todos os atores envolvidos com os serviços: dirigentes e técnicos que atuam com a prestação dos serviços; políticos e administradores públicos; e a sociedade em geral.

Para os técnicos que atuam na operação dos sistemas de abastecimento de água, pode-se dizer que existem basicamente duas realidades no Brasil. A dos sistemas tecnologicamente mais avançados e com maior qualificação da mão de obra; e a dos sistemas menos avançados, do ponto de vista tecnológico, e com qualificação inferior. Nessas duas realidades, embora haja um nível similar de familiaridade com os dados físicos dos sistemas, tais como volumes, extensão de rede, número de ligações e pressão, dentre outros, nem sempre a capacidade de compreensão de indicadores que associam essas unidades estão no mesmo nível. É possível afirmar que, enquanto no primeiro caso, uma mudança de paradigma com a abolição dos valores em percentuais tem maior possibilidade de êxito, no segundo caso são pequenas as chances de tal situação se viabilizar de imediato.

Em relação aos dirigentes e tomadores de decisão, mesmo quando eles têm pouca vivência no setor, a condição de acesso permanente às informações contribui para a mais fácil aceitação de uma mudança de paradigma.

Os políticos e administradores públicos, por sua vez, têm a tendência de optar por números de mais fácil manuseio, que permita rápida visualização do problema e fácil compreensão da medição envolvida, além também de fácil acompanhamento da evolução dos indicadores ou da verificação do cumprimento de metas. Assim, considerando que os indicadores em percentual enquadram-se nesse perfil, tais atores tendem a ser resistentes à mudança do indicador.

De outro lado, a sociedade, ainda mais a brasileira, com alto índice de pessoas de baixa escolaridade, poderia encontrar dificuldades em assimilar, no estágio atual, outro indicador que não o em percentual. Ou seja, a dimensão do nível de desempenho de determinado serviço, expressa em l/lig.dia ou em l/lig.mca.dia, seria de difícil compreensão para a sociedade, favorecendo assim a manutenção dos indicadores em percentual. Entretanto, tal argumentação não deve servir de instrumento contra a evolução da análise, mesmo porque um bom esforço de esclarecimento poderia reduzir as dificuldades citadas.

Além dos atores envolvidos é preciso considerar também os objetivos do uso do indicador. Quando se trata de um uso para tomada de decisões, planejamento de ações, desenvolvimento de programas de redução e controle de perdas e avaliação de resultados, os indicadores precisam ser o mais representativo possível da realidade dos sistemas, devendo estar tecnicamente corretos e precisos. Para essa situação, os indicadores de perdas em percentual realmente devem ser evitados. Ainda mais que os atores envolvidos são técnicos e dirigentes com capacidade de compreensão efetiva dos indicadores.

Também quando se trata do uso do indicador para fiscalização da eficiência dos serviços, seja por instâncias reguladoras, por órgãos de controle do estado ou da sociedade, ou ainda por acionistas da empresa, em que a comparação de desempenho é peça fundamental, a mesma argumentação acima se aplica e também para essa função o indicador em percentual deve ser evitado. Deve-se ressaltar, no entanto, que as instâncias de fiscalização e controle dos serviços de abastecimento de água no Brasil somente agora começam a ser criadas, não havendo até então tradição neste tipo de atividade no país, o que poderá dificultar a aceitação, de início, da exclusão dos indicadores em percentual.

Por outro lado, ainda no âmbito da fiscalização e controle dos serviços públicos, a transparência das informações e a compreensão da sociedade sobre elas exigem indicadores facilmente assimiláveis. Essa característica fortalece o uso dos indicadores em percentual, que, conforme já citado anteriormente, são os de mais fácil obtenção e de melhor compreensão por parte da sociedade em geral.

Portanto, em vista do exposto, pode-se concluir que a melhor situação para o Brasil ainda é manter os indicadores em percentual, ao mesmo tempo em que, paralelamente, incrementa-se o uso de indicadores mais representativos.

Nesse sentido, uma alternativa seria testar novos indicadores, ainda em percentual, do qual sejam expurgados os inconvenientes apontados nesta discussão. Assim, seria mantida a principal característica positiva que é a facilidade de assimilação e compreensão, e resolvido o principal problema que é o de apontar resultados equivocados do ponto de vista da avaliação de desempenho.

Uma opção seria a transformação do Indicador de Vazamentos da Infra-estrutura (IVIN), cuja formulação original prevê um resultado adimensional, em um indicador expresso em percentual. Assim, em um sistema no qual o IVIN fosse 6, por exemplo, passaria a ser 600%. A base do indicador seria o volume de perdas reais mínimas inevitáveis e o significado da informação seria que o sistema perde um volume de água 600% superior ao valor mínimo que deveria perder.

O inconveniente, nesse caso, é a perda de referencial do resultado. Os indicadores tradicionais, utilizam como base o volume disponibilizado para distribuição, de forma que o valor do indicador situa-se sempre entre zero e 100%, facilitando a assimilação de possíveis conceitos, do tipo: resultado ruim, regular, bom ou ótimo, por exemplo.

Na opção de transformar o IVIN em percentual, a tendência seria obter resultados acima de 100%, que poderiam chegar a valores elevados, da ordem de 900% ou superior. Esses valores dificultariam a compreensão do indicador e a assimilação de conceitos, como os exemplificados no parágrafo anterior. Além disso, poderiam transmitir uma indicação alarmista para situações em que sequer tenha havido uma avaliação custo/benefício da recuperação das perdas até os níveis mínimos adotados no indicador. Entretanto, ainda assim, seriam de mais fácil assimilação do que os valores adimensionais. Estrategicamente, o nome do indicador poderia contribuir para a compreensão de seu significado.

### **5.3.2. Discussão sobre o indicador tradicional de perdas de faturamento**

O “Índice de Perdas de Faturamento” – o mais tradicional indicador de perdas adotado no Brasil – embora tenha um nome que sugira perdas do ponto de vista financeiro, na prática é utilizado para tratar de perdas de água. Essa é uma forma equivocada, pois os volumes de água faturados são normalmente superiores aos volumes de água consumidos. Tal fato decorre dos critérios de faturamento, adotados de forma quase unânime no Brasil, dentre os quais destacam-se:

- (i) para os consumidores cujas ligações não são micromedidas é faturado um volume fixo mensal, na grande maioria dos sistemas brasileiros igual a  $10 \text{ m}^3$ , mas em alguns casos podendo chegar a  $15 \text{ m}^3$  ou mais;

- (ii) para consumidores cujas ligações são micromedidas e que consomem no mês um volume inferior ao mínimo, é também faturado o mesmo volume fixo mensal;
- (iii) para consumidores cujas ligações estão com hidrômetro parado, soterrado, com dificuldade de leitura ou defeituoso, o faturamento se dá pela média de consumo dos últimos meses, sendo que a maioria dos operadores brasileira utiliza os últimos 12 meses;
- (iv) nos casos em que a micromedição apontar consumos mensais muito superiores à média histórica, o faturamento, na maioria dos prestadores de serviços, se dá também pela média de consumo dos últimos meses, ou por um valor máximo igual a duas vezes a média, quando o consumo é superior a esse valor, ou ainda por outros critérios semelhantes que implicam em limitação do consumo faturado ou em uma política de estornos.

Esses critérios fazem com que nos sistemas brasileiros sejam comuns volumes faturados maiores que os consumidos, tanto nos casos em que a micromedição é elevada e, portanto, os volumes consumidos são quase que integralmente medidos, quanto nos casos em que a micromedição é baixa e, aí, parte do volume consumido é estimado. Dados do Diagnóstico 2000 do SNIS (PMSS, 2001) indicam que em uma amostra de 964 municípios, operados por companhias estaduais e por entidades locais, onde constam informações sobre volumes consumido e faturado, em 562 deles (58% da amostra) o volume faturado é superior ao consumido, em percentuais que variam desde 1% até 30%. Há inclusive 15 casos extremos, em que o volume faturado chega a ser superior ao volume disponibilizado para distribuição, resultando em valor negativo para o indicador.

Se se considera os volumes agregados das companhias estaduais, correspondentes à soma dos volumes de todos os sistemas operados por cada uma delas, a situação se confirma, com 19 companhias (73% da amostra) tendo volume faturado superior ao consumido, independente do nível de micromedição. A Tabela 5.2 mostra dados de seis companhias estaduais, três com níveis de hidromedição próximos de 100% e outras três na casa dos 60%, os quais confirmam essa constatação.

Tabela 5.2. Relação entre os volumes faturados e consumidos para diferentes níveis de micromedição, em um grupo de operadores brasileiros (PMSS, 2001, modificado)

Companhia	IHID (%)	VFAT (1000 m <sup>3</sup> )	VCON (1000 m <sup>3</sup> )	(VFAT - VCON) x 100 / VCON (%)
SANEPAR/PR	100,0	406.575,3	347.843,4	16,9
SABESP/SP	99,4	1.729.652,0	1.566.098,0	10,4
SANESUL/MS	99,2	49.826,7	44.341,6	12,4
CAER/RR	63,9	14.496,3	13.409,4	8,1
CAERN/RN	68,3	96.279,0	77.026,0	25,0
COMPESA/PE	67,0	187.733,0	153.812,0	22,1

IHID: indicador do nível de hidromederação; VFAT: volume de água faturado total; VCON: volume de água consumido total

Também os dados de cinco dos sistemas pesquisados nesta dissertação, mostrados na Tabela 5.3, confirmam essa realidade.

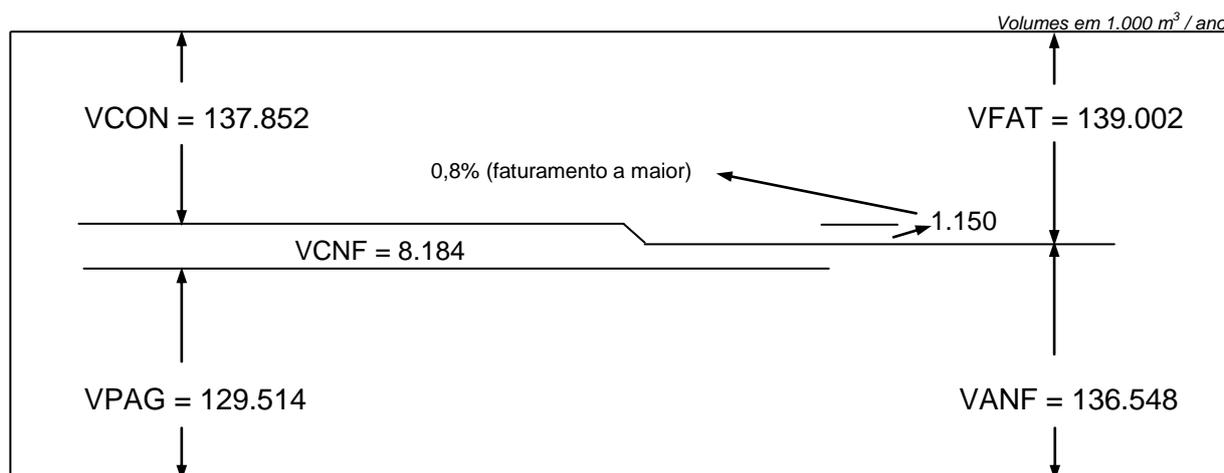
Tabela 5.3. Relação entre os volumes faturados e consumidos para diferentes níveis de micromedição, em sistemas pesquisados na dissertação

Sistema	IHID (%)	IMIC (%)	VFAT (1000 m <sup>3</sup> )	VCON (1000 m <sup>3</sup> )	(VFAT - VCON) x 100 / VCON (%)
Sistema A	77,6	84,7	(1) 139.002	137.852	0,8
Sistema B	99,2	99,6	153.509	135.694	13,1
Sistema D	100,0	100,0	81.214	76.239	6,5
Sistema E	61,8	61,8	17.044	12.162	40,0
Sistema F	57,1	56,5	7.616	6.791	12,1

(1) Excluído o volume de água exportado

IHID: indicador do nível de hidromederação; IMIC: indicador da eficiência de micromedição; VFAT: volume de água faturado total; VCON: volume de água consumido total

A diferença entre volumes faturado e consumido nos sistemas pesquisados pode ser visualizada nas representações esquemáticas mostradas nas Figuras 5.4 a 5.8.



VCON: volume de água consumido total; VFAT: volume de água faturado total; VCNF: volume de consumos autorizados não faturados; VPAG: volume de perdas de água; VANF: volume de águas não faturadas

Figura 5.4. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema A

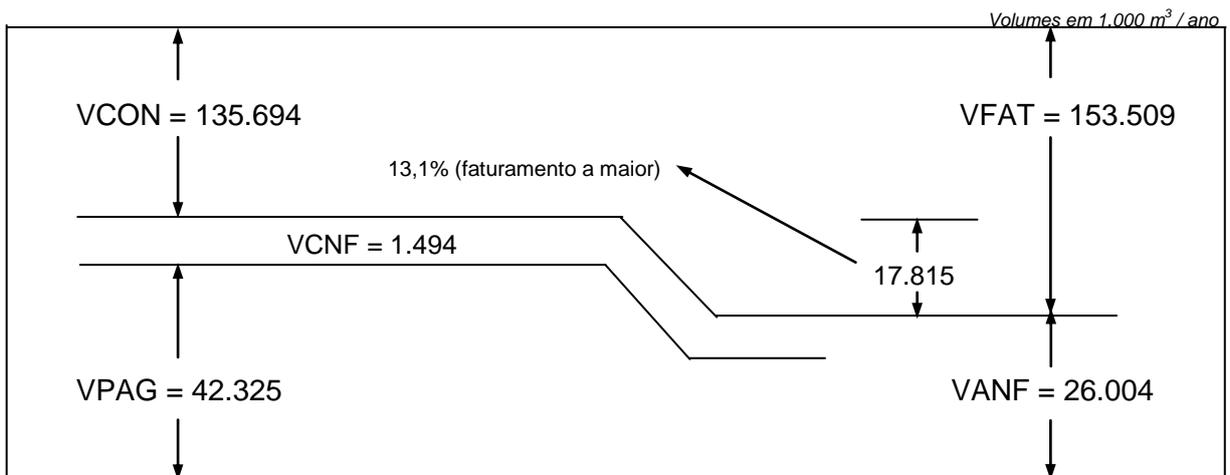


Figura 5.5. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema B

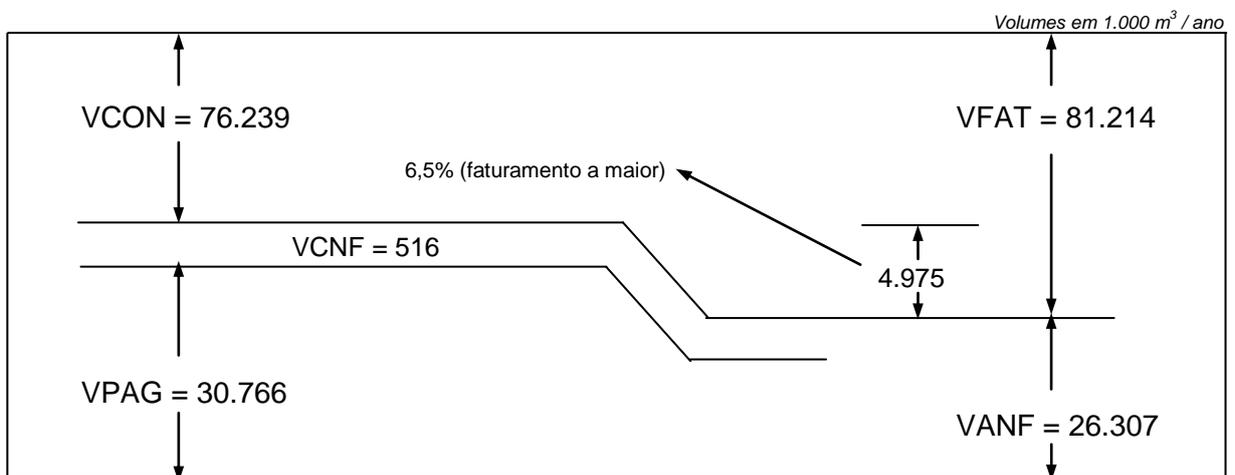


Figura 5.6. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema D

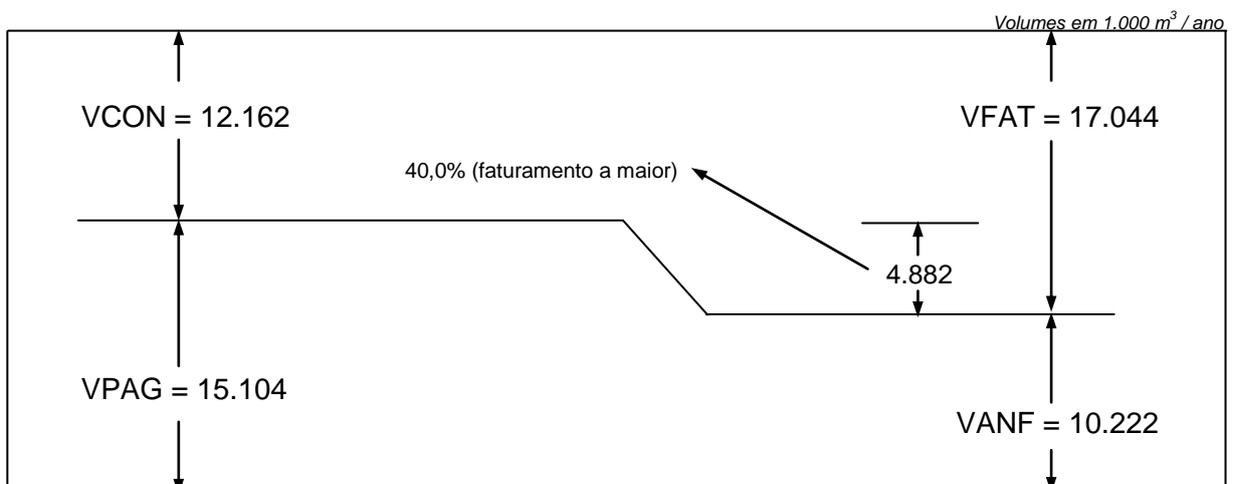


Figura 5.7. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema E

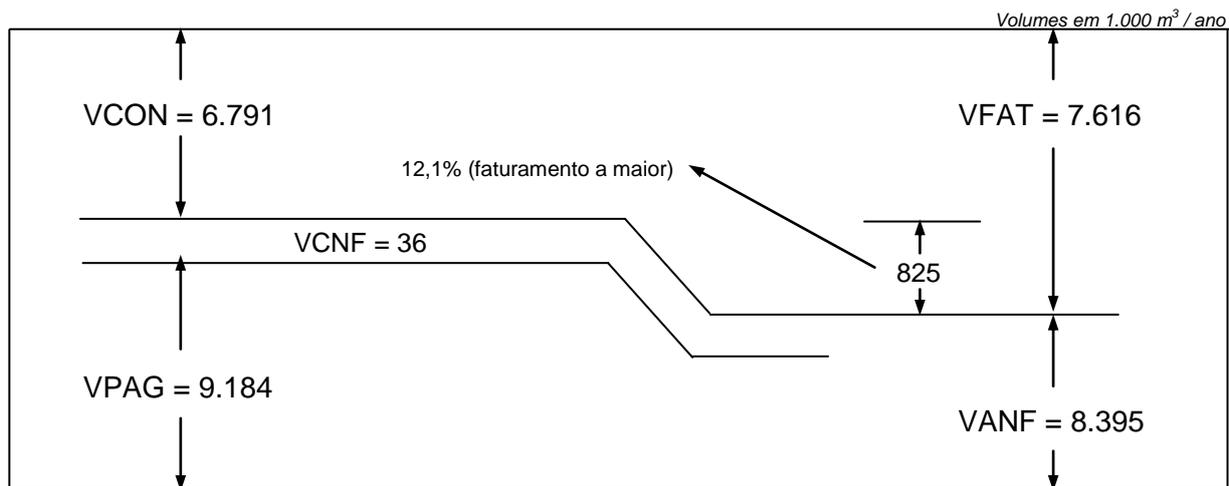


Figura 5.8. Representação esquemática: volumes consumidos versus volumes faturados, sistema F

Portanto, do ponto de vista da avaliação do desempenho operacional, no que se refere ao controle das perdas de água, o “Índice de Perdas de Faturamento” é um indicador inadequado. O mesmo deve ser utilizado para avaliação do desempenho comercial/financeiro, nunca para avaliar desempenho operacional. Ressalte-se que Alegre *et al.* (2000) inclui o indicador no grupo dos Indicadores Financeiros e AGHTM (1990) denomina o indicador de Razão Financeira, numa conotação clara de conteúdo financeiro e não de perdas de água. Cabe lembrar que, até um passado recente, no Brasil essas perdas eram denominadas de “perdas comerciais”.

Nesse sentido, o indicador de desempenho comercial/financeiro deve ser considerado em dois níveis distintos de análise:

- em um nível básico, em que o indicador é mantido como um percentual do volume disponibilizado para distribuição; e
- em um nível intermediário, em que os volumes perdidos são transformados em valores monetários e expressos como um percentual das despesas de exploração.

De forma a contribuir com a mudança de paradigma em relação ao referido indicador, sugere-se a alteração de seu nome para Indicador de Águas não Faturadas por Volume (no nível básico) e Indicador de Águas não Faturadas por Custo (no nível intermediário).

Deve-se estar atento, no entanto, ao fato de que a proposição de mudança de foco em relação ao tratamento tradicional do indicador de perdas de faturamento exige que se consolide um novo indicador com enfoque específico nas perdas reais.

### **5.3.3. Cálculo dos indicadores**

A etapa seguinte da análise consistiu em calcular os indicadores propostos nos diversos estudos – reunidos no Apêndice C – para os sete sistemas pesquisados. Os resultados dos cálculos estão dispostos nas tabelas no próprio Apêndice, onde constam também comentários sobre os aspectos conceituais, as fórmulas de cálculo e as definições dos dados empregados nos indicadores. Tais comentários tiveram como objetivo principal levantar elementos de comparação entre as propostas. Ao final identificam-se os indicadores considerados mais apropriados para compor uma proposta padrão.

Os valores encontrados para os indicadores, do ponto de vista da avaliação de desempenho de cada sistema pesquisado, não têm qualquer importância para os objetivos da presente dissertação. Por esse motivo evitou-se apresentar os resultados em ordem crescente ou decrescente dos indicadores, mas sim pela ordem dos sistemas em termos de porte. No entanto, cabe destacar que as mudanças de comportamento dos resultados em função do tipo de indicador utilizado, principalmente para comparação entre aqueles em percentual e os fatores de escala, correspondem a uma importante ferramenta de análise. Por exemplo: o sistema G apresentou sempre o quarto menor indicador em percentual, mas o primeiro menor quando a escala era  $m^3 / km$  ou litros / ligação. Já com o Sistema B ocorreu o contrário, apresentou sempre o menor indicador em percentual, mas apenas o terceiro menor em algumas das propostas de fator de escala.

Em função do exercício de cálculo e dos comentários apresentados nas tabelas do Apêndice C, foi possível destacar algumas das principais observações feitas em relação aos indicadores, ressaltando as diferenças existentes entre eles, bem como as vantagens e desvantagens de sua aplicação, conforme mostrado no subitem a seguir. Ao final deste capítulo apresenta-se a proposta padrão com os indicadores recomendados como os mais representativos para o gerenciamento das perdas.

### **5.3.4. Síntese da análise comparada**

Inicialmente, convém ressaltar que foi na fase de montagem das planilhas eletrônicas de cálculo dos indicadores que se pôde observar as principais diferenças entre eles. Os comentários apresentados no Apêndice C foram feitos a partir da experiência prática de análise dos dados coletados e de cálculo dos indicadores. A seguir apresenta-se uma síntese dos comentários, para os indicadores e para os dados primários que os compõem.

### ***(i) Volumes importados e exportados***

Todas as propostas incluem volumes importados e exportados, exceto o estudo da AESBE/ASSEMAE. Há, no entanto, diferenças de tratamento para os volumes exportados, os quais são subtraídos dos volumes de entrada nos sistemas e não constam dos volumes consumidos e faturados, ou seja, comportam-se na análise como se não fizessem parte do balanço de águas nos estudos do PNCDA e da AGHTM. Ou então compõem o balanço de águas a partir da saída do tratamento e constam como consumos regulares, estando incluídos nos volumes consumidos e nos faturados, como nos estudos da IWA e U. K. *Water Industry*. Nos dois sistemas pesquisados onde há volumes exportados essa diferença de conceitos implicou em indicadores de água não faturada em percentual para o primeiro grupo cerca de 7% maiores que os do segundo grupo.

A análise do balanço de águas e dos resultados dos indicadores indica como mais correta a proposição dos estudos da IWA e U. K. *Water Industry*, ou seja, o volume exportado não deve ser subtraído do volume produzido, mas somado aos volumes consumidos e faturados.

### ***(ii) Volumes consumidos e faturados***

Os estudos internacionais consideram que os volumes consumidos e faturados são iguais, ou seja, os consumos medidos mais os estimados são efetivamente os mesmos faturados. Esse é o principal motivo pelo qual as propostas internacionais não aprofundam a discussão em torno dos indicadores de perdas aparentes ou de águas não faturadas, concentrando-se nos indicadores de perdas reais.

No Brasil, em função dos procedimentos comerciais, já descritos anteriormente, os volumes faturados e consumidos são quase sempre distintos. Por esse motivo é importante manter-se indicadores que diferenciem águas não faturadas e perdas efetivas de água. Nas atividades de gerenciamento é preciso disseminar o uso de metodologias para avaliação dessas perdas, como por exemplo o método do monitoramento da vazão mínima noturna para cálculo das perdas reais, ou estudos experimentais de avaliação da submedição dos hidrômetros, para quantificar uma importante parcela das perdas aparentes.

### ***(iii) Águas não contabilizadas e não faturadas***

Há também, nos estudos internacionais, uma indicação de que o termo águas não contabilizadas deve ser evitado, devido à existência de diferentes definições para o mesmo,

em todo o mundo. Recomendamos esses estudos que na hipótese de seu uso, o termo seja aplicado em consonância com o conceito de águas não faturadas. Essa é uma recomendação que muda o tratamento atual adotado no Brasil, onde o termo águas não contabilizadas é empregado para identificar os volumes disponibilizados que não são utilizados e o termo águas não faturadas para identificar os volumes disponibilizados que não são faturados.

O emprego dos dois termos deixa alguma possibilidade de confusão entre o real significado de cada um, pois, em tese, fatura-se aquilo que é contabilizado. Por esse motivo, na presente dissertação, optou-se por recomendar o termo “perdas totais de água” em substituição a “águas não contabilizadas”. De outro lado, para designar as perdas de faturamento recomenda-se utilizar “águas não faturadas”, retirando definitivamente de uso o termo “perdas de faturamento”.

#### ***(iv) Consumos autorizados não faturados***

Esses consumos compreendem os usos especiais : consumos para treinamento e combate a incêndios, lavagem de canalizações e coletores de esgotos, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, abastecimento a caminhões pipas, alimentação de fontes públicas e chafarizes, fornecimento de água para obras públicas, fornecimento de água para suprimentos sociais; etc.; mais usos operacionais, dentro dos limites estritamente necessários – lavagem de reservatórios, limpeza e desinfecção de canalizações, consumo nas instalações do próprio operador –; e mais os volumes recuperados de usos clandestinos e de fraudes.

Alguns estudos consideram como volumes de água para usos operacionais apenas aqueles utilizados nos testes e desinfecção das redes, dentro dos limites estritamente necessários, outros incluem também volumes utilizados na lavagem de reservatórios. A AGHTM é a única que propõe uma informação específica para quantificar os volumes operacionais extraordinários, que correspondem àqueles utilizados acima do estritamente necessário e enquadram-se como perdas reais. Esse é um conceito de difícil aplicação, pois pressupõe um padrão de consumo de água para os usos operacionais, que, no entanto, pode variar segundo as condições de cada sistema

A definição sobre quais volumes devem compor os consumos autorizados não faturados varia entre os estudos pesquisados. Há desde uma situação mais abrangente em que se incluem os usos operacionais e especiais mais os volumes recuperados, adotada nos

estudos brasileiros; passando por situação intermediária em que se incluem os usos operacionais e especiais, como nos estudos da IWA e da U. K. *Water Industry*, até a situação mais conservadora em que se inclui somente o volume de usos operacionais, como no caso do estudo da AGHTM. Ressalte-se, no entanto, que esse estudo também adota os usos especiais, porém fazendo parte dos volumes consumidos não medidos.

Cabe observar que, normalmente, esses volumes são pouco significativos no contexto das perdas que ocorrem atualmente nos sistemas brasileiros, mas podem ter uma participação mais significativa na medida em que as perdas vão se reduzindo. Na pesquisa de dados feita nesta dissertação, três sistemas informaram valores que se enquadraram numa faixa de 0,5 a 1,1% do consumo autorizado total. Um quarto sistema apresentou valor elevado, que corresponde a 5% do consumo autorizado total, sendo 4,7% correspondente aos usos especiais.

Como nos sistemas brasileiros, ao contrário dos internacionais, não há uma tradição em controlar e medir esses consumos, é preciso estar atento aos critérios adotados para quantificá-los, pois, numa situação extrema, eles podem mascarar o resultado das perdas. Exemplo típico dessa situação é a inclusão dos usos em favelas como parte dos consumos especiais. Quando isto for feito, os critérios de medição dos consumos devem ser cuidadosamente tratados para evitar que se incluam volumes de perdas nas redes do operador como parte do consumo.

Para os indicadores recomendados ao final deste capítulo é adotada a situação mais abrangente, na qual incluem-se os volumes de usos operacionais, os recuperados e os de usos especiais. Considera-se, no entanto, como de fundamental importância que esses volumes sejam preferencialmente medidos. Quando não houver medição, os volumes devem ser estimados com base em critérios bem fundamentados.

#### ***(v) Composição das perdas***

A avaliação tradicional das perdas considera que a mesma divide-se em dois componentes: as perdas reais e as perdas aparentes. As primeiras correspondem à água que efetivamente se perde em vazamentos das redes e ramais prediais, até o ponto de medição, mais extravasamentos e vazamentos em reservatórios, e usos operacionais acima dos volumes estritamente necessários. As perdas aparentes decorrem das imprecisões nas medições (macro e micro), dos consumos não autorizados, por furto ou uso ilícito, e dos critérios da área comercial adotados para limitação de consumos faturados.

No entanto, estudos mais recentes têm considerado um terceiro grupo, muitas vezes incluído entre as perdas aparentes, que são os consumos autorizados não faturados, descritos anteriormente. No Brasil sabe-se que, de uma maneira geral, esses consumos não são adequadamente controlados e acabam sendo incluídos, indevidamente, nas perdas totais de água, quando na verdade deveriam ser considerados apenas entre as águas não faturadas.

Nesta dissertação, seguindo a linha do Grupo de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água, recomenda-se que os consumos autorizados não faturados sejam considerados como o terceiro componente das perdas, que se soma às perdas reais e aparentes, e impacta as águas não faturadas.

#### ***(vi) Fatores de escala: extensão de rede e quantidade de ligações***

Diversos estudos recomendam a utilização da extensão de rede como fator de escala das perdas, ora considerando a extensão total (subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais) ora considerando apenas a extensão da rede (subadutoras e redes de distribuição, sem os ramais prediais). A equação de cálculo proposta pela IWA para determinação das perdas reais inevitáveis considera um parâmetro de perdas por extensão de rede (sem ramais), um parâmetro por quantidade de ligações e outro por extensão de ramal desde a divisa frontal do lote até o ponto de medição, que no Brasil pode ser considerada igual a zero, uma vez que os hidrômetros normalmente são instalados na divisa frontal do lote.

De acordo com os estudos da IWA, o indicador que utiliza a extensão de rede como fator de escala das perdas somente é recomendável quando a densidade de ramais for menor que 20 / km rede. Ressalte-se que, de acordo com dados do Diagnóstico 2000 do SNIS (PMSS, 2001), a densidade média brasileira é de 88 ligações / km de rede e a menor média entre as companhias estaduais do país é de 43 ligações / km de rede.

Segundo Lambert (2002), os dados pesquisados pelo Grupo de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água demonstram que as perdas de água inevitáveis expressas em volume por extensão de rede são menos consistentes que as expressas em volume por ligação. Em dois gráficos distintos, traçados com as perdas expressas em cada uma das unidades *versus* a densidade de ligações, observa-se, no primeiro caso, que para pequenas variações da densidade de ligações ocorrem grandes variações nos volumes das perdas. Essa situação não ocorre no gráfico traçado com as perdas expressas em volume por ligação,

onde a variação das perdas ocorre em patamares mais estáveis (ver Figuras 3.9 e 3.10). Essas observações levaram o autor a recomendar a não utilização de perdas expressas em volume por extensão de rede, mantendo apenas o indicador expresso em volume por ligação.

Assim, em função dos comentários de Lambert (2002) e considerando que a maior parte das perdas reais ocorre nos ramais prediais, e ainda, que a recuperação e controle de perdas aparentes têm como referência as ligações, recomenda-se como mais apropriada a utilização das ligações de água como fator de escala dos indicadores.

Na hipótese de, ainda assim, se utilizar indicadores expressos em  $m^3/km$ , recomenda-se adotar a extensão de rede (subadutoras e redes, sem ramais prediais) nos indicadores do nível básico e extensão total (incluindo os ramais) naqueles dos níveis intermediário e avançado.

#### ***(vii) Ligações ativas e inativas***

Nos sete sistemas pesquisados a participação das ligações inativas no total de ligações variou de zero a 19,2%. No Diagnóstico 2000 do SNIS (PMSS, 2001) a média nacional das companhias estaduais de saneamento foi de 9% de ligações inativas em relação ao total de ligações. Portanto, esse é um item importante na avaliação das perdas, principalmente considerando que um dos indicadores recomendados é exatamente aquele que utiliza a quantidade de ligações como fator de escala das perdas. Além do mais, a incidência de ligações inativas é um bom indicador complementar que pode refletir a tendência de aumento ou diminuição dos usos não autorizados.

Em que pese tal importância para o cenário brasileiro, o conceito de ligações ativas e inativas não é adotado nos estudos internacionais. Mesmo assim, para os indicadores recomendados na dissertação adota-se como fator de escala o número de ligações ativas.

#### ***(viii) Indicadores em percentual***

Conforme já abordado no capítulo 3 (revisão bibliográfica), os indicadores expressos em percentual não são adequados para avaliação de desempenho, mas ainda assim são apresentados em todos os estudos pesquisados, com exceção do estudo da U. K. *Water Industry*. Nesta dissertação, dentre os indicadores recomendados decidiu-se manter aqueles que são expressos em percentual apenas no grupo de nível básico, para águas não

faturadas e perdas totais de água. No grupo dos indicadores que tratam separadamente as perdas reais e aparentes, nenhum indicador expresso em percentual foi recomendado.

#### ***(ix) Pressurização do sistema***

É importante destacar que o indicador de perdas reais deve retratar as condições do sistema sob pressão, excluindo os períodos de racionamento, intermitência ou paradas prolongadas. Assim, no cálculo do indicador deve incidir um fator T, que indica a proporção de tempo em que o sistema esteve pressurizado no ano. Não havendo controle sobre o fator T, recomenda-se estimar o seu valor, ou, em último caso, adotar T= 100%.

#### ***(x) Perdas aparentes (impacto do uso de caixas d'água domiciliares)***

Conforme visto na revisão bibliográfica, nos sistemas que utilizam caixas d'água domiciliares, como é o caso dos serviços brasileiros, ao invés de abastecimento direto da rede, a submedição dos hidrômetros aumenta devido ao fato de que, em determinados períodos do abastecimento, a vazão que passa pelo medidor encontra-se em faixas inferiores à mínima especificada para o aparelho. Essa situação ocorre quando as chaves controladoras de nível (chaves bóia) estão próximas do fechamento. Estudos desenvolvidos no Brasil e no exterior apontam, neste caso, para uma submedição dos hidrômetros nunca inferior a 10%.

Assim, os sistemas com predomínio de caixas d'água nos domicílios apresentam volumes de perdas aparentes maiores que aqueles onde o abastecimento é direto da rede. Essa situação dificulta a comparação de desempenho entre os sistemas com essas duas características. No entanto, conforme comentado no subitem 3.2.6 da revisão bibliográfica, essa constatação não deve ser confundida com uma proposta de não utilização de caixas d'água domiciliares, sobretudo no Brasil, onde há grande quantidade de sistemas com intermitência no abastecimento. Além disso, o uso das caixas d'água é importante do ponto de vista da redução dos custos de implantação das redes de distribuição, na medida em que permite a adoção de parâmetros compensadores no dimensionamento das canalizações, reduzindo os seus diâmetros.

#### ***(xi) Diversos***

Algumas observações interessantes que dizem respeito ao detalhamento das definições dos dados podem ser destacadas:

- no volume de água produzido dos estudos do SNIS e da IWA é prevista a inclusão de água bruta distribuída sem tratamento no total da água disponibilizada que entra no sistema. Os demais trabalhos não citam essa possibilidade;
- o estudo da U. K. Water Industry considera que todos os volumes produzidos são macromedidos, realidade essa distante nos serviços brasileiros;
- o estudo da AESBE/ASSEMAE, ao definir volume produzido, cita que se trata de volume medido, entretanto prevê, no próprio trabalho, a possibilidade de existirem sistemas sem macromedição, onde os volumes são estimados;
- na definição do volume de vazamento, a AGHTM cita apenas vazamentos na rede de distribuição, embora em seu estudo deixe a entender que inclui também extravasamentos de reservatórios.

### **5.3.5. Indicadores recomendados (proposta padrão)**

Com base na análise apresentada foi possível elaborar uma proposta padronizada com os indicadores que, sob a ótica deste trabalho, melhor representam as condições necessárias ao gerenciamento das perdas, seja como ferramenta de planejamento e controle operacional, seja como instrumento de avaliação de desempenho. Tal proposta pode representar uma contribuição à comunidade técnica e aos operadores de serviços brasileiros.

A sua apresentação está dividida em grupos de indicadores de perdas e indicadores complementares, identificados como de níveis básico, intermediário e avançado (conforme pode ser visto nas Tabelas 5.4 e 5.5). Os critérios para posicionamento dos indicadores nesses níveis, que variam em função do grau de dificuldade para obtenção dos dados que compõem os indicadores e dos objetivos da avaliação que se pretende fazer, são os mesmos descritos no início do subitem 5.3.

Embora se tenha evidenciado, em passagens anteriores, que um dos pressupostos da dissertação é concentrar-se nos indicadores que retratem a situação das perdas após o tratamento, ainda assim, como pode ser visto na Tabela 5.5, foram incluídos, entre os indicadores complementares recomendados, alguns referentes ao desempenho hídrico do sistema e que adotam volumes anteriores ao tratamento. O motivo dessa inclusão é a importância estratégica desses indicadores sob o aspecto ambiental, pois os mesmos são essenciais ao controle do uso dos recursos hídricos na área de saneamento, e deverão ganhar importância no Brasil na medida em que o instrumento de cobrança pelo uso da água, já previsto em lei, for disseminado.

Conforme já citado, os indicadores pesquisados estão apresentados no Apêndice C, no qual consta a síntese da análise efetuada, em forma de comentários, que justifica a escolha dos indicadores recomendados para a proposta padrão. Por sua vez, os dados que compõem o conjunto total de indicadores pesquisados são mostrados no Apêndice D, na forma como apresentados originalmente em cada estudo, acrescidos de padronização para as siglas e nomes, de forma a facilitar a comparação dos dados de mesmo conteúdo, mas que, no entanto, recebem denominações diferentes em cada estudo pesquisado.

Uma vez definidos os indicadores mais representativos, os quais constam da proposta padrão, foi elaborado um extrato do Apêndice D específico para os dados que compõem esses indicadores. Em tal extrato, denominado Apêndice E, consta o glossário final de termos para os dados.

Tabela 5.4. Indicadores de perdas recomendados

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

\* Ver significado das siglas no glossário dos dados: Apêndice E.

Tabela 5.5. Indicadores complementares recomendados

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

\* Ver significado das siglas no glossário dos dados: Apêndice E.

Todos os estudos pesquisados contribuíram com indicadores para esta proposta, conforme se vê nas Tabelas 5.6 e 5.7, nas quais consta a origem dos indicadores recomendados. Esta é uma característica positiva da proposta, pois ela está baseada no amplo conjunto de estudos, em que todos têm alguma participação na proposta final.

Tabela 5.6. Estudos que propõem os indicadores de perdas recomendados

Estudo pesquisado	IANF/V	IPAG	IPAG/L	IPRE/L	IPAP/L	IANF/C	IPRE/P	IVIN
PNCDA	X	X	X				X	
SNIS	X	X	X					
AESBE/ASSEMAE	X	X	X*					
IWA	X		X	X	X	X		X
AGHTM	X	X						
U. K. <i>Water Industry</i>				X*			X	

\* Ao invés de quantidade de ligações adota quantidade de economias residenciais.

Tabela 5.7. Estudos que propõem os indicadores complementares recomendados

Estudo pesquisado	IMAC	IHID	IMIC	ILIN	IOER	ICER	IREP	IRHI	IPRP	IPRA	IPRT
PNCDA	X	X		X				X	X	X	X
SNIS	X	X	X								
AESBE/ASSEMAE	X	X		X		X					
IWA								X			
AGHTM			X*		X	X	X	X			
U. K. <i>Water Industry</i>											

\* Ao invés de relacionar volume micromedido ao volume consumido total, relaciona ao volume disponibilizado.

## 6. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE

Tal qual ocorre nos estudos apresentados no capítulo 3 (revisão bibliográfica), também nesta dissertação será empregado o termo confiabilidade no simples sentido de avaliar se o dado é ou não confiável. Ou seja, a análise de confiabilidade não será abordada no conceito estatístico tradicional, mas somente como referência dos níveis de confiança ou de credibilidade dos dados.

Os volumes empregados na avaliação de perdas resultam de medições (grandezas reais) ou de extrapolações, quando não se dispõe de aparelhos de medição (grandezas estimadas). Além dos volumes, envolvem-se ainda na avaliação das perdas alguns dados físicos dos sistemas, obtidos em cadastros (quantidade de ligações de água, por exemplo) ou em sistemas de controle (quantidade e velocidade dos reparos de vazamentos, por exemplo), nos quais também há medições e extrapolações.

A medição corresponde, na prática, a um valor estimado, que equivale à melhor estimativa que pode ser feita da grandeza. Essa pode ser ligeiramente maior ou menor do que o valor obtido. A determinação da faixa de valores dentro da qual se avalia que a grandeza se situe, com um especificado nível de confiança, corresponde ao primeiro passo da avaliação de confiabilidade. Para caracterizar essa faixa de valores será empregado na presente dissertação o termo “erro”, em consonância com as definições do INMETRO (2000), a saber: (i) erro de medição - resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando; e (ii) erro relativo - erro da medição dividido por um valor verdadeiro do objeto da medição. Uma vez que o valor verdadeiro não pode ser determinado, utiliza-se, na prática, um valor verdadeiro convencional. Ressalte-se que, para simplificação da linguagem, não foi utilizada a distinção entre erro de medição e erro relativo, uma vez que o próprio contexto em que o termo seja empregado permite tal distinção.

O erro pode caracterizar tanto os erros prováveis do medidor como também os da medição. No caso do medidor tem-se o erro típico admissível para uma determinada faixa de trabalho, obtido em calibrações de bancada e, na maioria das vezes, especificado pelo fabricante em seus catálogos. Quando se trata da medição, o intervalo é mais abrangente e incorpora os erros de todo o processo, cujas fontes são, além do próprio medidor (erros decorrentes da calibração e das condições ambientais) também aquelas devidas à instalação, operação, manutenção e leitura.

Para a grandeza real não obtida em medidores, mas em sistemas de controle – como o cadastro comercial, por exemplo –, incluem-se os erros decorrentes das atividades de atualização, da tecnologia e da qualidade da mão-de-obra, dentre outros. Em relação à grandeza estimada, incorporam-se os erros devidos à deficiência da base de dados e dos critérios empregados nas extrapolações.

Cabe ressaltar que um maior ou menor erro nos dados não implica em mudanças nos valores das perdas, ou seja, a análise de confiabilidade não altera os resultados dos indicadores. Há, na verdade, uma complementação da informação, que reflete a credibilidade dos indicadores calculados.

Para o desenvolvimento da dissertação foi necessária a construção de roteiros básicos para cada um dos modelos de avaliação da confiança e o estabelecimento de critérios mínimos que permitissem a sua utilização padronizada. Uma vez que tais modelos não apresentam um método para determinação dos erros dos dados primários, desenvolveu-se uma metodologia simplificada com essa finalidade, aplicável a todos os modelos. Não se trata de uma metodologia com critérios sofisticados e complexos, pois este não é o objetivo da presente dissertação. Os resultados obtidos referem-se apenas a uma aproximação dos erros, vista sob a ótica de uma análise simplificada.

Como base para a discussão e formulação da proposta foram utilizados os métodos para avaliação dos erros (Bessey e Lambert, 1994; Silva *et al.*, 1998; e Paracampos, 2002) e os modelos de avaliação da confiança dos dados (Bessey e Lambert, 1994; Silva *et al.*, 1998; e Alegre *et al.*, 2000), mostrados no capítulo 3 (revisão bibliográfica). Lá, discorreu-se sobre tais métodos e modelos, enfatizando, sobretudo, os procedimentos e a conceituação básica de cada um deles. No atual capítulo apresenta-se uma discussão dos mesmos, amparada na sua aplicação prática, feita com os dados dos sistemas pesquisados. Ao final são feitos comentários sobre os aspectos positivos e negativos de cada um, encerrando com a indicação do modelo considerado mais apropriado. Antes, porém, é mostrada a proposta de metodologia simplificada para cálculo dos erros prováveis dos dados.

## **6.1. METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA AVALIAÇÃO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS**

A metodologia a seguir descrita fornece elementos para a determinação dos erros prováveis dos dados primários. O seu desenvolvimento partiu do conhecimento dos fundamentos teóricos dos estudos descritos no capítulo 3 (revisão bibliográfica), o qual propiciou a

identificação dos itens necessários à construção da presente metodologia. Embora o primeiro passo para a análise de confiabilidade seja determinar os erros dos dados medidos e estimados, os estudos pesquisados não apresentam métodos para a determinação de tais valores e os consideram como parâmetro de entrada de seus modelos.

Sendo assim, decidiu-se pelo desenvolvimento da presente metodologia simplificada, ainda em caráter preliminar, com o objetivo de avançar na definição dos elementos necessários à estimativa dos erros. A preocupação principal da proposta foi caracterizar as fontes de erros e definir os critérios para sua avaliação e ponderação, considerando um limite de confiança de 95% (para tanto admite-se que um fator de abrangência igual a 2 já se encontra embutido nos erros e desvios padrões). As fontes foram consideradas independentes entre si (não correlacionadas).

A metodologia deve ser vista com cautela, pois não foi submetida a um processo de testes e validação por parte de terceiros. Somente uma aplicação contínua, no médio e longo prazos, permitirá o seu aprimoramento, num processo de melhorias sucessivas. Além disso, a evolução de uma proposta dessa natureza demanda estudos experimentais de campo e de laboratório, além de diagnósticos detalhados das instalações e processos, e de análises estatísticas mais sofisticadas. Somente assim poderão ser definidos com maior validade os impactos de cada fonte no resultado final do erro. Deve-se ressaltar ainda, que a contínua revisão da metodologia é pressuposto básico de sua concepção, tanto pela necessidade de melhorias sucessivas mas também pela exigência da evolução tecnológica dos dispositivos de medição e controle, que tende a desatualizar o modelo.

Entende-se que o uso da metodologia, nas situações em que os dados são de boa qualidade, favorece o seu desenvolvimento e diminui os riscos de uma falsa avaliação do erro. De outro lado, nas situações em que os controles operacionais são deficientes e os parâmetros de avaliação são estimados, em alguns casos até de validade questionável, o uso da metodologia se justifica simplesmente pela aplicação de um procedimento padronizado. Esse procedimento será melhor do que a ausência de análise, em que a referência de validade dos dados é totalmente nula.

A etapa inicial de desenvolvimento da proposta compreendeu a pesquisa de dados descrita no capítulo 4 (metodologia). Embora se saiba das dificuldades dos operadores em obter todas as informações solicitadas, mesmo assim o nível de respostas foi satisfatório. Os dados foram compilados e dispostos em planilhas de avaliação, nas quais os tópicos

receberam notas variando de zero a dez, de acordo com o padrão de qualidade, o nível tecnológico dos equipamentos e a qualidade dos controles empregados. Pontos perdidos na avaliação representaram erros prováveis nos dados. Além das notas, foi prevista ainda a ponderação dos diversos tópicos, em função do impacto que cada um exerce sobre o valor do erro do dado em análise, seja esse medido ou estimado.

As planilhas de avaliação com respectivas notas e pesos são mostradas no Apêndice F, no qual pode ser vista a demonstração de cálculo dos erros prováveis dos dados para um dos sistemas pesquisados.

Cabe ressaltar que os valores estimados para as notas e pesos são arbitrários e têm importância secundária no escopo da presente dissertação, pois não obedecem a qualquer critério científico, respaldado em medições de campo ou de bancada. A aplicação desses valores justifica-se pela necessidade de completar o roteiro da avaliação, chegando-se aos resultados finais, e alcançando assim o efeito demonstrativo da metodologia.

As respostas obtidas sobre o cadastro técnico – necessárias à determinação dos erros das extensões de rede e de ramais –, sobre a pressão média de funcionamento da rede e sobre a recuperação de vazamentos foram insuficientes para a montagem de uma planilha de cálculo dos erros prováveis. Essa situação confirma o nível das informações operacionais fornecidas, pois a maior quantidade de dados não disponíveis refere-se à exatamente à extensão de ramais prediais, pressão média e quantidade de reparos efetuados. Esses itens exercem forte influência sobre as perdas e estão relacionados a processos dinâmicos dentro da estrutura operacional, sujeitos à capacidade do operador em manter atualizada a sua base de dados, a qual depende fortemente da evolução na área de informática.

Em vista do exposto, e considerando os resultados da avaliação feita no capítulo anterior, na qual constata-se que no estágio de desenvolvimento tecnológico atual a maioria dos operadores brasileiros está apta a trabalhar somente com os indicadores de nível básico, optou-se por não contemplar tais itens na metodologia. Essa ausência não compromete a avaliação de confiabilidade dos indicadores de nível básico, pois os itens em questão não são necessários ao cálculo desses indicadores.

Em síntese, o roteiro básico para a aplicação da metodologia obedeceu aos seguintes:

1º.) definição dos dispositivos de medição e controle, bem como das fontes de erros a serem submetidas à avaliação, para cálculo dos erros prováveis;

- 2º.) construção dos formulários com os quesitos a serem respondidos pelos operadores na pesquisa de dados;
- 3º.) coleta das informações junto aos operadores dos sistemas;
- 4º.) sistematização das respostas recebidas e disposição em planilhas de cálculo;
- 5º.) definição dos critérios de cálculo, bem como das notas e pesos para as fontes analisadas; e
- 6º.) cálculo estimativo dos valores dos erros.

Algumas considerações sobre os critérios de avaliação são registradas a seguir:

- o erro típico dos macromedidores corresponde àquele em que o aparelho é novo, bem calibrado, trabalha com vazões dentro da faixa operacional e está instalado em condições ideais. Uma das opções para se obter esse valor é por meio de informação do fabricante, especificada em catálogo. No entanto, é preciso estar atento à sua comprovação técnica, para que não se cometa enganos devidos a informações parciais ou equivocadas fornecidas pelos fabricantes;
- como avaliação de senso comum, para efeito da presente metodologia, considerou-se os seguintes valores de erro típico para os modelos de tecnologia atual, informados por Sanchez (2002)
  - ultra-sônico integral e eletromagnético: menor ou igual a  $\pm 0,5\%$ ;
  - *woltman*, *venturi* e placa de orifício: menor ou igual a  $\pm 2\%$ ;
  - *pitot*, turbina e ultrasônico *clamp on*: menor ou igual a  $\pm 5\%$ ;
  - *shunt*, roda d'água e outros: menor ou igual a  $\pm 10\%$ ;
- têm, ainda, relativo impacto sobre os erros das medições, a manutenção e a leitura dos medidores, bem como a idade do equipamento – essa, variável de acordo com o tipo de equipamento utilizado. Por exemplo: um *Venturi* com 20 anos de uso pode ainda ser de razoável qualidade, enquanto que um *Woltman* com esse mesmo tempo de uso deve estar comprometido em termos de qualidade;
- em relação aos volumes micromedidos, a avaliação corresponde a uma aproximação para o conjunto de hidrômetros instalados e incorpora os erros referentes à submedição da vazão mínima, muito expressiva no Brasil devido ao uso de caixas d'água nos domicílios;
- a determinação dos erros dos volumes faturados, referentes a economias medidas, considera os próprios erros avaliados na micromedição mais aqueles inerentes aos

critérios estipulados pelo sistema comercial, como no caso da estimação de volumes faturados para economias onde os hidrômetros não estão em funcionamento regular, por exemplo. Ao definir as notas desse quesito, deve-se ter em conta o resultado da avaliação do cadastro comercial, feita em outro item da análise; e

- para o cadastro comercial, foi admitido como critério de avaliação além do nível de atualização, também a existência ou não de sistemas de informações geo-referenciadas, prevendo-se maior pontuação para os casos em que esses estejam interligados em rede com as áreas operacional e comercial.

A aplicação das respostas recebidas dos operadores às planilhas de avaliação constantes do Apêndice F, resultou no cálculo dos erros prováveis dos dados primários dos sistemas de água pesquisados, cujos resultados estão mostrados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1. Resultado da avaliação dos erros prováveis dos dados primários, nos sistemas pesquisados

Valores em % (+/-), para limite de confiança de 95%

Dado analisado		Sistema pesquisado						
Sigla	Nome	A	B	C	D	E	F	G
<b>PRODUÇÃO</b>								
VPROm	Volume de água produzido macromedido	5,5	4,2	4,3	3,2	4,3	-	28,3
VPRONm	Volume de água produzido não macromedido	-	25,0	-	-	25,0	25,0	50,0
VTIMm	Volume de água tratada importado macromedido	-	-	-	-	4,3	-	-
VTIMnm	Volume de água tratada importado não macromedido	-	-	-	-	-	-	-
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>								
VTEXm	Volume de água tratada exportado macromedido	5,5	-	-	-	-	-	-
VTEXnm	Volume de água tratada exportado não macromedido	-	-	50,0	-	-	-	-
VCONm	Volume água consumido medido	13,1	9,8	18,7	10,6	9,6	19,0	20,1
VCONnm	Volume água consumido não medido	25,0	25,0	50,0	25,0	50,0	50,0	50,0
VOPE	Volume de água para usos operacionais	50,0	50,0	-	18,5	-	-	-
VREC	Volume de água recuperado	27,5	27,5	-	18,5	-	-	-
VESP	Volume de água para usos especiais	50,0	50,0	-	18,5	-	-	-
<b>FATURAMENTO</b>								
VFATm	Volume de água faturado, referente às economias medidas	15,7	11,0	18,7	11,7	10,1	19,1	20,0
VFATnm	Volume de água faturado, referente às economias não medidas	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	10,0	10,0	28,0	10,0	18,0	28,0	28,0

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.
2. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.

Uma vez calculados, os erros individuais dos dados primários subsidiam a aplicação dos métodos de cálculo dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas (subitem 6.2), bem como dos modelos de avaliação da confiança dos dados (subitem 6.3).

Cabe esclarecer, em relação aos macromedidores, que, segundo Sanchez (2002), as condições de instalação usualmente respondem, na prática, pela maior parcela dos erros finais nas medições. De acordo com a proposta para procedimentos de instalação de medidores de vazão eletromagnéticos para uso em água (IPT, 2002), o controle dessas fontes de erros, de modo a minimizar os seus efeitos, vem do cumprimento de procedimentos baseados nas normas técnicas de associações de normas nacionais e internacionais, estudos experimentais em laboratório e em campo, além de recomendações dos fabricantes.

Nesse sentido, no que se refere às condições de instalação dos macromedidores, embora a metodologia estime a sua influência sobre o resultado final do erro, essa é a condição em que os impactos são os de mais difícil previsão. Em função disso, uma alternativa para a avaliação dos macromedidores seria considerar na análise somente aqueles cuja instalação atende às recomendações técnicas, ficando de fora os medidores com instalação inadequada.

Outra opção seria manter a avaliação da instalação, porém separada das demais fontes. Nesse caso, poderiam ser atribuídos pesos a cada parte da instalação, por tipo de macromedidor, em uma ponderação matricial, considerando, por exemplo, os itens mostrados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2. Proposta de matriz para ponderação dos erros prováveis das medições, em função das condições de instalação do macromedidor

Item	Modelo do macromedidor									
	Ultrasôn. Integral	Eletromag.	Woltman	Venturi	Placa de Orifício	Pitot	Turbina	Ultrasôn. clamp on	Roda d'água	Outros
1.1										
1.2										
1.3										
1.4										
2.1										
2.2										
3.1										
3.2										
3.3										
4.1										
4.2										
4.3										
4.4										
4.5										
4.6										
4.7										
4.8										
4.9										
4.10										
4.11										
4.12										

1. Trecho reto a montante:

- 1.1. < 5D
- 1.2. <10D
- 1.3. < 20D
- 1.4. > 20D

2. Trecho reto a jusante:

- 2.1. < 5D
- 2.2. > 5D

3. Risco de turbilhonamento (presença à montante de bomba, cotovelos em sentidos transversos, etc.):

- 3.1. Sim
- 3.2. Não
- 3.3. Não, devido à instalação de estabilizador de fluxo

4. Interferências a montante:

- 4.1. Registro aberto
- 4.2. Registro semi-aberto
- 4.3. Válvula borboleta
- 4.4. Cotovelo
- 4.5. Bomba
- 4.6. Duas curvas
- 4.7. Redução < 15°
- 4.8. Redução > 15°
- 4.9. Ampliação < 15°
- 4.10. Ampliação > 15°
- 4.11. Degrau > 0,1D

## 6.2. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS ERROS DOS DADOS COMPOSTOS (INCLUI VOLUMES DE PERDAS)

Quando se avalia os diversos volumes componentes do balanço de águas, observa-se que há dados primários, como volume produzido macromedido ou volume consumido não medido ou ainda volume faturado medido, dentre outros, e também dados compostos de dois ou mais dados primários, como volume consumido total (volume medido mais o não medido) ou o consumo autorizado não faturado (volumes de usos operacionais, mais o recuperado, mais o de usos especiais), dentre outros.

Incluem-se também na categoria de dados compostos, os próprios volumes de perdas, sejam eles determinados por levantamento de campo – a composição se dá por parcelas que somadas resultam nas perdas totais (vazamentos nas redes, vazamentos nos ramais, extravasamentos de reservatórios, dentre outros) – ou sejam eles determinados pelo

balanço de águas, em que a composição se dá por subtração de volumes: disponibilizado menos o consumo faturado, ou disponibilizado menos o consumo autorizado.

Os erros dos dados compostos, obviamente, são condicionados pelos erros individuais dos dados primários que os compõem. A sua determinação não se dá de forma direta, mas sim pela aplicação dos erros dos dados primários em formulações matemáticas específicas. Os estudos pesquisados apontam três métodos para o cálculo dos erros dos dados compostos, dois deles reunidos num mesmo estudo: (i) média ponderada (Silva *et al.*, 1998); (ii) valores extremos (Silva *et al.*, 1998); e (iii) desvio padrão (Bessey e Lambert, 1994 e Paracampos, 2002).

### **6.2.1. Métodos da média ponderada e dos valores extremos (Silva *et al.*, 1998)**

Silva *et al.* (1998) utilizam os fatores de confiabilidade, que são coeficientes determinados a partir dos desvios sistemáticos dos processos de medição e estimação dos dados. Por analogia, pode-se estabelecer que os fatores de confiabilidade correspondem aos erros dos dados, transformados de percentuais em coeficientes. Dessa forma, um determinado volume cujo erro seja 11%, por exemplo, tem um fator de confiabilidade de 0,89.

No caso dos fatores de confiabilidade de volumes sujeitos a macromedição, Silva *et al.* (1998) multiplicam os desvios sistemáticos pelo nível de macromedição, ou seja, consideram que o fator de confiabilidade é inferior ou no máximo igual ao nível de macromedição. Dessa forma, os autores entendem que o grau de confiança dos dados está limitado à capacidade dos sistemas em macromedir os volumes, pressupondo assim que a confiabilidade dos volumes não macromedidos é nula.

Quando se trata, no entanto, de volumes sujeitos a micromedição, os autores estabelecem critérios para avaliação dos fatores de confiabilidade dos consumos não micromedidos, prevendo níveis de confiabilidade de acordo com os procedimentos adotados no cálculo estimativo dos consumos. Na presente dissertação optou-se por considerar a possibilidade de algum grau de confiança tanto para os volumes não micromedidos como para os não macromedidos, estabelecendo critérios para a avaliação dos erros desses volumes.

Conhecidos os erros individuais dos dados primários, para a determinação dos erros dos dados compostos aplica-se a média ponderada dos desvios de cada dado primário, tendo como base de ponderação os volumes que compõem os dados compostos. No cálculo,

deve-se ter em conta que pode haver dois níveis de dados compostos, como no exemplo a seguir:

- **1º nível:**

- volume de água tratada exportado – composto do volume macromedido mais o não macromedido;

- volume consumido total – composto do volume consumido medido mais o não medido;

- volume de consumo autorizado não faturado – composto do volume de uso operacional, mais o recuperado, mais o de uso especial;

- **2º nível:**

- volume de consumo autorizado – composto do volume exportado, mais o consumido total, mais o de consumo autorizado não faturado.

Então, um valor de erro de dado composto no primeiro nível representa erro individual no segundo. As fórmulas de cálculo para os erros dos dados compostos são mostradas a seguir, em que *ER* corresponde ao erro e as demais siglas, cujos significados podem ser vistos nas Tabelas 6.1 e 6.4, correspondem aos volumes:

## PRODUÇÃO

$$ER(VPRO) = \frac{VPROm \times ER(VPROm) + VPROnm \times ER(VPROnm)}{VPRO}$$

$$ER(VTIM) = \frac{VTIMm \times ER(VTIMm) + VTIMnm \times ER(VTIMnm)}{VTIM}$$

## DISTRIBUIÇÃO

$$ER(VTEX) = \frac{VTEXm \times ER(VTEXm) + VTEXnm \times ER(VTEXnm)}{VTEX}$$

$$ER(VCON) = \frac{VCONm \times ER(VCONm) + VCONnm \times ER(VCONnm)}{VCON}$$

$$ER(VCNF) = \frac{VOPE \times ER(VOPE) + VREC \times ER(VREC) + VESP \times ER(VESP)}{VCNF}$$

$$ER(VCAU) = \frac{VTEX \times ER(VTEX) + VCON \times ER(VCON) + VCNF \times ER(VCNF)}{VCAU}$$

## FATURAMENTO

$$ER(VFAT) = \frac{VFATm \times ER(VFATm) + VFATnm \times ER(VFATnm)}{VFAT}$$

Na Tabela 6.3 apresenta-se o cálculo dos erros dos dados compostos, tendo como exemplo o Sistema B. Em seguida, na Tabela 6.4, resume-se os resultados para todos os sistemas.

Tabela 6.3. Avaliação dos erros dos dados compostos, utilizando o método da média ponderada, tendo como exemplo o Sistema B

*Volumes em 1000 m<sup>3</sup>/ano; erro para limite de confiança de 95%*

Sigla	Volume		NÍVEL 1				NÍVEL 2			
	Absol	Prop	Erro (+/-)			FC	Vol. Prop	Erro (+/-)		FC
			Parcial	Prop	Global			Prop	Global	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<b>PRODUÇÃO</b>										
1	VPROm	120.606,9	0,6719	4,2%	2,8%		0,96			
2	VPROnm	58.906,3	0,3281	25,0%	8,2%		0,75			
3	VPRO = VPROm + VPROnm	179.513,1				11,0%	0,89	1,0000	11,0%	
4	VTIMm	0,0								
5	VTIMnm	0,0								
6	VTIM = VTIMm + VTIMnm	0,0								
7	VDIS = VPRO + VTIM	179.513,1							11,0%	0,89
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>										
8	VTEXm	0,0								
9	VTEXnm	0,0								
10	VTEX = VTEXm + VTEXnm	0,0								
11	VCONm	135.145,9	0,9960	9,8%	9,8%		0,90			
12	VCONnm	547,8	0,0040	25,0%	0,1%		0,75			
13	VCON = VCONm + VCONnm	135.693,7				9,9%	0,90	0,9891	9,8%	
14	VOPE	53,8	0,0360	50,0%	1,8%		0,50			
15	VREC	620,2	0,4150	27,5%	11,4%		0,73			
16	VESP	820,5	0,5490	50,0%	27,5%		0,50			
17	VCNF = VOPE + VREC + VESP	1.494,4				40,7%	0,59	0,0109	0,4%	
18	VCAU = VTEX + VCON + VCNF	137.188,1							10,2%	0,90
<b>FATURAMENTO</b>										
19	VFATm	140.390,3	0,9145	11,0%	10,1%		0,89			
20	VFATnm	13.118,4	0,0855	40,0%	3,4%		0,60			
21	VFAT = VFATm + VFATnm	153.508,7				13,5%	0,87			

1. Legenda: Absol = valor absoluto; Prop = valor proporcional; FC = fator de confiabilidade

2. As setas indicam a direção dos cálculos, que obedecem à uma mesma rotina para os blocos de produção, distribuição e faturamento, conforme mostrado a seguir, a título de ilustração, para o bloco da produção: C1 = B1 / B3; C2 = B2 / B3; E1 = C1 x D1; E2 = C2 x D2; G1 = 1 - D1/100; G2 = 1 - D2/100; F3 = E1 + E2; G3 = 1 - F3/100; H3 = B3 / B7; I3 = F3 x H3; J7 = I3 + I6; K7 = 1 - J7/100.

Tabela 6.4. Resultado da avaliação dos erros dos dados compostos, utilizando o método da média ponderada, nos sistemas pesquisados

*Erro em % (+/-), para limite de confiança de 95%*

Dado analisado		Sistema pesquisado						
Sigla	Nome	A	B	C	D	E	F	G
VPRO	Volume de água produzido	5,5	11,0	4,3	3,2	5,7	25,0	39,0
VTIM	Volume de água tratada importado	-	-	-	-	4,3	-	-
VDIS	Volume de água disponibilizado p/ distribuição	5,5	11,0	4,3	3,2	5,0	25,0	39,0
VTEX	Volume água tratada exportado	5,5	-	50,0	-	-	-	-
VCON	Volume água consumido	14,9	9,9	19,0	10,6	25,0	34,4	20,4
VCNF	Volume de consumo autorizado não faturado	49,2	40,7	-	18,5	-	-	-
VCAU	Volume de água de consumo autorizado	15,6	10,2	21,7	10,7	25,0	34,4	20,4
VFAT	Volume de água faturado	17,8	13,5	18,9	12,4	21,5	29,5	20,2

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.
2. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.

Para os indicadores de perdas – calculados a partir de dois ou mais dados –, Silva *et al.* (1998) prevêem o uso da estatística dos extremos, em que a menor confiabilidade dentre os dados que compõem o cálculo prevalece como confiabilidade dos indicadores. Estendendo o mesmo raciocínio para os erros dos volumes de perdas, tem-se que eles estão condicionados pelos erros dos seguintes dados:

$$VANF = VDIS - VFAT \rightarrow \text{dados que condicionam o volume de perdas: } VDIS \text{ e } VFAT$$

$$VPAG = VDIS - VCAU \rightarrow \text{dados que condicionam o volume de perdas: } VDIS \text{ e } VCAU$$

Adotando tais critérios, a determinação dos erros dos volumes de perdas resulta, para todos os sistemas pesquisados, nos valores apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5. Resultado da avaliação dos erros dos volumes de perdas, utilizando o método dos valores extremos, nos sistemas pesquisados

*Erro em % (+/-), para limite de confiança de 95%*

Dado analisado		Sistema pesquisado						
Sigla	Nome	A	B	C	D	E	F	G
VANF	Volume de águas não faturadas (VDIS – VFAT)	17,8	13,5	18,9	12,4	21,5	29,5	39,0
VPAG	Volume de perdas totais de água (VDIS – VCAU)	15,6	11,0	21,7	10,7	25,0	34,4	39,0

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

### 6.2.2. Método do desvio padrão (Bessey e Lambert, 1994 e Paracamos, 2002)

O método do desvio padrão calcula os erros dos dados compostos (como, por exemplo, do volume consumido total, que se compõe de volumes medidos e não medidos) e os erros dos volumes de perdas, sejam eles determinados pelo balanço de águas ou obtidos diretamente em levantamentos de campo.

Os erros dos dados primários, calculados pela metodologia exposta no subitem 6.1, para um limite de confiança de 95%, determinam o desvio padrão de cada dado. Os erros dos dados

compostos ou dos volumes de perdas correspondem à raiz quadrada da soma do quadrado dos desvios padrões parciais, conforme exemplificado na Tabela 6.6.

Tabela 6.6. Avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas, utilizando o método do desvio padrão, tendo como exemplo o Sistema B

*Volume e desvio padrão em 1000 m<sup>3</sup>/ano; erro para limite de confiança de 95%*

Dado analisado		Volume	Erro (+/-)	Desvio padrão (+/-)	Desvio padrão ao quadrado
Sigla	Nome				
<b>PRODUÇÃO</b>					
VPROm	Volume de água produzido macromedido	120.606,9	4,2%	5.065,5	25.659.169,9
VPRONm	Volume de água produzido não macromedido	58.906,3	25,0%	14.726,6	216.871.864,0
VPRO	Volume de água produzido VPROm + VPRONm	179.513,1	→ 8,7%	← 15.573,4	← 242.531.033,9
VTIMm	Volume de água tratada importado macromedido	0	0%	0	0
VTIMnm	Volume de água tratada importado não macromedido	0	0%	0	0
VTIM	Volume de água tratada importado VTIMm + VTIMnm	0	→ 0%	← 0	← 0
VDIS	Volume de água disponibilizado para distribuição: VPRO + VTIM	179.513,1	→ 8,7%	← 15.573,4	← 242.531.033,9
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>					
VTEXm	Volume de água tratada exportado macromedido	0	0%	0	0
VTEXnm	Volume de água tratada exportado não macromedido	0	0%	0	0
VTEX	Volume de água tratada exportado VTEXm + VTEXnm	0	→ 0%	← 0	← 0
VCONm	Volume de água consumido medido	135.149,9	9,8%	13.244,3	175.411.460,8
VCONnm	Volume de água consumido não medido	547,8	25,0%	137,0	18.755,3
VCON	Volume de água consumido VCONm + VCONnm	135.693,7	→ 9,8%	← 13.245,0	← 175.430.216,1
VOPE	Volume de água de usos operacionais	53,8	50,0%	26,9	722,5
VREC	Volume de água recuperado	620,2	27,5%	171,8	29.509,9
VESP	Volume de água de usos especiais	820,5	50,0%	410,2	168.288,7
VCNF	Volume de consumo de água autorizado não faturado VOPE + VREC + VESP	1.494,4	→ 29,8%	← 445,6	← 198.521,0
VCAU	Volume de água de consumo autorizado (VTEX + VCON + VCNF)	137.188,1	→ 9,7%	← 13.252,5	← 175.628.737,1
<b>FATURAMENTO</b>					
VFATm	Volume de água faturado medido	140.390,3	11,0%	15.442,9	238.484.179,6
VFATnm	Volume de água faturado não medido	13.118,4	40,0%	5.247,4	27.534.787,0
VFAT	Volume de água faturado VFATm + VFATnm	153.508,7	→ 10,6%	← 16.310,1	← 266.018.966,6
<b>VOLUMES DE PERDAS</b>					
VANF	Volume de águas não faturadas VDIS – VFAT	26.004,4	→ 86,7%	← 22.551,1	← 508.550.000,5
VPAG	Volume de perdas totais de água VDIS – VCAU	42.325,1	→ 48,3%	← 20.449,0	← 418.159.771,0

1. Para a melhor compreensão da lógica dos cálculos apontados pelas setas recorrer à Tabela 3.6.

O resultado da avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas, para todos os sistemas pesquisados, está apresentado na Tabela 6.7.

Tabela 6.7. Resultado da avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas, utilizando o método do desvio padrão, nos sistemas pesquisados

*Erro em % (+/-), para limite de confiança de 95%*

Dado analisado		Sistema pesquisado						
Sigla	Nome	A	B	C	D	E	F	G
<b>PRODUÇÃO</b>								
VPRO	Volume de água produzido	5,5	8,7	4,3	3,2	4,3	25,0	28,7
VTIM	Volume de água tratada importado	-	-	-	-	4,3	-	-
VDIS	Volume de água disponibilizado p/ distribuição	5,5	8,7	4,3	3,2	3,1	25,0	28,7
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>								
VTEX	Volume água tratada exportado	5,5	-	50,0	-	-	-	-
VCON	Volume água consumido	11,7	9,8	18,5	10,6	20,0	26,6	19,9
VCNF	Volume de consumo autorizado não faturado	47,1	29,8	-	14,7	-	-	-
VCAU	Volume de água de consumo autorizado	10,1	9,7	17,5	10,5	20,0	26,6	19,9
<b>FATURAMENTO</b>								
VFAT	Volume de água faturado	14,8	10,6	18,5	11,5	16,5	22,1	19,8
<b>VOLUMES DE PERDAS</b>								
VANF	Volume de águas não faturadas (VDIS – VFAT)	20,7	86,7	51,4	37,7	28,7	51,7	88,3
VPAG	Volume de perdas totais de água (VDIS – VCAU)	17,9	48,3	48,7	28,5	34,3	53,4	97,3

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

2. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.

A comparação dos resultados encontrados para os dados compostos mostra erros maiores no método da média ponderada do que no do desvio padrão, demonstrando ser o primeiro um método mais rigoroso. A variação dos resultados alcançou valores relevantes em alguns casos, como no volume autorizado dos Sistemas “A” e “F”, onde os erros no método da média ponderada foram superiores em cerca de 54% e 29%, respectivamente.

No entanto, a situação dos volumes de perdas é significativamente oposta. O método do desvio padrão resulta em erros muito superiores ao método dos valores extremos. Há casos que se destacam, como nos Sistemas “B” e “D” onde para os erros dos volumes de águas não faturadas o resultado do método do desvio padrão foi 542% e 204% superior, respectivamente; e para os volumes de perdas totais foram superiores em 339% e 166%, respectivamente.

No método do desvio padrão, tomando como exemplo o Sistema “B”, observa-se que para um erro no volume disponibilizado de 8,7% e no volume faturado de 10,6%, o erro calculado para o volume de águas não faturadas foi de 86,7%. Por sua vez, o volume de perdas totais alcançou um erro de 48,3%, considerando os mesmos 8,7% de erro no volume disponibilizado e 9,7% no volume de consumo autorizado.

Numa primeira análise esses resultados parecem incorretos, sem refletir com fidelidade os desvios encontrados para os dados primários. No entanto, eles atestam o conceito no qual

se insere o método do desvio padrão, que é o de avaliar o efeito cumulativo dos erros parciais. Ao utilizar a soma do quadrado dos desvios padrões de cada dado, o método demonstra que mesmo os pequenos erros relativos, quando aplicados sobre grandes volumes, provocam um forte impacto sobre os volumes residuais (as perdas).

Essa situação é indicativa de que, quanto menores forem os volumes de perdas, maiores serão os erros relativos. Tal lógica pode ser mais bem visualizada no exemplo da Tabela 6.8, que compara sistemas com os mesmos erros individuais, porém com volumes de perdas diferentes. Os desvios quadráticos, mesmo para erros relativos baixos, resultam em valores absolutos elevados, enquanto que os volumes de perdas, em sentido contrário, possuem valores pequenos.

Tabela 6.8. Comparação dos erros dos volumes de perdas em diferentes sistemas, utilizando o método do desvio padrão, tendo como exemplo dados hipotéticos

*Volume e desvio padrão em 1000 m<sup>3</sup>/ano; erro para limite de confiança de 95%*

Descrição	Volume	Erro (+/-)	Desvio padrão (+/-)	Desvio padrão ao quadrado
<b>SISTEMA X</b>				
Volume de água disponibilizado para distribuição (VDIS)	1.000,0	10,0%	100,0	10.000,0
Volume de água faturado (VFAT)	500,0	30,0%	150,0	22.500,0
Volume de água não faturada (VANF = VDIS – VFAT)	500,0	→ 36,1%	← 180,3	← 32.500,0
Indicador de águas não faturadas por volume (IANF/V)	50,0%			
<b>SISTEMA Y</b> (maior volume faturado; menor indicador de perdas; erro maior)				
Volume de água disponibilizado para distribuição (VDIS)	1.000,0	10,0%	100,0	10.000,0
Volume de água faturado total (VFAT)	600,0	30,0%	180,0	32.400,0
Volume de água não faturada (VANF = VDIS – VFAT)	400,0	→ 51,5%	← 205,9	← 42.400,0
Indicador de águas não faturadas por volume (IANF/V)	40,0%			
<b>SISTEMA Z</b> (menor volume produzido; menor indicador de perdas; erro muito maior)				
Volume de água disponibilizado para distribuição (VDIS)	800,0	10,0%	80,0	6.4000,0
Volume de água faturado total (VFAT)	600,0	30,0%	180,0	32.400,0
Volume de água não faturada (VANF = VDIS – VFAT)	200,0	→ 98,5%	← 197,0	← 38.800,0
Indicador de águas não faturadas por volume (IANF/V)	25,0%			

1. Para a melhor compreensão da lógica dos cálculos apontados pelas setas recorrer à Tabela 3.6.

Quando os volumes de perdas são obtidos por meio de levantamento direto de campo, o procedimento para determinação dos erros é similar ao dos dados compostos, com a diferença de que o cálculo utiliza os desvios das diversas parcelas das perdas, como

vazamentos em redes – visíveis e não visíveis – e extravasamentos de reservatórios, por exemplo, conforme mostrado na Tabela 6.9 (com dados hipotéticos para um volume de perdas quantificado diretamente em campo).

Tabela 6.9. Avaliação do erro do volume de perdas apurado por meio do levantamento direto em campo, utilizando o método do desvio padrão, tendo como exemplo valores hipotéticos

*Volume e desvio padrão em 1000 m<sup>3</sup>/ano; erro para limite de confiança de 95%*

Item	Nome	Volume	Erro (+/-)	Desvio padrão (+/-)	Desvio padrão ao quadrado
<b>PERDAS FÍSICAS</b>					
1	Vazamentos visíveis na rede	2.307,4	30,0%	692,2	479.168,5
2	Vazamentos não visíveis na rede	576,9	50,0%	288,4	83.203,4
3	Extravasamentos nos reservatórios	769,1	20,0%	153,8	23.660,6
4	Vazamentos nos ramais prediais	8.460,5	50,0%	4.230,3	17.895.015,1
5	Volume de perdas físicas ( $\Sigma$ 1a4)	12.113,9	→ 35,5%	← 4.299,0	← 18.481.047,6

1. Para a melhor compreensão da lógica dos cálculos apontados pelas setas recorrer à Tabela 3.6.

Cabe ressaltar que, nesse caso, o resultado do erro do volume de perdas mantém uma lógica similar à dos dados compostos, ou seja, há uma maior proximidade do resultado global com os erros parciais. Tal situação decorre do fato de que o volume de perdas não corresponde a um valor residual, mas sim ao somatório das diversas parcelas que o compõe.

Uma comparação final dos resultados dos erros dos volumes de perdas obtidos nos métodos dos valores extremos e do desvio padrão, está apresentada na Tabela 6.10.

Tabela 6.10. Comparação dos resultados dos erros dos volumes de perdas nos métodos dos valores extremos e do desvio padrão, em todos os sistemas

*Valores em %, erro para limite de confiança de 95%*

Sistema	Águas não faturadas			Perdas totais de água		
	IANF/V	Erro (+/-)		IPAG	Erro (+/-)	
		VE	DP		VE	DP
<b>A</b>	46,4	17,8	20,7	44,1	15,6	17,9
<b>B</b>	14,5	13,5	86,7	23,6	11,0	48,3
<b>C</b>	27,5	18,9	51,4	27,5	21,7	48,7
<b>D</b>	24,5	12,4	37,7	28,6	10,7	28,5
<b>E</b>	37,5	21,5	28,7	55,4	25,0	34,3
<b>F</b>	52,4	29,5	51,7	57,4	34,4	53,4
<b>G</b>	35,6	39,0	88,3	32,5	39,0	97,3

1. IANF/V = Indicador de águas não faturadas por volume.
2. IPAG = Indicador de perdas totais de água.
3. VE = erro determinado pelo método dos valores extremos.
4. DP = erro determinado pelo método do desvio padrão.

### **6.2.3. Método recomendado para a avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas**

A discussão sobre a avaliação dos erros dos dados compostos e dos volumes de perdas mostrou que os desvios médios quadráticos permitem uma melhor avaliação quando grandes erros individuais comprometem o todo. No caso dos volumes de perdas, os desvios médios quadráticos tendem a ressaltar as discrepâncias e, obviamente, a ampliar os erros observados nas quantidades medidas, refletindo erros dos volumes residuais mais realistas. Dessa forma, os resultados evidenciam que, em princípio, o método do desvio padrão mostra-se como mais adequado do que o das médias ponderadas.

De outro lado, quando a avaliação refere-se aos indicadores de perdas, tal constatação recomenda cautela, pois nem sempre se pode relacionar de forma direta, maior erro dos volumes de perdas com pior confiabilidade dos indicadores, e vice-versa. Conforme visto, podem existir sistemas com medições confiáveis e, conseqüentemente, cujos dados possuem pequenos erros, que no entanto têm volumes de perdas com erros elevados. Essa situação pode inviabilizar a aplicação dos modelos de análise de confiabilidade vistos no capítulo 3 (revisão bibliográfica) e que serão discutidos no próximo capítulo.

Um exemplo claro dessa situação é o sistema B, no qual o erro calculado para o volume de águas não faturadas foi de 86,7%, o que implicaria em uma classificação no pior nível, ou seja, dado sem confiabilidade, tanto no modelo da matriz de graus de confiança como no dos fatores de confiabilidade.

Assim, para a determinação do grau de confiança dos indicadores de perdas não é recomendável que se estenda aos modelos de avaliação da confiabilidade o resultado encontrado para os erros dos volumes de perdas. A melhor opção, neste caso, é utilizar o critério da estatística dos extremos, no qual o menor grau de confiança dos dados condiciona a confiança do indicador construído a partir deles, sendo portanto a confiança do próprio indicador.

## **6.3. MODELOS DE AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DOS DADOS**

Para a análise de confiabilidade dois modelos serviram de base à discussão: (i) modelo da matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre *et al.*, 2000); e (ii) modelo dos fatores de confiabilidade (Silva *et al.*, 1998).

### **6.3.1. Modelo da matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre et al., 2000)**

Trata-se de uma proposta encampada pela IWA (Alegre et al., 2000) que se insere no contexto de seu manual de melhores práticas para indicadores de desempenho de sistemas de água e de esgotos. Não se refere a uma proposta específica para indicadores de perdas de água, mas sim a uma ferramenta abrangente, que serve à extensa gama de indicadores da IWA, num total de 133 (cento e trinta e três), distribuídos em seis grupos temáticos de características diversas, a saber: (i) recursos hídricos; (ii) recursos humanos; (iii) infraestrutura; (iv) operacionais; (v) qualidade dos serviços; e (vi) econômico-financeiros.

O método associa duas vertentes, fatores de confiabilidade e intervalos de erro – cabe lembrar que os autores utilizam o termo exatidão ao invés de erro –, formando uma matriz de graus de confiança, mostrada no capítulo 3 (revisão bibliográfica). A vertente da confiabilidade fundamenta-se na base de dados e nos procedimentos de investigação, que servem de referência aos diversos níveis da avaliação. A inexistência de uma base de dados fundamentada dificulta a aplicação do modelo, uma vez que impede a precisa classificação do dado nos patamares de confiabilidade propostos. Segundo as premissas do modelo esta base de dados tem função decisiva na avaliação de desempenho, pois garante a validação dos dados empregados, além de permitir extrapolações de valores naqueles casos em que determinado dado não está disponível.

O nível de atualização da base de dados, os procedimentos de registro, tratamento, armazenamento e recuperação dos dados, e a sua abrangência no contexto do sistema em análise constituem-se nos critérios para a avaliação da confiabilidade, distribuídos em quatro níveis: A – Muito confiável, B – Confiável, C – Pouco confiável, e D – Sem confiabilidade. Para cada nível há a possibilidade de se enquadrar dados reais ou estimados, de acordo com os parâmetros estabelecidos no modelo, apresentados no capítulo 3 (revisão bibliográfica).

De outro lado, a vertente do erro está associada diretamente à medição e enquadra-se nos seguintes intervalos:

- intervalo 1 – erro menor que ou igual a  $\pm 1\%$ ;
- intervalo 2 – erro fora do intervalo 1, mas menor que ou igual a  $\pm 5\%$ ;
- intervalo 3 – erro fora do intervalo 2, mas menor que ou igual a  $\pm 10\%$ ;
- intervalo 4 – erro fora do intervalo 3, mas menor que ou igual a  $\pm 25\%$ ;

- intervalo 5 – erro fora do intervalo 4, mas menor que ou igual a  $\pm 50\%$ ; e
- intervalo 6 – erro fora do intervalo 5, mas menor que ou igual a  $\pm 100\%$ ;

Cabe observar que, em relação aos intervalos originais propostos por Alegre *et al.* (2000), foi substituída a expressão “melhor que” por “menor que”. Tal fato decorre da mudança adotada na dissertação, que optou por trabalhar com erro (conceito quantitativo) ao invés de exatidão (conceito qualitativo).

Os graus de confiança são expressos em código alfanumérico, que conjuga a letra indicadora da confiabilidade ao número indicativo do erro, conforme mostrado na matriz de graus de confiança apresentada no capítulo 3 (revisão bibliográfica).

Para a aplicação desse modelo, em atendimento à pesquisa descrita no capítulo 4 (metodologia), os operadores dos sistemas forneceram a sua própria classificação de graus de confiança dos dados. Além disso, forneceram também as características dos dispositivos de medição e controle, a partir das quais outro enquadramento dos dados foi feito no âmbito da presente dissertação, baseado nos valores dos erros calculados.

O enquadramento na matriz obedeceu às duas vertentes: confiabilidade e erro. Para a primeira, o critério da dissertação foi adotar a confiabilidade determinada pelos próprios operadores, com duas exceções:

- casos em que o erro calculado extrapolou os valores limites dos intervalos de confiabilidade determinados pelo operador – fez-se um novo enquadramento, adotando como critério a escolha do melhor nível de confiabilidade possível para o erro calculado. Por exemplo, em algum dado cujo erro foi de 26% – em que as opções de confiabilidade do modelo são “C” ou “D” –, escolheu-se o intervalo de confiabilidade “C”; e
- casos em que o operador não determinou a confiabilidade do dado – arbitrariamente foi selecionado o grau de confiabilidade “B” quando o erro situou-se na faixa de 1% a 25%, ou o grau imediatamente inferior quando o erro situou-se em intervalos não disponíveis para a confiabilidade “B”.

Quanto ao enquadramento da vertente do erro, os intervalos corresponderam àqueles da matriz de graus de confiança para os quais encaixaram-se os valores calculados no subitem 6.1 – erros prováveis dos dados primários (ver tabela 6.1) –, e no subitem 6.2.2 – erros prováveis dos dados compostos calculados pelo método do desvio padrão (ver tabela 6.7), que, segundo a discussão antes apresentada, mostrou-se como mais adequado do que o método da média ponderada.

Embora no desenvolvimento do presente trabalho tenha-se avaliado tanto os dados primários quanto os dados compostos, na Tabela 6.11 são apresentados apenas os resultados da classificação de confiança dos dados compostos usados nas fórmulas de cálculo dos indicadores de perdas de nível básico, uma vez que o objetivo principal da análise é avaliar a confiança desses indicadores. Na tabela inclui-se também o resultado referente à quantidade de ligações ativas de água, um dado primário usado no cálculo de um dos indicadores. Na tabela constam as duas classificações – do operador e desta dissertação.

Tabela 6.11. Resultado da avaliação da confiança dos dados compostos, utilizando o modelo da matriz de graus de confiança, nos sistemas pesquisados

Dado analisado		Responsável	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
<b>PRODUÇÃO</b>									
VPRO	Volume de água produzido	Operador Dissertação	A2 A3	A1 A3	A2 A2	A1 A2	- B2	C5 C4	B2 C5
VTIM	Volume de água tratada importado	Operador Dissertação	- -	- -	- -	- -	- B2	- -	- -
VDIS	Volume de água disponibilizado para distribuição	Operador Dissertação	A2 A3	A1 A3	A2 A2	A1 A2	- B2	C5 C4	B2 C5
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>									
VTEX	Volume de água tratada exportado	Operador Dissertação	A2 A3	- -	B3 C5	- -	- -	- -	- -
VCON	Volume água consumido	Operador Dissertação	B3 B4	A1 A3	B2 B4	A3 A4	- B4	C5 C5	B2 B4
VCNF	Volume de consumo de água autorizado não faturado	Operador Dissertação	B4 C5	B5 C5	- -	B2 B4	- -	- -	- -
VCAU	Volume de água de consumo autorizado	Operador Dissertação	B3 B4	A1 A3	B4 B4	A3 A4	- B4	C5 C5	B4 B4
<b>FATURAMENTO</b>									
VFAT	Volume de água faturado total	Operador Dissertação	- B4	- B4	B2 B4	A3 A4	- B4	C5 C4	B2 B4
QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	Operador Dissertação	B2 B3	- B3	A1 C5	A1 A3	- B4	C5 C5	A1 C5

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

2. QLAT é um dado primário.

3. Campos sem classificação correspondem a classificações não disponíveis ou não aplicáveis.

Ainda que os resultados obtidos para os erros decorram da aplicação de notas e pesos arbitrários, de importância secundária no contexto da presente dissertação, ainda assim pode-se destacar algumas comparações entre os valores obtidos na dissertação e aqueles determinados pelo operador. A seguir apresenta-se algumas dessas comparações, feitas com o resultado da análise de todo o conjunto de dados – primários e compostos:

- excluindo os dados não disponíveis ou não aplicáveis, restaram 98 classificações de graus de confiança possíveis, para os quais obteve-se 77 respostas (78,6%);
- houve 21 classificações de graus de confiança feitas na dissertação (21,4%), para os quais o operador não apresentou a sua própria classificação;

- comparando-se as classificações da dissertação com aquelas feitas pelo operador, apenas na vertente dos erros, constata-se que 5 delas (6,5%) resultaram na dissertação em níveis melhores que os do operador, sendo todos pertencentes ao grupo de confiabilidade “C”; 15 (19,5%) estiveram no mesmo nível; e 57 (74,0%) resultaram na dissertação em níveis mais elevados que os do operador, sendo 26 (33,8%) mais elevados em apenas um nível e 31 (40,2%) em dois ou mais níveis;
- 17 (22,1%) dos erros calculados fizeram com que os níveis de confiabilidade da dissertação recaíssem em patamares inferiores àqueles determinados pelo operador, 15 deles caíram de “B” para “C” e dois de “A” para “C”;
- o resultado dos intervalos de erro para as 98 classificações finais da dissertação, foi:
  - nenhum no intervalo 1 – menor que ou igual a  $\pm 1\%$ ;
  - 11 (11,2%) no intervalo 2 – fora do intervalo 1, mas menor que ou igual a  $\pm 5\%$ ;
  - 12 (12,3%) no intervalo 3 – fora do intervalo 2, mas menor que ou igual a  $\pm 10\%$ ;
  - 44 (44,9%) no intervalo 4 – fora do intervalo 3, mas menor que ou igual a  $\pm 25\%$ ;
  - 31 (31,6%) no intervalo 5 – fora do intervalo 4, mas menor que ou igual a  $\pm 50\%$ ; e
  - nenhum no intervalo 6 – fora do intervalo 5, mas menor que ou igual a  $\pm 100\%$ ;
- observa-se uma forte concentração nos intervalos de erro 4 e 5, que totalizaram 76,5% das classificações feitas na dissertação;
- particularmente em relação ao intervalo 4, no qual há a maior concentração de valores, cabe comentar a grande amplitude da faixa, que pode prejudicar a avaliação de itens situados um pouco acima de seu limite inferior. Por exemplo, houve um caso de volume com erro  $\pm 10,1\%$  situado no mesmo intervalo de volumes com erro  $\pm 25\%$ ;
- quanto aos intervalos de confiabilidade, no quadro geral, para as 98 classificações finais da dissertação, o resultado foi:
  - 29 (29,2%) no nível A (muito confiável);
  - 33 (33,7%) no nível B (confiável);
  - 36 (36,7%) no nível C (pouco confiável); e
  - nenhum no nível D (sem confiabilidade);
- observa-se que, embora prevaleça o intervalo “C” com maior incidência de valores, há uma distribuição da confiabilidade quase uniforme entre os três primeiros intervalos.

Para classificar a confiança dos indicadores, conforme citado no subitem 6.2.3, a melhor opção é adotar o critério da estatística dos extremos, em que a confiabilidade dos indicadores corresponde à menor confiabilidade entre os dados que o compõem. Assim, para o nível básico tem-se os seguintes dados que condicionam a confiabilidade do

indicador: (i) IANF/V – VDIS ou VFAT; (ii) IPAG – VDIS ou VCAU; e (iii) IPAG/L – VDIS ou VCAU ou QLAT.

Portanto, usando a classificação dos dados mostrada na Tabela 6.11, obteve-se o resultado final para os três indicadores de nível básico propostos na dissertação apresentado na Tabela 6.12, na qual constam também os valores dos indicadores de perdas. Cabe lembrar que o operador não foi solicitado a determinar os graus de confiança dos indicadores. A classificação mostrada como de responsabilidade do operador foi feita no âmbito desta dissertação, utilizando-se a confiança dos dados, determinada pelos operadores.

Tabela 6.12. Resultado da avaliação da confiança dos indicadores de perdas, utilizando a matriz de graus de confiança, nos sistemas pesquisados

*IANF/V e IPAG em percentual; IPAG/L em l/lig.dia*

Indicador analisado		Responsável	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
IANF/V	Indicador de águas não faturadas por volume	Indicador	46,4	14,5	27,5	24,5	37,5	52,4	35,6
		Operador	-	-	B2	A3	-	C5	B2
		Dissertação	B4	B4	B4	A4	B4	C4	C5
IPAG	Indicador de perdas totais de água	Indicador	44,1	23,6	27,5	28,6	55,4	57,4	32,5
		Operador	B3	A1	B4	A3	-	C5	B4
		Dissertação	B4	A3	B4	A4	B4	C5	C5
IPAG/L	Indicador de perdas totais de água por ligação	Indicador	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,5
		Operador	B3	-	B4	A3	-	C5	B4
		Dissertação	B4	B3	C5	A4	B4	C5	C5

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

2.  $IANF/V = (VDIS - VFAT) * 100 / VDIS$

3.  $IPAG = (VDIS - VCAU) * 100 / VDIS$

4.  $IPAG/L = (VDIS - VCAU) * 1.000.000 / (QLAT * QDIA)$

De forma similar à análise feita para os dados, o estudo dos indicadores permite também algumas comparações entre os resultados obtidos na dissertação e aqueles do operador:

- para os 21 indicadores calculados, usando-se a classificação de confiança dos dados, feita pelos operadores, foi possível determinar a confiança global de 15 indicadores (71,4%). Se se considera, no entanto, a classificação de confiança dos dados feita na dissertação, então foi possível determinar a confiança global de todos os indicadores;
- para 6 classificações de graus de confiança feitas na dissertação (28,6%) não foi possível a correspondente classificação utilizando a confiança dos dados determinada pelos operadores;
- comparando-se as classificações da dissertação com as do operador, apenas na vertente dos erros, constata-se que 3 delas (20,0%) resultaram na dissertação em níveis iguais aos selecionados pelo operador, duas delas no intervalo de confiabilidade “C” e uma no “B”; as outras 12 (80,0%) resultaram em níveis mais elevados que os do operador, sendo 9 (60,0%) mais elevados em apenas um nível e 3 (20,0%) em dois ou mais níveis;

- 4 (26,7%) dos erros calculados fizeram com que os níveis de confiabilidade da dissertação se situassem em patamares inferiores àqueles do operador, sendo que todos caíram de “B” para “C”;
- o resultado dos intervalos de erro para as 21 classificações finais da dissertação, foi:
  - 2 (9,5%) no nível 3 – fora do intervalo 2, mas menor que ou igual a  $\pm 10\%$ ;
  - 13 (61,9%) no nível 4 – fora do intervalo 3, mas menor que ou igual a  $\pm 25\%$ ; e
  - 6 (28,6%) no nível 5 – fora do intervalo 4, mas menor que ou igual a  $\pm 50\%$ ;
- como não poderia deixar de ser, observa-se aqui a mesma tendência dos valores dos erros dos dados, mais concentrados nos intervalos 4 e 5;
- em relação aos intervalos de confiabilidade, para as 21 classificações finais da dissertação, o resultado foi:
  - 4 (19,1%) no nível A (muito confiável);
  - 10 (47,6%) no nível B (confiável);
  - 7 (33,3%) no nível C (pouco confiável); e
  - nenhum no nível D (sem confiabilidade);
- observa-se, também aqui, a mesma tendência da análise dos dados, segundo a qual há uma boa distribuição da confiabilidade nos três primeiros intervalos, embora tenha havido uma maior incidência no nível “B” (47,6%) ao contrário da avaliação dos dados em que a maior incidência ocorreu no nível “C” (36,7%).

### **6.3.2. Modelos dos fatores de confiabilidade (Silva et al., 1998)**

O modelo refere-se especificamente à análise de confiabilidade dos indicadores de perdas, o que o torna mais objetivo e direto nas questões que envolvem os dados em estudo.

Ao contrário do modelo da matriz de graus de confiança, tem menor dependência de uma base de dados já consolidada, pois possibilita a identificação da confiabilidade a partir dos dados disponíveis no momento da avaliação. Evidentemente que uma boa base de dados é sempre importante para análises dessa natureza, qualquer que seja o modelo utilizado. Nesse, em questão, caso exista tal base, ela contribui para a análise de consistência dos dados e para as melhores estimativas dos valores não medidos.

Os autores sugerem alguns critérios para determinação dos erros de medições – tratados no modelo como desvios sistemáticos –, mostrados no capítulo 3 (revisão bibliográfica), os quais baseiam-se nas condições operacionais e na qualidade do sistema em análise. Parte

desses critérios serviram de referência para a metodologia simplificada de avaliação dos erros prováveis dos dados primários apresentada no subitem 6.1.

Uma vez determinados, os erros, transformados de percentuais em coeficientes, correspondem aos fatores de confiabilidade, que servem de base para a validação ou não dos dados, de importância fundamental na análise das perdas, principalmente quando se trata da comparação com outros sistemas. Para fazer cumprir esse objetivo, o modelo propõe as condições de validação dos dados para quatro diferentes faixas de variação dos fatores. Uma tabela com as faixas e respectivas condições de validação pode ser vista no capítulo 3 (revisão bibliográfica).

Os erros utilizados na determinação dos fatores de confiabilidade foram aqueles calculados para os dados primários no subitem 6.1 (ver tabela 6.1) e para os dados compostos no subitem 6.2.2 (ver tabela 6.7) – método do desvio padrão. A partir dos valores desses erros determinou-se os fatores de confiabilidade (nada mais do que a transformação de valores percentuais em coeficientes adimensionais).

Da mesma forma que na matriz de graus de confiança, também aqui foram avaliados tanto os dados primários quanto os compostos, embora na Tabela 6.13 estejam apresentados apenas os resultados desses últimos, por serem eles usados nas fórmulas de cálculo dos indicadores de perdas de nível básico, objetivo principal da análise. Na tabela, além dos resultados dos fatores de confiabilidade, está incluída também a classificação da validade dos dados, nos termos propostos pelo modelo.

O resultado final, considerando a análise dos dados primários e compostos, apontou as seguintes classificações para os níveis de validade dos dados: 59 (60,2%) no nível I; 27 (27,6%) no nível II; 12 (12,2%) no nível III; e nenhuma no nível IV. Observa-se que prevalece a maior incidência nos níveis “I” e “II”, com 87,8% das classificações, sendo a maior parte no nível I.

Tabela 6.13. Resultado da avaliação do fator de confiabilidade e da classificação de validade dos dados compostos, utilizando o modelo dos fatores de confiabilidade, nos sistemas pesquisados

Dado analisado		Responsável	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
<b>PRODUÇÃO</b>									
VPRO	Volume de água produzido	Fator confiab.	0,95	0,91	0,96	0,97	0,96	0,75	0,71
		Validade	I	I	I	I	I	II	II
VTIM	Volume de água tratada importado	Fator confiab.	-	-	-	-	0,96	-	-
		Validade	-	-	-	-	I	-	-
VDIS	Volume de água disponibilizado p/ distrib.	Fator confiab.	0,95	0,91	0,96	0,97	0,97	0,75	0,71
		Validade	I	I	I	I	I	II	II
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>									
VTEX	Volume água tratada exportado	Fator confiab.	0,95	-	0,50	-	-	-	-
		Validade	I	-	III	-	-	-	-
VCON	Volume água consumido	Fator confiab.	0,88	0,90	0,82	0,89	0,80	0,73	0,80
		Validade	I	I	I	I	I	II	I
VCNF	Volume de consumo autorizado não faturado	Fator confiab.	0,53	0,70	-	0,85	-	-	-
		Validade	III	II	-	I	-	-	-
VCAU	Volume de água de consumo autorizado	Fator confiab.	0,90	0,90	0,83	0,90	0,80	0,73	0,80
		Validade	I	I	I	I	I	II	I
<b>FATURAMENTO</b>									
VFAT	Volume de água faturado total	Fator confiab.	0,85	0,89	0,82	0,89	0,84	0,78	0,80
		Validade	I	I	I	I	I	II	I
QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	Fator confiab.	0,90	0,90	0,72	0,90	0,82	0,72	0,72
		Validade	I	I	II	I	I	II	II

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.
2. QLAT é um dado primário.
3. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.

Para os indicadores de perdas, conforme já citado anteriormente, o modelo prevê o uso da estatística dos extremos. O resultado final para os três indicadores de nível básico propostos na dissertação está apresentado na Tabela 6.14, na qual constam além dos fatores de confiabilidade e da classificação de validade, também os valores dos indicadores de perdas.

Tabela 6.14. Resultado da avaliação do fator de confiabilidade e da classificação de validade dos indicadores de perdas, utilizando o modelo dos fatores de confiabilidade, nos sistemas pesquisados

*IANF/V e IPAG em percentual; IPAG/L em l/lig.dia*

Indicador analisado		Responsável	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
IANF/V	Indicador de águas não faturadas por volume	Indicador	46,4	14,5	27,5	24,5	37,5	52,4	35,6
		Fator confiab.	0,85	0,89	0,82	0,89	0,84	0,75	0,71
		Validade	I	I	I	I	I	II	II
IPAG	Indicador de perdas totais de água	Indicador	44,1	23,6	27,5	28,6	55,4	57,4	32,5
		Fator confiab.	0,90	0,90	0,83	0,90	0,80	0,73	0,71
		Validade	I	I	I	I	I	II	II
IPAG/L	Indicador de perdas totais de água por ligação	Indicador	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,5
		Fator confiab.	0,90	0,90	0,72	0,89	0,82	0,72	0,71
		Validade	I	I	II	I	I	II	II

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.
2.  $IANF/V = (VDIS - VFAT) * 100 / VDIS$
3.  $IPAG = (VDIS - VCAU) * 100 / VDIS$
4.  $IPAG/L = (VDIS - VCAU) * 1.000.000 / (QLAT * QDIA)$

A classificação final indica 14 (66,7%) indicadores no nível I e 7 (33,3%) no nível II, totalizando os 21 indicadores calculados. Não houve, portanto, indicadores enquadrados

nos níveis III e IV. Observa-se que foi mantida a mesma tendência dos dados compostos, em que houve maior concentração dos resultados no nível I.

Esses resultados, tanto dos dados compostos quanto dos indicadores, a princípio contradizem o que se sabe de senso comum sobre a realidade dos sistemas brasileiros, nos quais os controles operacionais seguramente não se classificam de forma majoritária entre os do primeiro nível. Chama a atenção, por exemplo, os sistemas B, F e G, cujos níveis de macromedição são 67%, 0% e 50%, respectivamente, e mesmo assim os indicadores de perdas classificaram-se na faixa de validade I (sistema B) e II (sistemas F e G). E ainda o fato de se ter encontrado para a macromedição um fator de confiabilidade no sistema F (igual a 0,75) maior que no sistema G (igual a 0,61).

Sobre essa situação, cabe lembrar que a metodologia de avaliação dos erros considerou a possibilidade de haver algum grau de confiança nos volumes, ainda que não macromedidos. As notas e pesos arbitrados na metodologia implicaram nesses resultados, a princípio, pouco comuns. No entanto, verificando as informações dos operadores, observa-se que as características do macromedidor do sistema G mostram deficiências operacionais graves, enquanto que a estimativa dos volumes do sistema F utiliza critérios saudáveis e com boa consistência, ou seja, para ambos é possível concluir que os resultados se justificam.

Ainda assim, tais resultados recomendam cautela quanto aos critérios empregados e sugerem ao menos duas hipóteses para explicar a possibilidade de equívoco nos resultados: as notas e pesos empregados na metodologia simplificada para o cálculo dos erros dos dados primários não são adequados; ou as informações fornecidas pelos operadores não refletem a realidade dos sistemas, tendo-se supervalorizado a qualidade operacional. Há ainda a possibilidade de que não haja equívocos nos erros e os níveis de validação elevados decorram de que as faixas de validação são muito amplas.

Essa última hipótese ganha peso quando se faz a comparação entre os intervalos de erro da matriz de graus de confiança e as faixas de validade do atual modelo, a qual permite aproximar a seguinte equivalência:

- intervalos 1 a 4 da matriz de graus de confiança (com 68,4% dos resultados para os dados e 71,4% para os indicadores) equivalente à faixa I dos fatores de confiabilidade (com 60,2% dos resultados para os dados e 66,7% para os indicadores);
- intervalo 5 da matriz de graus de confiança (com 31,6% dos resultados para os dados e 28,6% para os indicadores) equivalente à faixa II dos fatores de confiabilidade (com 27,6% dos resultados para os dados e 33,3% para os indicadores); e

- intervalo 6 da matriz de graus de confiança (sem nenhum resultado tanto para os dados como para os indicadores) equivalente às faixas III e IV dos fatores de confiabilidade (com 12,2% dos resultados para os dados, concentrados no intervalo III, e nenhum resultado para os indicadores).

Essa equivalência aproximada está ilustrada na Tabela 6.15, na qual são mostradas as participações relativas dos erros e dos fatores de confiabilidade em cada um dos respectivos modelos.

Tabela 6.15. Comparação dos resultados da vertente dos erros da matriz de graus de confiança com os do modelo dos fatores de confiabilidade, por faixa

Matriz de graus de confiança (GC)			Fatores de confiabilidade (FC)		
Intervalo	Faixa	Participação relativa (%)	Intervalo	Faixa	Participação relativa (%)
<b>RESULTADOS PARA OS DADOS</b>					
1	< 1%	0	I	0,80 – 1,00	60,2
2	1 – 5%	11,2			
3	5 – 10%	12,3			
4	10 – 25%	44,9			
5	25 – 50%	31,6	II	0,60 – 0,79	27,6
6	50 – 100%	0	III	0,30 – 0,59	12,2
			IV	0 – 0,29	0
<b>RESULTADOS PARA OS INDICADORES</b>					
1	< 1%	0	I	0,80 – 1,00	66,7
2	1 – 5%	0			
3	5 – 10%	9,5			
4	10 – 25%	61,9			
5	25 – 50%	28,6	II	0,60 – 0,79	33,3
6	50 – 100%	0	III	0,30 – 0,59	0
			IV	0 – 0,29	0

### 6.3.3. Modelo recomendado para a avaliação de confiabilidade dos dados

A matriz de graus de confiança constitui-se em uma forma mais completa, pelo fato de considerar duas vertentes de análise: a da confiabilidade e a do erro. Essa característica indica que o modelo tende a apresentar uma avaliação mais segura da confiança dos dados, além de credenciá-lo como o mais eficiente quando se trata do acompanhamento da evolução, no tempo, dos indicadores de desempenho.

Entretanto, a necessidade de uma boa base de dados como fator determinante da vertente da confiabilidade, permite considerar que, para aplicação no Brasil, o modelo enquadra-se

no nível avançado, cuja aplicação será possível quando existirem as condições necessárias à adoção dos indicadores desse mesmo nível. A implementação no país das instâncias reguladoras poderá favorecer o uso do modelo, na medida em que a fiscalização deverá estabelecer regulamentos e mecanismos de controle mais rigorosos, que privilegiem ferramentas de monitoramento mais eficazes.

Por sua vez, o modelo dos fatores de confiabilidade corresponde, em linhas gerais, à vertente de erro da matriz de graus de confiança. A sua aplicação depende dos erros das medições – obtidos na ocasião da análise – e adota procedimento estatístico básico (valores extremos). Dessa forma, recomenda-se o uso do modelo nos casos em que as condições dos sistemas possibilitam a utilização de indicadores dos níveis básico e intermediário.

As condições de validação dos dados, propostas no modelo, apresentam intervalos de erros mais amplos: na matriz de graus de confiança os quatro primeiros intervalos se equivalem aproximadamente ao primeiro intervalo do modelo de fatores de confiabilidade. Essa característica favorece a maior concentração de resultados nos primeiros níveis, como de fato ocorreu na análise. Por esse motivo, a melhor opção é a aplicação de uma proposta intermediária, utilizando a matriz de graus de confiança combinada com o modelo dos fatores de confiabilidade, de modo que se associaria as condições de validade definidas nesse modelo a uma escala com intervalos de variação mais restritos, similar ao outro modelo, conforme mostrado na Tabela 6.16

Embora possa parecer que tal proposta seja inadequada, por representar a combinação de uma escala qualitativa (matriz de graus de confiança) com outra quantitativa (fatores de confiabilidade), cabe lembrar que mesmo empregando uma conceituação qualitativa, a matriz de graus de confiança adota para o termo exatidão um conceito mais quantitativo do que qualitativo, permitindo assim a combinação dos dois modelos.

Tabela 6.16. Proposta final de escala de confiabilidade dos dados

<b>Faixa</b>	<b>Fator de confiabilidade</b>	<b>Classificação</b>	<b>Condições de confiança dos dados</b>
I	0,90 a 1,00	Muito confiável	Dado plenamente confiável para fins de gerenciamento das perdas e de comparação de desempenho.
II	0,75 a 0,89	Confiável	Dado parcialmente confiável, com restrições sobre o uso para comparação de desempenho.
III	0,50 a 0,74	Pouco confiável	Aproximação de tendências, utilizável apenas para fixação imediata de prioridades internas, sem segurança sobre comportamentos futuros e inválida para fins de comparação de desempenho.
IV	0 a 0,49	Sem confiabilidade	Dado não utilizável, é o mesmo que não tê-lo.

## **7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A discussão realizada na dissertação possibilita importantes conclusões sobre o tema perdas de água em sistema de abastecimento, sobretudo no que diz respeito à proposição de indicadores padronizados e de modelos para avaliação da confiabilidade, conforme se vê nos subitens a seguir.

### **7.1. INDICADORES DE PERDAS**

No subitem 5.3.5 foi recomendada uma proposta padrão para os indicadores considerados mais representativos, num total de oito indicadores de perdas propriamente ditos e onze indicadores complementares que contribuem na avaliação das perdas. As Tabelas 5.4 e 5.5 mostram esses indicadores, com as respectivas fórmulas de cálculo. É importante ressaltar que, tão importante quanto a conclusão sobre os melhores indicadores é a padronização construída para os dados, expressa no glossário do Apêndice E, no qual constam a nomenclatura – nome e sigla –, a unidade de medida e a definição para todos os dados que compõem os indicadores.

Em relação à discussão realizada, alguns aspectos importantes merecem destaque, como por exemplo a utilização da pressão de operação da rede na composição dos indicadores de desempenho. Para alcançar esse nível de indicador é necessário avançar na setorização das redes em zonas de pressão, as quais devem ser mantidas sob controle rigoroso, com monitoramento contínuo. Somente os sistemas que atingirem esse estágio estarão aptos a comparar seus desempenhos operacionais no cenário internacional, do ponto de vista das perdas de água.

Percebe-se nessa questão uma área aberta para estudos futuros, com enfoque na proposição de metodologia para avaliação da pressão média de operação das redes, incluindo o estabelecimento de fatores de ponderação da pressão, que propicie a determinação do valor global da pressão da área em análise, a ser usado no cálculo dos indicadores.

É também importante destacar a necessidade dos operadores prepararem-se para a substituição definitiva dos indicadores expressos em percentual, pois conforme demonstrado, eles são impróprios à comparação de desempenho e não mais são utilizados em diversos países. Os indicadores que permitem a comparação inevitavelmente devem utilizar-se de perdas reais e perdas aparentes, de forma separada, associadas a um fator de

escala (no caso, as ligações de água) e à pressão de operação. A forma mais avançada dentre as estudadas é a utilização do indicador de vazamentos da infra-estrutura, que compara as perdas reais correntes com as perdas reais mínimas inevitáveis.

Nessa linha enquadra-se a necessidade de estudos para adequação à realidade brasileira da metodologia de cálculo das perdas mínimas tecnicamente inevitáveis, proposta por Alegre *et al.* (2000) e Lambert *et al.* (1999 e 2000). O impacto dos fatores locais, tais como extensão de rede, quantidade e densidade de ligações, pressão de operação, dentre outros, precisam ser estudados sob a ótica dos sistemas do país, para certificar a equação proposta por aqueles autores.

Em relação às perdas aparentes, vale destacar a importância de pesquisas experimentais para determinação do real impacto do uso de caixas d'água domiciliares na submedição dos hidrômetros, com enfoque na proposição de metodologia que estabeleça algum fator de ajuste para as perdas aparentes. Conforme foi visto, é inadequada a comparação de desempenho entre sistemas que utilizam caixas d'água domiciliares e aqueles cujo abastecimento é feito diretamente pela rede. O fator de ajuste poderia constituir-se em um instrumento para eliminar ou reduzir os efeitos do uso das caixas d'água e assim possibilitar a referida comparação.

A avaliação da vazão mínima noturna é também outro aspecto importante, que merece maior aprofundamento. No Brasil alguns operadores já vêm incluindo estudos com esse propósito na sua rotina operacional, mas essa é uma situação ainda incipiente. Estudos experimentais voltados para o assunto podem trazer evoluções no tratamento da questão e contribuir para a disseminação de uma metodologia padrão, com facilidade de aplicação sobretudo nos sistemas de menor porte, nos quais as dificuldades tecnológicas são maiores.

Por fim, cabe destacar um indicador, sobre o qual não se tem notícias de aplicação no Brasil, mas que pode constituir-se em importante ferramenta de gestão da alta administração dos operadores e de fiscalização por parte das instâncias reguladoras. Trata-se do indicador de águas não faturadas expresso como um percentual das despesas de exploração. As perdas de água têm uma conotação financeira forte, com impacto direto sobre as receitas e custos dos sistemas. O indicador recomendado prevê a determinação do valor financeiro das perdas de água, que corresponde ao somatório da receita que deixa de ocorrer e dos custos de produção da água perdida. Estudos com enfoque técnico e econômico podem ser realizados para teste e determinação de metodologia aplicável a esse indicador, como contribuição à disseminação de seu uso.

Por fim, tendo em vista a forte tendência, evidenciada no trabalho, de substituição do indicador de perdas expresso em percentual, sobretudo quando se trata da comparação de desempenho, vale destacar como recomendação geral desta parte do trabalho a necessidade de um maior aprofundamento de estudos e pesquisas para teste de novos indicadores e definição de estratégias para a mudança do paradigma na avaliação das perdas.

## **7.2. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE**

A análise de confiabilidade dos dados é tão importante quanto a própria avaliação das perdas. A determinação do nível de confiabilidade é essencial à comparação de desempenho entre sistemas e operadores, bem como ao conhecimento do nível de credibilidade da informação, além de contribuir, de forma efetiva, para as atividades de gerenciamento das perdas, na medida em que evidencia os pontos falhos dos sistemas de medições.

A metodologia simplificada para avaliação dos erros prováveis dos dados primários, desenvolvida na dissertação, mostrou-se como uma boa solução para os objetivos propostos, embora necessite de um maior aprofundamento. Nesse sentido, como recomendação de futuros trabalhos que poderiam contribuir para a evolução da metodologia, pode-se destacar a realização de estudos experimentais em laboratório e em campo para a determinação dos erros de medição em macro e micromedidores, sobretudo aquela decorrente das condições de instalação dos equipamentos. Outra importante contribuição seria o desenvolvimento de estudos para a determinação da submedição de hidrômetros na vazão mínima, em diversas situações típicas.

Ainda como recomendação para estudos futuros destaca-se a possibilidade da metodologia evoluir para a aplicação da análise de incertezas, também utilizando pesquisas experimentais em laboratório e em campo, porém aplicando-se análises estatísticas. Como referência para essa evolução pode-se citar ISO/CD 5168 (1998) que é uma norma para avaliação das incertezas na medição de escoamentos fluídos. Cabe destacar que, segundo Sanchez (2002) o IPT já vem desenvolvendo estudos dessa natureza para macromedidores.

Quanto aos métodos e modelos estudados, no subitem 6.2.3 recomenda-se o método do desvio padrão como a melhor alternativa para o cálculo dos erros dos dados compostos (inclusive os volumes de perdas) e o dos valores extremos como a melhor alternativa para a

classificação dos indicadores nos modelos de avaliação da confiabilidade. No subitem 6.3.3 apresenta-se a recomendação do melhor modelo de avaliação da confiabilidade, em que para sistemas aptos ao uso dos indicadores de nível avançado, recomenda-se o modelo da matriz de graus de confiança, e para os sistemas nos quais as condições permitam apenas o uso dos indicadores de nível básico e intermediário a recomendação é pelo uso do modelo dos fatores de confiabilidade. Ao final, para a classificação dos dados e indicadores no modelo dos fatores de confiabilidade a dissertação apresenta a proposta de uma nova escala de confiabilidade, conforme mostrado na Tabela 6.16.

Uma recomendação interessante para os dois modelos de avaliação da confiabilidade é a realização de futuras pesquisas de dados para teste dos respectivos modelos, principalmente no que concerne à definição dos critérios e das faixas de validação dos indicadores.

Por fim, vale destacar como recomendação geral desta parte da dissertação a necessidade de um maior aprofundamento dos estudos de confiabilidade, sobretudo no que concerne à avaliação dos erros dos dados e à definição de parâmetros de análise da confiabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESBE e ASSEMAE (1998). *Indicadores de Perdas nas Entidades Prestadoras de Serviços Públicos de Saneamento, Documento Preliminar - 1ª Revisão*. Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE e Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE, Brasília, DF, 17p.
- AGHTM (1990). *Rendement des Réseaux d'eau Potable. Définition des Termes Utilisés*. Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux – AGHTM, Techniques Sciences Méthodes, 4 Bis, 22p.
- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M. e Parena, R. (2000). *Performance Indicators for Water Supply Services*. International Water Association - IWA, Londres, Inglaterra, 162p.
- Aliança Pesquisa e Desenvolvimento (1995). *Diagnóstico do Setor Saneamento: Estudo Econômico e Financeiro*. Série Modernização do Setor Saneamento, Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, Brasília, DF, 251p.
- Alves, W.C., Costa, A.J.M.P., Gomes, J.S. e Nilda, O.I. (1999). *Macromedição - DTA D2*. Programa de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, Website: [www.pncda.gov.br](http://www.pncda.gov.br), 48p.
- Alves, W.C., Costa, A.J.M.P., Gomes, J.S., Peixoto, J.B. e Leite, S.R. (1999). *Micromedição - DTA D3*. Programa de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, Website: [www.pncda.gov.br](http://www.pncda.gov.br), 96p.
- Bessey, S.G. e Garrett, A. (1994). *Managing Leakage - Report A - Summary Report*. Water Research Centre, Water Services Association, Water Companies Association, Londres, Inglaterra, 67p.
- Bessey, S.G. e Lambert, A. (1994). *Managing Leakage - Report B - Reporting Comparative Leakage Performance*. Water Research Centre, Water Services Association, Water Companies Association, Londres, Inglaterra, 73p.
- Costa, A.J.M.P., Sanchez, J.G., Alves, W.C. e Hernandez, N.C. (1999). “Análise de consumo e estimativa de perdas em sistema sujeito à intermitência de abastecimento.” *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, meio digital, 1656-1665, Rio de Janeiro, RJ.
- George Kunkel, P.E. (2001). “Elevating the focus on water loss, water efficiency and demand management.” *2001 Annual Conference Proceedings of American Water Association - AWWA*, Philadelphia, PA, USA.
- Gonçalves, E. (1998). *Metodologias para Controle de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água - Estudo de Casos da CAESB*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF.
- Gonçalves, E. (2002). “Revisão de metodologias e indicadores de desempenho para controle de perdas em sistemas de abastecimento de água.” *Anais do Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água*, meio digital, Salvador, BA.
- Gonçalves, E. e Koide, S. (1999). “Estudos sobre determinação de perdas e indicadores de desempenho do controle de perdas na distribuição.” *Anais 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, meio digital, 1595 -1606, Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE (1997). *Contagem da População 1996: Volume 1 - Resultados Relativos a Sexo da População e Situação da Unidade Domiciliar*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, DF, 724p.
- IBGE (2001). *Censo Demográfico 2000: Características da População e dos Domicílios – Resultados Universo*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, DF, 519p.
- INMETRO (2000). *Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia*. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, SENAI/DN, Brasília, DF, 75p.

- IPT (2002). *Norma Técnica: Proposta para procedimentos de instalação de medidores de vazão eletromagnéticos para usos em água*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, SP.
- ISO/CD 5168 (1998). *Norma Técnica: Medição de escoamento de fluidos – avaliação da incerteza*. ISO - Organização Internacional de Normalização.
- Lambert, A. (1994). *Managing Leakage - Report E - Interpreting Measured Night Flows*. Water Research Centre, Water Services Association, Water Companies Association, Londres, Inglaterra, 63p.
- Lambert, A. (1998). “Uma perspectiva sobre comparação internacional de perdas físicas.” *Reunião técnica*, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD, comunicação oral, Brasília, DF.
- Lambert, A. (2000). “What do we know about pressure: leakages relationships in distribution systems?” *IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management*, Londres, Inglaterra.
- Lambert, A. (2001). “International report on water losses management and techniques.” *IWA Conference*, Berlin, Alemanha.
- Lambert, A. (2002). “Monitoramento, medição, controle e indicadores de perdas - metodologia IWA.” *Anais do Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água*, meio digital, Salvador, BA.
- Lambert, A. e Bessey, S.G. (1994). *Managing Leakage - Report F - Using Night Flow Data*. Water Research Centre, Water Services Association, Water Companies Association, Londres, Inglaterra, 37p.
- Lambert, A. e Hirner, W. (2000). “Losses from water supply systems: standard terminology and recommended performance measures.” *IWA Website*, [www.iwahq.org.uk/bluepages](http://www.iwahq.org.uk/bluepages)
- Lambert, A., Brown, T.G., Takizawa, M. e Weimer, D. (1999). “A review of performance indicators for real losses from water supply systems.” *AQUA*, 48(6), 227-237.
- Lambert, A., Brown, T.G., Takizawa, M. e Weimer, D. (2000). “A review of performance indicators for real losses from water supply systems – Corrected Version.” Comunicação oral, Salvador, BA.
- LYSA - Lyonnaise des Eaux Services Associés, ETEP Consultoria e CBF - Inst. Manut. e Construção Ltda. (1995). *Programa de Desenvolvimento Operacional para os Sistemas de Abastecimento de Água de: Campo Grande, Dourados, Corumbá/Ladário, Três Lagoas e Ponta Porã - Proposta Técnica*. Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul S/A - SANESUL, Campo Grande, MS.
- LYSA - Lyonnaise des Eaux Services Associés, ETEP Consultoria, GERENTE Projetos e Consultoria e ENGEVIX. (1998). *Elaboração de Diagnóstico, Desenvolvimento e Controle Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água de Joinville e Araquari - Relatório R05 - Diagnóstico Operacional do Sistema*. Companhia de Águas e Saneamento - CASAN, Florianópolis, SC.
- LYSA - Lyonnaise des Eaux Services Associés, ETEP Consultoria, HEALTH Consultants Limited e LATIN Consult. (1999). *Fase 1 - Relatório C1 - Diagnóstico Global Operacional/Comercial do S.I.A.A. de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho (com inclusão dos resultados nos distritos operacionais de controle de perdas - tarefa F1)*. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. - EMBASA, Salvador, BA.
- Magalhães Júnior, A.P. (2000). *Indicadores de Pressão Antrópica sobre Recursos Hídricos*. Tese de Doutorado em Elaboração, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, comunicação oral, Brasília, DF.
- Paracampos, F.J.F. (2001). “Experiências relevantes no controle de perdas no sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo.” *Anais do Seminário sobre Programas de Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água em Países da América Latina*, meio digital, Fortaleza, CE.
- Paracampos, F.J.F. (2002). “Indicadores de perdas na Região Metropolitana de São Paulo - aplicação proposta IWA.” *Anais do Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água*, meio digital, Salvador, BA.

- PMSS (1996). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 1995*. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor Saneamento, Brasília, DF.
- PMSS (1998a). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 1996*. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor Saneamento, Brasília, DF.
- PMSS (1998b). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 1997*. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor Saneamento, Brasília, DF.
- PMSS (1999). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 1998*. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor Saneamento, Brasília, DF.
- PMSS (2000). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 1999*. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor Saneamento, Brasília, DF.
- PMSS (2001). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2000*. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor Saneamento, Brasília, DF.
- Sanchez, J.G. (2002). “Macromedição e controle de perdas.” *Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água*, comunicação oral, Salvador, BA.
- Santos Neto, A.J. e Gonçalves, E. (2001). “Experiências relevantes no controle de perdas nos sistemas de abastecimento de água do Distrito Federal.” *Anais do Seminário sobre Programas de Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água em Países da América Latina*, meio digital, Fortaleza, CE.
- Sarzedas, G.L., Ramos, A.N. e Matsuguma, S. (1999). “Pesquisa de vazamentos ou redução de pressão? Como investir na redução de perdas físicas.” *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, meio digital, 1451 -1461, Rio de Janeiro, RJ.
- Silva, R.T. (1997). *PNCDA - Conceito e Estratégia*. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Brasília, DF, 11p.
- Silva, R. T., Conejo, J.G.L., Miranda, E.C. e Alves, R.F.F. (1998). *Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água - DTA A2*. Programa de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Brasília, DF, 70p.
- Technical Group on Waste of Water (1980). *Leakage Control Policy and Practice - Report 26*. National Water Council Standing Technical Committee, Water Research Centre, Londres, Inglaterra, 151p.
- Thornton, J. (2001). “Water losses and performance indicators.” *Anais do Seminário sobre Programas de Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água em Países da América Latina*, meio digital, Fortaleza, CE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS POR OUTROS AUTORES

- Fávero, J.A. e Suzuki, C.T. (1992). “Programa de redução e controle de vazamentos e aspectos técnicos do controle de vazamentos”. *Curso - Redução e Controle de Vazamentos*, comunicação oral, Brasília, DF.

## **APÊNDICE A**

### **RESULTADOS DA PESQUISA DE DADOS**

**TABELA A.1a - RESULTADOS DA PESQUISA DE DADOS**

Valores totais do ano 2000, exceto os itens 11 a 19 que correspondem à média dos doze meses do ano.

No.	SIGLA	NOME	UNID.	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>PRODUÇÃO</b>										
1	VPRO	Volume de água produzido (VPROm + VPROnm)	1000m3	294.011,0	179.513,1	92.283,1	107.520,3	14.052,6	16.011,6	2.414,4
1a	VPROm	Volume de água produzido macromedido	1000m3	294.011,0	120.606,9	92.283,1	107.520,3	13.106,7	0,0	1.207,2
1b	VPROnm	Volume de água produzido não macromedido	1000m3	0,0	58.906,3	0,0	0,0	946,0	16.011,6	1.207,2
2	VTIM	Volume de água tratada importado (VTIMm + VTIMnm)	1000m3	0,0	0,0	0,0	0,0	13.213,3	0,0	0,0
2a	VTIMm	Volume de água tratada importado macromedido	1000m3	0,0	0,0	0,0	0,0	13.213,3	0,0	0,0
2b	VTIMnm	Volume de água tratada importado não macromedido	1000m3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	VDIS	Volume de água disponibilizado para distribuição (VPRO + VTIM)	1000m3	294.011,0	179.513,1	92.283,1	107.520,3	27.266,0	16.011,6	2.414,4
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>										
4	VTEX	Volume de água tratada exportado (VTEXm + VTEXnm)	1000m3	18.460,6	0,0	5.830,4	0,0	0,0	0,0	0,0
4a	VTEXm	Volume de água tratada exportado macromedido	1000m3	18.460,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4b	VTEXnm	Volume de água tratada exportado não macromedido	1000m3	0,0	0,0	5.830,4	0,0	0,0	0,0	0,0
5	VCON	Volume de água consumido (VCONm + VCONnm)	1000m3	137.851,8	135.693,7	61.104,2	76.238,8	12.161,6	6.791,2	1.628,4
5a	VCONm	Volume de água consumido medido	1000m3	116.717,9	135.145,9	60.460,1	76.219,1	7.520,9	3.833,9	1.612,8
5b	VCONnm	Volume de água consumido não medido	1000m3	21.133,8	547,8	644,1	19,7	4.640,7	2.957,3	15,6
6	VCNF	Volume de água de consumo autorizado não faturado (VOPE + VREC + VESP)	1000m3	8.184,4	1.494,5	-	516,0	-	36,0	-
6a	VOPE	Volume de água para usos operacionais	1000m3	176,9	53,8	-	68,7	-	-	-
6b	VREC	Volume de água recuperado	1000m3	297,5	620,2	-	47,0	-	-	-
6c	VESP	Volume de água para usos especiais	1000m3	7.710,0	820,5	-	400,3	-	-	-
7	VCAU	Volume de consumo autorizado (VTEX + VCON + VCNF)	1000m3	164.496,8	137.188,2	66.934,6	76.754,8	12.161,6	6.827,2	1.628,4

**TABELA A.1b - RESULTADOS DA PESQUISA DE DADOS (continuação)**
*Valores totais do ano 2000, exceto os itens 11 a 19 que correspondem à média dos doze meses do ano.*

No.	SIGLA	NOME	UNID.	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>DISTRIBUIÇÃO (continuação)</b>										
8	VPAP	Volume de perdas parentes de água (VCNA + VCMC)	1000m3	-	-	-	7.505,5	-	-	-
8a	VCNA	Volume de água de consumo não autorizado	1000m3	-	-	-	1.407,9	-	-	-
8b	VCMC	Volume de água de consumo mal contabilizado	1000m3	-	-	-	6.097,5	-	-	-
9	VPRE	Volume de perdas reais de água (VOEX + VVAZ)	1000m3	-	-	-	10.752,0	-	-	-
9a	VOEX	Volume de água de usos operacionais extraordinários	1000m3	-	-	-	-	-	-	-
9b	VVAZ	Volume de água de vazamentos nas redes	1000m3	-	-	-	10.752,0	-	-	-
<b>FATURAMENTO</b>										
10	VFAT	Volume de água faturado (VTEX + VFATm + VFATnm)	1000m3	157.463,0	153.508,7	66.934,6	81.213,6	17.044,1	7.616,2	1.555,2
10a	VFATm	Volume de água faturado medido	1000m3	125.486,8	140.390,3	60.460,1	79.229,1	10.540,3	3.834,3	1.540,6
10b	VFATnm	Volume de água faturado não medido	1000m3	13.515,5	13.118,4	644,1	1.984,5	6.503,8	3.781,9	14,6
<b>OUTROS DADOS</b>										
11	QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	unid	384.857,0	319.084,0	214.509,0	203.027,0	50.652,0	38.502,0	9.413,0
12	QLIN	Quantidade de ligações inativas de água	unid	54.070,0	16.218,0	617,0	210,0	0,0	9.158,0	31,0
13	QLAMt	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	unid	298.557,0	316.508,0	212.785,0	203.027,0	31.289,0	21.966,0	9.395,0
14	QLAM	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas, com hidrômetro funcionando	unid	294.588,0	315.598,0	194.472,0	202.752,0	31.289,0	-	8.980,0
15	QERE	Quantidade de economias ativas residenciais de água	unid	617.557,0	507.151,0	291.220,0	310.181,0	76.763,0	44.366,0	10.172,0
16	QETR	Extensão total da rede de água (inclui ramais prediais)	km	-	-	5.689,0	4.331,0	-	515,0	263,0
17	QEPR	Extensão da rede de água (não inclui ramais prediais)	km	4.331,0	5.014,0	3.968,0	3.315,0	566,0	348,0	187,0
18	QPME	Pressão média de operação da rede (noturna)	mca	-	-	50,0	-	-	-	45,0
19	QPAT	População atendida com água	mil hab	2.518,0	1.776,7	1.087,0	921,4	267,2	188,3	36,6
20	QREP	Quantidade de reparos realizados	und	98.879,0	-	45.473,0	10.575,0	4.883,0	8.448,0	2.261,0

## **APÊNDICE B**

### **BALANÇOS DE ÁGUAS**

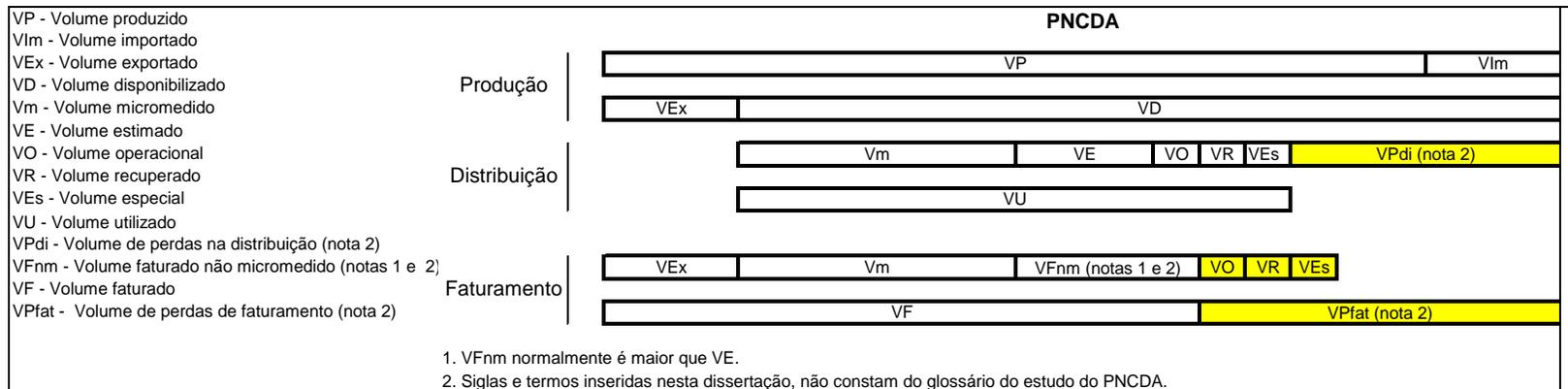


Figura B.1. Balanço de águas referente ao estudo do PNCDA (Silva *et al.*, 1998, modificado)

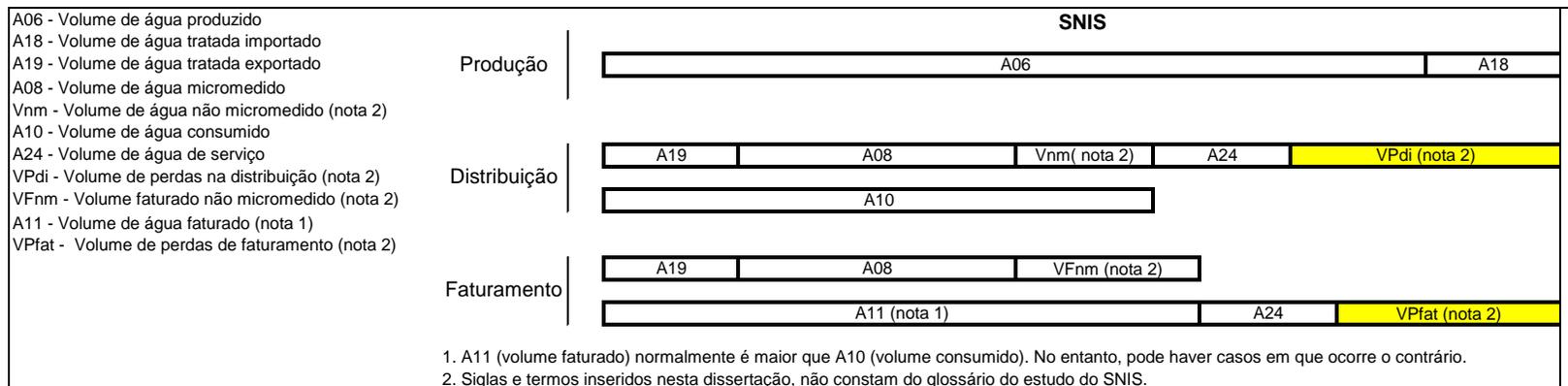


Figura B.2. Balanço de águas referente ao estudo do SNIS

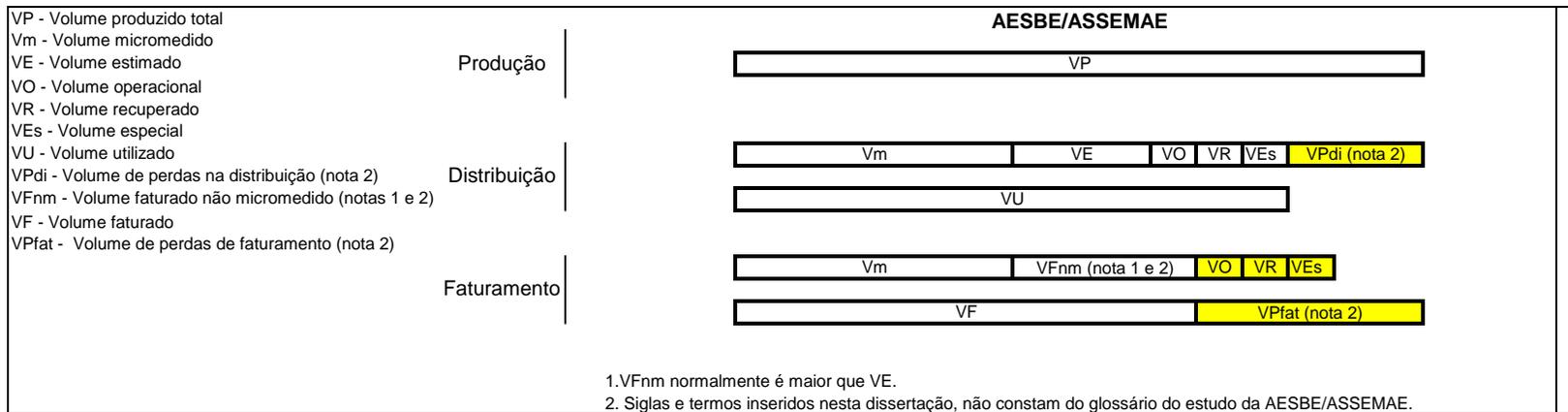


Figura B.3. Balanço de águas referente ao estudo da AESBE/ASSEMAE

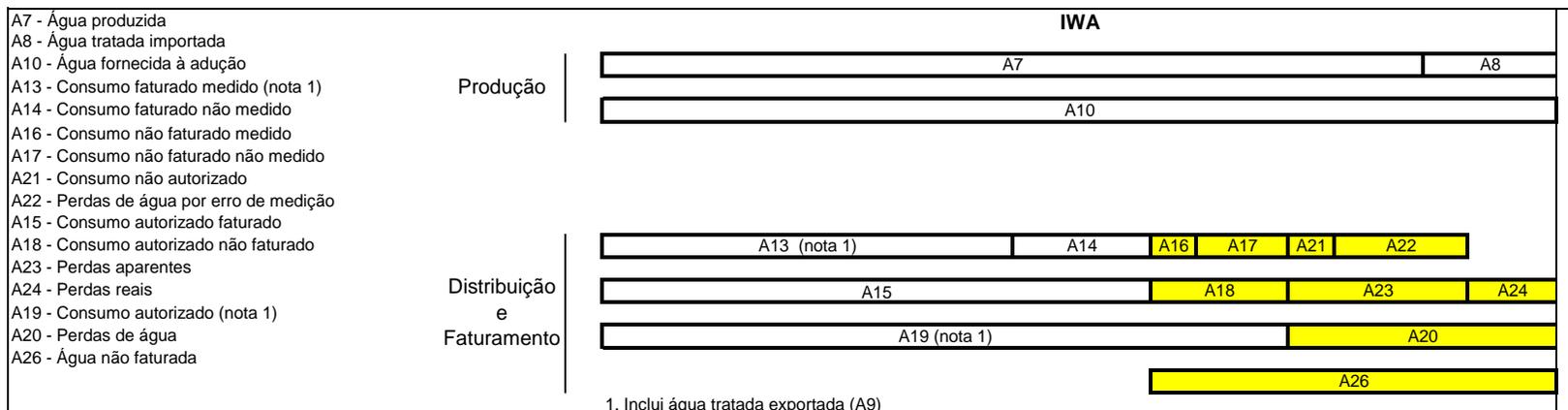


Figura B.4. Balanço de águas referente ao estudo da IWA (Alegre *et al.*, 2000, modificado)

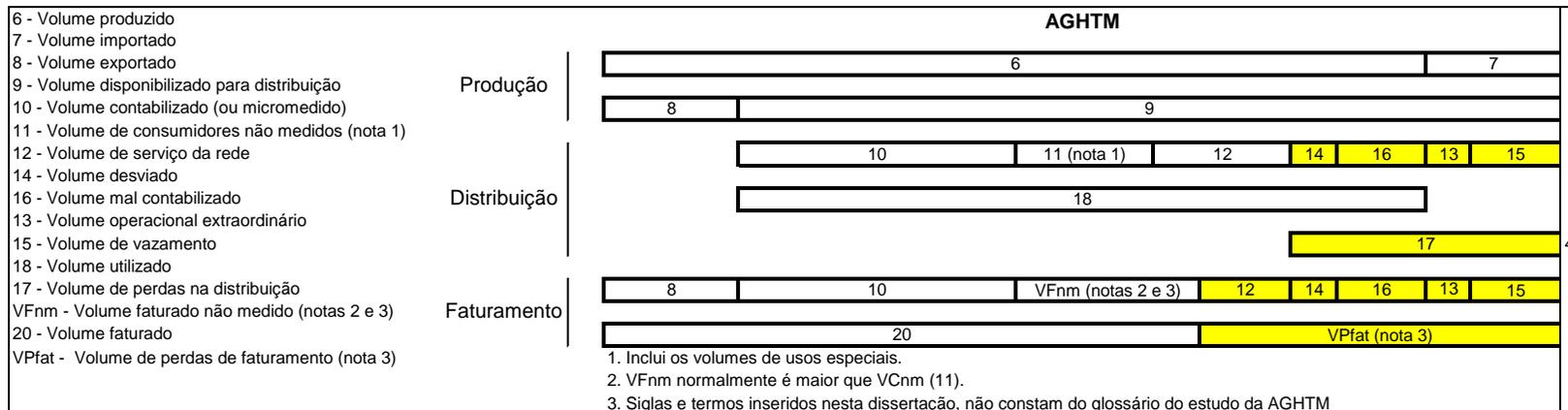


Figura B.5. Balanço de águas referente ao estudo da AGHTM (AGHTM, 1990, modificado)

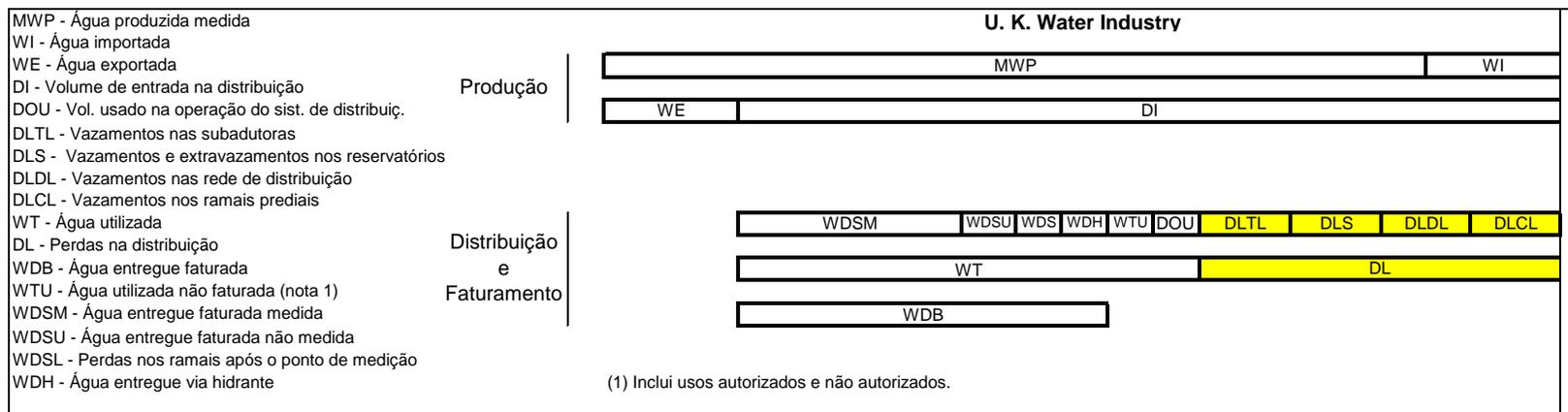


Figura B.6. Balanço de águas referente ao estudo da U. K. Water Industry (Bessey e Lambert, 1994, modificado)



PRODUÇÃO			DISTRIBUIÇÃO			FATURAMENTO		
VPROm 120.606,9	VPRO 179.513,2	VDIS 179.513,2	VTEXm 0,0	VTEX 0,0	VCAU 137.188,2	VTEX 0,0	VFAT 153.508,7	VFAT 153.508,7
VPROnm 58.906,3			VCONm 135.145,9			VCONnm 547,8		
VTIMm 0,0	VOPE 53,8		VCNF 1.494,5	VFATnm 13.118,4				
VTIMnm 0,0	VREC 620,2		VPAP	VPAG		VOPE 53,8	VCNF 1.494,5	VANF
	VESP 820,5					VCNA -		
	VCMC -		-	-		VREC 620,2		
	VVAZ -		VPRE	VDIS - VCAU 42.325,0		VESP 820,5		
	VOEX -		-			VCNA -		
						VCMC -		
						VVAZ -		
				VOEX -				
				-				

Figura B.8. Modelo de balanço de águas aplicado ao Sistema B

PRODUÇÃO			DISTRIBUIÇÃO			FATURAMENTO		
VPRom 92.283,1	VPRO 92.283,1	VDIS 92.283,1	VTEXm 0,0	VTEX 5.830,4	VCAU 66.934,6	VTEX 5.830,4	VFAT 66.934,6	VFAT 66.934,6
VPROnm 0,0			VTEXnm 5.830,4			VCONm 60.460,1		
VTIMm 0,0	VTIM 0,0		VCONnm 644,1	VCNF -		VFATnm 644,1		
VTIMnm 0,0			VOPE -			VOPE -	VANF	
			VREC -			VREC -		
			VESP -					
		VCNA -	VPAP	VPAG	VCNF -	VCNF+VPAP+VPRE -		
		VCMC -	-	VPAP + VPRE -	VPAP -			
		VVAZ -	VPRE	VDIS - VCAU 25.348,5	VPRE -	VDIS - VFAT 25.348,5		
		VOEX -	-		VOEX -			

Figura B.9. Modelo de balanço de águas aplicado ao Sistema C



PRODUÇÃO			DISTRIBUIÇÃO			FATURAMENTO		
VPRom 13.106,7	VPRO 14.052,7	VDIS 27.266,0	VTEXm 0,0	VTEX 0,0	VCAU 12.161,6	VTEX 0,0	VFAT 17.044,1	VTEX 0,0
VPROnm 946,0			VCONm 7.520,9			VCON 12.161,6		VFATm 10.540,3
VTIMm 13.213,3	VTIM 13.213,3		VCONnm 4.640,7	VCNF -		VFATnm 6.503,8		
VTIMnm 0,0			VOPE -			VOPE -	VCNF -	VANF
			VREC -			VCNF -	VCNF -	VCNF+VPAP+VPRE -
			VESP -	VCNF -		VCNF -	VDIS - VFAT 10.221,9	
		VCNA -	VPAP	VPAG				
		VCMC -	-	VPAP + VPRE -				
		VVAZ -	VPRE	VDIS - VCAU 15.104,4				
		VOEX -	-	15.104,4				

Figura B.11. Modelo de balanço de águas aplicado ao Sistema E



PRODUÇÃO			DISTRIBUIÇÃO			FATURAMENTO		
VPROm 1.207,2	VPRO 2.414,4	VDIS 2.414,4	VTEXm 0,0	VTEX 0,0	VCAU 1.628,4	VTEX 0,0	VFAT 1.555,2	VFAT 1.555,2
VPROnm 1.207,2			VTEXnm 0,0			VCONm 1.612,8		
VTIMm 0,0	VTIM 0,0		VCONnm 15,6	VOPE -		VFATnm 14,6		
			VREC -	VCNF -		VOPE -	VCNF -	VANF
			VESP -			VCNF -		
VCNA -	VPAP -		VPAG	VPAP -		VCNF+VPAP+VPRE -		
VCMC -		VPAP + VPRE -	VCNF -		VDIS - VFAT 859,2			
VVAZ -	VPRE -	VDIS - VCAU 786,0	VPRE -	VDIS - VFAT 859,2				
VOEX -		VPRE -		VPRE -	VPRE -			
VTIMnm 0,0								

Figura B.13. Modelo de balanço de águas aplicado ao Sistema G

## **APÊNDICE C**

### **ANÁLISE DOS INDICADORES ESTUDADOS**

Tabela C.1a. Indicadores de Perdas - Nível Básico

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>Parte 1 - Indicadores de águas não faturadas, como um percentual do volume disponibilizado</b>											
IPF ou ANF	Índice de perda de faturamento ou Água não	PNCDA	%	$(VDIS - VFAT) * 100 / VDIS$ <small><math>VDIS = VPRO + VTIM - VTEX</math></small>	49,6	14,5	29,3	24,5	37,5	52,4	35,6
I13	Índice de perdas de faturamento	SNIS	%	$[(VPRO + VTIM - VCNF) - VFAT] * 100 / (VPRO - VTIM - VCNF)$	44,9	13,8	27,5	24,1	37,5	52,3	35,6
IPF ou ANF	Índice de perdas de faturamento ou Águas não faturadas	AESBE / ASSEMAE	%	$(VPRO - VFAT) * 100 / VPRO$	52,7	14,5	33,8	24,5	-21,3	52,4	35,6
Fi36	Água não faturada por volume	IWA	%	$(VPRO + VTIM - VFAT) * 100 / (VPRO + VTIM)$	46,4	14,5	27,5	24,5	37,5	52,4	35,6
RF	Razão financeira	AGHTM	%	$VFAT * 100 / (VCAP + VBIM - VPAB + VTIM)$	<i>Não calculado por envolver volumes anteriores ao tratamento, que não são objeto da presente dissertação.</i>						

588022,06

**Comentários**

1. Gerais: (i) estes indicadores representam a água que é disponibilizada e não faturada, correspondem a uma composição de perdas reais, perdas aparentes e volumes de consumo autorizado não faturado; (ii) onde não há volumes importados e exportados, as quatro fórmulas resultam em valores iguais para os indicadores (ver Sistema G).
2. PNCDA: considera volume disponibilizado como a soma algébrica  $VPRO + VTIM - VTEX$ , ou seja, exclui o volume exportado logo no início do balanço de águas, como se o mesmo não fizesse parte dos volumes de entrada no sistema e dos volumes faturados. O mais correto seria incluí-lo tanto nos volumes de entrada como nos volumes faturados, como é o caso da fórmula de cálculo do SNIS e da IWA. Em termos práticos este comentário implicaria em não subtrair  $VTEX$  no denominador da fórmula. Na situação proposta pelo PNCDA o indicador calculado é um pouco maior que o da situação ora considerada como mais correta (ver Sistemas A e C, em ambos os casos o indicador do PNCDA resultou em valor 7% maior que o da IWA).
3. SNIS: exclui, equivocadamente, os volumes de consumo autorizado não faturado ( $VCNF$ ), das perdas de faturamento. Ora como os volumes não são faturados, não podem ser excluídos das perdas de faturamento.
4. AESBE/ASSEMAE: não explicita os volumes importados e exportados. Portanto, antes da aplicação, as fórmulas precisam ser adequadas. Caso contrário, onde há estes volumes, o cálculo resulta em valores irreais (ver Sistema E, onde o valor calculado foi negativo devido ao fato de 56% dos volumes disponibilizados serem importados. Ver também Sistemas A e C, onde há volumes exportados, e, por isso, o indicador calculado resultou no valor mais elevado de todas as fórmulas).
5. IWA: não considera diferença entre volumes consumidos e faturados, por isso na fórmula de Fi36 consta  $VCON$ .
6. AGHTM: adota uma lógica diferente dos demais. O valor calculado não representa as perdas, mas sim o que não foi perdido, ou seja, as perdas de faturamento são, na verdade:  $(1 - RF)$ . O cálculo não foi efetuado pelo fato de que a fórmula inclui perdas desde a captação, e a presente dissertação concentra-se nas perdas após o tratamento.
7. U.K. Water Industry não propõe indicador para perdas de faturamento.

**Indicador padrão recomendado**Sigla: IANFV Nome: Indicador de águas não faturadas por volume Fórmula:  $(VDIS - VFAT) * 100 / VDIS$  Unidade: % $VDIS = VPRO + VTIM$ 

Nota: como será visto mais adiante, o mesmo indicador é também proposto no nível intermediário, porém referenciado aos custos dos serviços.

Tabela C.1b. Indicadores de Perdas - Nível Básico (continuação)

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>Parte 2 - Indicadores de perdas de água na distribuição, como um percentual do volume disponibilizado</b>											
IPD ou ANC	Índice de perda na distribuição ou Água não contabilizada	PNCDA	%	$(VDIS - VCAU) * 100 / VDIS$ $VDIS = VPRO + VTIM - VTEX$ $VCAU = VCONm + VCONnm + VOPE + VREC + VESP$	47,0	23,6	29,3	28,6	55,4	57,4	32,6
I49	Índice de perdas na distribuição	SNIS	%	$[(VPRO + VTIM - VCNF) - VCON] * 100 / (VPRO + VTIM - VCNF)$ <i>VCON inclui vol. exportado (VEX)</i>	45,3	23,8	27,5	28,8	55,4	57,5	32,6
IPD ou ANC	Índice de perdas de água tratada na distribuição ou Águas não contabilizadas	AESBE / ASSEMAE	%	$(VPRO - VCAU) * 100 / VPRO$ $VCAU = VCONm + VCONnm + VOPE + VREC + VESP$	50,3	23,6	33,8	28,6	13,5	57,4	32,6
PP	Porcentagem das perdas na distribuição	AGHTM	%	$VPAG * 100 / VDIS$ $VPAG = VDIS - VCAU$ $VDIS = VPRO + VTIM - VTEX$ $VCAU = VCONm + VCONnm + VOPE$ <i>VCONnm inclui vol. especiais (VES)</i>	47,1	23,9	29,3	28,7	55,4	-	32,6
PNC	Porcentagem de volumes não consumidos	AGHTM	%	$(VDIS - VCONm - VCONnm) * 100 / VDIS$ $VDIS = VPRO + VTIM - VTEX$ <i>VCONnm inclui vol. especiais (VES)</i>	47,2	24,0	29,3	28,7	55,4	-	32,6

### Comentários

1. Gerais: (i) estes indicadores representam a água que é disponibilizada e não consumida, correspondem a uma composição de perdas reais e perdas aparentes, sem incluir os volumes de consumo autorizado não faturado; (ii) onde não há volumes importados e exportados, as quatro fórmulas resultam em valores iguais para os indicadores (ver Sistema G); (iii) nos Sistema F os indicadores da AGHTM não foram calculados por não se dispor do VOPE.
2. PNCDA: considera volume disponibilizado como a soma algébrica VPRO + VTIM - VTEX, ou seja, exclui o volume exportado logo no início do balanço de águas, como se o mesmo não fizesse parte dos volumes de entrada no sistema e dos volumes consumidos. O mais correto seria incluí-lo tanto nos volumes de entrada como nos volumes consumidos, como é o caso da fórmula de cálculo do SNIS e da IWA. Em termos práticos este comentário implicaria em não subtrair VTEX no denominador da fórmula.
3. SNIS: (i) exclui, corretamente, os volumes de consumo autorizado não faturado (VCNF) das perdas totais de água. No entanto, na formulação matemática há um equívoco ao excluir VCNF dos volumes entrantes, ao invés de somá-lo aos volumes utilizados, como o faz o PNCDA e a AGHTM. Em termos práticos este comentário implicaria em não subtrair VCNF no denominador da fórmula; (ii) inclui volume de água tratada exportado em VCON.
4. AESBE/ASSEMAE: em todos os seus indicadores a entidade não explicita os volumes importados e exportados. Portanto, antes da aplicação, as fórmulas precisam ser adequadas. Caso contrário, onde há estes volumes, o cálculo resulta em valores irrealistas (ver Sistema E, onde o valor calculado foi bem inferior aos demais, devido ao fato de 56% dos volumes disponibilizados serem importados. Ver também Sistemas A e C, onde há volumes exportados, e, por isso, o indicador calculado resultou no valor mais elevado de todas as fórmulas).
5. AGHTM: (i) da mesma forma que o PNCDA, também considera volume disponibilizado como a soma algébrica VPRO + VTIM - VTEX, ou seja, exclui o volume exportado logo no início do balanço de águas, como se o mesmo não fizesse parte dos volumes de entrada no sistema e dos volumes consumidos. O mais correto seria incluí-lo tanto nos volumes de entrada como nos volumes consumidos, como é o caso da fórmula de cálculo do SNIS e da IWA; (ii) diferentemente dos autores nacionais, não adota os volumes recuperados e de usos especiais (ressalte-se, no entanto, que inclui estes últimos como parte dos volumes de consumo não medidos: VCONnm); (iii) os dois indicadores da AGHTM são quase iguais, diferenciando-se apenas pela inclusão em PP do volume operacional, normalmente um volume muito pequeno em relação aos demais volumes envolvidos.
6. IWA não propõe indicador similar a este, em percentual. Ressalte-se, no entanto, que a entidade propõe indicador de perdas totais em l/lig.dia. Já a U. K. Water Industry não propõe indicador de perdas totais, concentrando-se nos indicadores de perdas reais.

### Indicador padrão recomendado

Sigla: IPAG Nome: Indicador de perdas totais de água Fórmula:  $(VDIS - VCAU) * 100 / VDIS$  Unidade: %

$VCAU = VCON + VTEX + VCNF$

$VCNF = VOPE + VREC + VESP$

Tabela C.1c. Indicadores de Perdas - Nível Básico (continuação)

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>Parte 3 - Indicadores de perdas de água na distribuição, em volume associado à extensão de rede</b>											
ILB	Índice linear bruto de perda	PNCDA	m3/km.dia	$(VDIS - VCAU) / (QEPR * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM IPD</i>	81,9	23,1	17,5	25,4	73,1	72,3	11,5
I50	Índice bruto de perdas lineares	SNIS	m3/km.dia	$[(VPRO + VTIM - VCNF) - VCON] / (QEPR * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM I49</i>	81,9	23,1	17,5	25,4	73,1	72,3	11,5
IPR	Índice de perdas de água por extensão de rede	AESBE / ASSEMAE	m3/km.dia	$(VPRO - VCAU) / (QEPR * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM IPD</i>	93,6	23,1	21,5	25,4	9,2	72,3	11,5
ILP	Índice linear de perdas na distribuição	AGHTM	m3/km.dia	$VPAG / (QETR * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM PP</i>	-	-	12,2	19,5	-	-	8,2
<b>Parte 4 - Indicadores de perdas de água na distribuição, em volume associado à quantidade de ligações ou de economias</b>											
IPL	Índice de perda por ligação	PNCDA	l/lig.dia	$(VDIS - VCAU) / (QLAT * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM IPD</i>	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,7
I51	Índice de perdas por ligação	SNIS	l/lig.dia	$[(VPRO + VTIM - VCNF) - VCON] / (QLAT * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM I49</i>	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,7
IPE	Índice de perdas de água por economia	AESBE / ASSEMAE	l/econ.dia	$(VPRO - VCAU) / (QERE * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM IPD</i>	656,5	228,6	293,3	271,7	67,5	567,2	211,7
Op22	Perdas de água densidade de ramais < 20/km de rede, o indicador deve ser expresso em m3/km de rede.dia	IWA	l/lig.dia	$VPAG / (QLAT * QDIA)$ <i>VPAG = VDIS - VCAU</i> <i>VDIS = VPRO + VTIM</i> <i>VCAU = VEX + VCON + VCNF</i> <i>VCON = VCONm + VCONnm</i>	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,7

**Comentários**

1. Gerais: (i) valem os três comentários da Tabela C.1b; (ii) nos Sistemas A, B e E, o indicador da AGHTM não foi calculado devido à extensão dos ramais prediais ser um dado não disponível; (iii) na Parte 4, todos os trabalhos recomendam a utilização da unidade em m3, ao invés de litros. Optou-se, no entanto, por adotar a unidade em "litros" por considerá-la mais apropriada.
2. AESBE/ASSEMAE: (i) valem os mesmos comentários da Tabela C.1b; (ii) na Parte 4, adota como fator de escala as economias residenciais, ao contrário dos demais autores que utilizam a somatória das ligações de todas as categorias.
3. AGHTM: (i) valem os mesmos comentários da Tabela C.1b; (ii) ao contrário dos demais autores, considera extensão de rede total, incluída a extensão dos ramais prediais.
4. IWA:
  - (i) recomenda este indicador somente quando a densidade de ramais for menor que 20 / km rede. Ressalte-se que, de acordo com dados do Diagnóstico do SNIS 2000 (PMSS, 2001), a densidade média brasileira é de 88 lig / km de rede e a menor média entre as companhias estaduais do país é de 43 lig / km de rede;
  - (ii) segundo Lambert (2002), os dados pesquisados pelo Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da IWA demonstram que as perdas de água inevitáveis expressas em m3/km rede são menos consistentes que as expressas em m3/ligação. Em dois gráficos distintos, traçados com as perdas expressas em cada uma das unidade versus a densidade de ligações, observa-se, no primeiro caso, que para pequenas variações da densidade de ligações ocorrem grandes variações nos volumes das perdas. Esta situação não ocorre no gráfico traçado com as perdas expressas em m3/ligação, onde a variação das perdas ocorre em patamares mais estáveis. Estas observações levaram o autor a recomendar, em recente Encontro Técnico sobre Perdas de Água, realizado em Salvador/BA, a não utilização de perdas expressas em m3/km de rede, mantendo apenas o indicador expresso em l/ligação;
  - (iii) usa sempre o termo volume consumido faturado, ou seja, não difere os volumes consumidos dos faturados, como ocorre no Brasil. Para o cálculo acima, optou-se, no entanto, por utilizar o volume consumido, no entendimento de que esta é a lógica da fórmula proposta;
  - (iv) inclui volume de água tratada exportado como parte dos volumes consumidos; ao contrário dos autores nacionais não adota os volumes recuperados como parte do VCNF;
  - (v) não distingue ligações ativas, inativas e totais, como ocorre no Brasil. No cálculo foram adotadas ligações ativas.

**Indicador padrão recomendado****Indicador associado à extensão de rede não recomendado para a proposta padrão.****Sigla:** IPAG/L **Nome:** Indicador de perdas totais de água por ligação **Fórmula:**  $(VDIS - VCAU) / (QLAT * QDIA)$  **Unidade:** l/lig.dia

*Nota: em função dos comentários de Lambert (2002) acima expostos e considerando que a maior parte das perdas reais ocorrem nos ramais prediais, e ainda, que a recuperação e controle de perdas aparentes têm como referência as ligações, recomenda-se como mais apropriada a utilização das ligações de água como fator de escala deste indicador.*

Tabela C.2. Indicadores de Perdas - Nível Intermediário

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>Parte 1 - Indicadores de perdas reais</b>											
PFD	Índice de perda física na distribuição	PNCDA	%	$(VDIS - VFUT) * 100 / VDIS$ $VFUT = VCAU + dm + dM +/- dE$ <i>VER DEMAIS DADOS COMPOSTOS EM IPD</i>	Não há como calcular pois não se dispõe das resultantes dos erros sistemáticos de medição (dm, dM) e dos erros estatísticos dos volumes estimados (dE), necessários ao cálculo de VFUT.						
ILF	Índice linear de perda física	PNCDA	m3/km.dia	$(VDIS - VFUT) / (QETR * QDIA)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM PFD</i>	Vale o mesmo comentário acima.						
DL	Perdas na distribuição como percentual do volume disponibilizado	U.K. Water Industry	%	$VPRE * 100 / VDIS$ $VDIS = VPRO + VTIM + VTEX$	-	-	-	10,0	-	-	-
DL/km	Perdas na distribuição por extensão de rede	U.K. Water Industry	m3/km.dia	$VPRE / (QETR * QDIA)$	-	-	-	6,8	-	-	-
DL/econ	Perdas na distribuição por domicílio	U.K. Water Industry	l/econ.dia	$VPRE / (QERE * QDIA)$	-	-	-	95,0	-	-	-
Op24	Perdas reais <i>densidade de ramais &lt; 20/km de rede, o indicador deve ser expresso em m3/km de rede/ano</i>	IWA	l/lig.dia	$VPRE / (QLAT * QDIA * T)$ $VPRE = VPAG - VPAP$ $VPAP = VCNA + VCMC$ $T = QTPR / (QDIA * 24) - \text{no cálculo adotado } T = 100\%$	-	-	-	145,1	-	-	-
Fi37	Água não faturada em termos de custo	IWA	%	$[(VCNF + VPAP) * QTMA + VPRE * QCMP] / QDEX$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM Op24 E Op23</i>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Parte 2 - Indicadores de perdas aparentes</b>											
Op23	Perdas aparentes <i>densidade de ramais &lt; 20/km de rede, o indicador deve ser</i>	IWA	l/lig.dia	$VPAP / (QLAT * QDIA)$ $VPAP = VPAG - VPRE; \text{ ou}$ $VPAP = VCNA + VCMC$	-	-	-	101,3	-	-	-

**Comentários**

1. Gerais: (i) na Parte 1 os indicadores representam as perdas reais, compostas basicamente de vazamentos, usos operacionais extraordinários e extravasamentos nos reservatórios; na Parte 2 o indicador representa as perdas aparentes, compostas basicamente de volumes utilizados sem autorização e pelos volumes mal contabilizados; (ii) os usos operacionais extraordinários, propostos pela AGHTM e adotados como componentes das perdas reais, são de difícil quantificação, já que pressupõem um padrão de consumo de água para os usos operacionais, que poderá variar segundo as condições de cada sistema; (iii) somente o Sistema D forneceu volumes de perdas reais e aparentes. No entanto, os valores não conferem com o balanço de águas; (iv) estes indicadores são mais adequados à comparação de desempenho do que os do Nível Básico, embora ainda insuficientes para esta finalidade.
2. PNCDA: (i) os indicadores PFD e ILF retratam as perdas reais, calculadas a partir dos Volumes Fisicamente Utilizados (VFUT), que correspondem aos volumes de consumo autorizado (VCONm + VCONm + VOPE + VREC + VESP), adotados nos indicadores básicos, acrescidos das correções devidas aos erros da micromedição, da macromedição e das estimativas de volumes não medidos; (ii) a somatória dos erros das medições e estimações de dados (dm, dM e dE), em tese, corresponde ao volume de perdas aparentes. Há, no entanto, dois itens importantes que não estão incluídos nos erros estatísticos: os consumos clandestinos e os erros dos volumes entrantes no sistema; (iv) trata-se de conceito de difícil aplicação; (v) em ILF adota como fator de escala a extensão de rede total, incluindo a extensão dos ramais prediais.
3. U. K. Water Industry: (i) em DL/km adota como fator de escala a extensão de rede total, incluindo a extensão dos ramais prediais; (ii) em DL/econ adota como fator de escala as economias residenciais, ao contrário da IWA que utiliza a somatória das ligações de todas as categorias. Não distingue economias ativas, inativas e totais, como ocorre no Brasil. No cálculo foram adotadas economias ativas.
4. IWA: (i) o indicador proposto pela IWA considera que o sistema deve estar pressurizado. Para o Op24 a fórmula contempla a aplicação de um fator T, que indica a proporção de tempo em que o sistema esteve pressurizado; (ii) não distingue ligações ativas, inativas e totais, como ocorre no Brasil. No cálculo foram adotadas ligações ativas.
5. U. K. Water Industry e IWA: ao contrário dos autores nacionais, não adotam os volumes recuperados como parte de VCNF.

**Indicador padrão recomendado**

<b>Sigla:</b> IPRE/L	<b>Nome:</b> Indicador de perdas reais por ligação	<b>Fórmula:</b> $VPRE / (QLAT * QDIA * T)$	<b>Unidade:</b> l/lig.dia	$T = QTPR / (QDIA * 24)$
<b>Sigla:</b> IPAP/L	<b>Nome:</b> Indicador de perdas aparentes por ligação	<b>Fórmula:</b> $VPAP / (QLAT * QDIA)$	<b>Unidade:</b> l/lig.dia	
<b>Sigla:</b> IANF/C	<b>Nome:</b> Indicador de águas não faturadas em termos de custo	<b>Fórmula:</b> $[(VCNF + VPAP) * QTMA + VPRE * QCMP] / QDEX$	<b>Unidade:</b> l/lig.dia	

Notas: (i) os volumes de perdas reais podem ser obtidos por dois critérios básicos: pela sua própria quantificação, utilizando o método da vazão mínima noturna; ou pela diferença entre volumes entrantes no sistema e as perdas aparentes + volumes de consumos autorizados não faturados, devendo estes dois últimos serem quantificados, primeiramente; (ii) de forma similar, os volumes de perdas aparentes também podem ser obtidos por dois critérios básicos: pela sua própria quantificação; ou pela diferença entre volumes entrantes no sistema e as perdas reais + volumes de consumo autorizado não faturado, neste caso, devendo estes dois últimos serem quantificados, primeiramente; (iii) não havendo controle sobre o fator T, recomenda-se estimar o seu valor, ou, em último caso, adotar T= 100%.

Tabela C.3. Indicadores de Perdas - Nível Avançado

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
ILP	Índice linear ponderado de perda física	PNCDA	m3/km.dia	$S (ILF_n \cdot FPP_n \cdot VDIS_n / VDIS)$							
				<i>n = setores de distribuição.</i>							
				<i>ILF = índice linear de perda física</i>							
				<i>FPP = fator de ponderação da pressão</i>							
				$VDIS = VPRO + VTIM - VTEX$							
DLI	Índice de perdas na distribuição	U.K. Water Industry	m3/km.dia.mca	$VPRE / (QETR \cdot QDIA \cdot QPME)$	Não há como calcular pois não se dispõe dos volumes de perdas reais e, em alguns casos, da pressão de operação da rede.						
DLI	Índice de perdas na distribuição	U.K. Water Industry	l/lig.dia.mca	$VPRE / (QLAT \cdot QDIA \cdot QPME)$	Vale o mesmo comentário acima.						
Op25	Índice infra-estrutural de fugas	IWA	-	$VPRE / VPRI$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM Op24</i>	Vale o mesmo comentário acima.						
VPRI	Perdas reais anuais inevitáveis	IWA	m3/dia	$[(18 \cdot QEPR) + (0,8 \cdot QLAT) + (25 \cdot QERA)] \cdot QPME / 1000$	-	-	12.151,6	-	-	-	490,3
ISP	Índice superficial de perdas	AGHTM	m3/m2.dia	$VPAG / (QSIR \cdot QDIA)$	Não há como calcular pois não se dispõe da superfície interna das tubulações.						
				<i>VER DADOS COMPOSTOS EM PP</i>							

### Comentários

- Gerais: (i) os indicadores do Nível Avançado representam as perdas físicas associadas a parâmetros dos sistemas - principalmente pressão de operação da rede - que resultam em uma melhor avaliação das perdas, permitindo a comparação de desempenho.
- U. K. Water Industry e IWA: diferentemente dos autores nacionais, não adotam os volumes recuperados como parte de VCNF.
- IWA: (i) VPRI - representa as perdas reais mínimas, entendidas como o valor mínimo tecnicamente atingível. Corresponde à melhor estimativa possível, que pode ser calculada por meio da equação determinada pelo Grupo de Trabalho da IWA sobre Perdas de Água. A equação, baseada em resultados de observações em casos de estudo internacionais, leva em conta a influência das seguintes variáveis: (a) comprimento da rede, em km; (b) número de ramais; (c) comprimento médio dos ramais entre a divisa frontal do lote e o ponto de medição, em m; (d) pressão média de operação, em mca; (ii) No Brasil, a extensão de ramal entre a divisa frontal do lote e o ponto de medição, normalmente é pouco expressiva, podendo ser considerada igual a zero.
- AGHTM: o indicador proposto associa as perdas totais à superfície interna das canalizações e por este motivo foi enquadrado no nível avançado. Trata-se de um indicador de pouca aplicação prática.

### Indicador padrão recomendado

**Sigla:** IPRE/P **Nome:** Indicador de perdas reais por ligação, associado à pressão **Fórmula:**  $VPRE / (QLAT \cdot QPME \cdot QDIA)$  **Unidade:** l/lig. mca.dia

**Sigla:** IVIN **Nome:** Indicador de vazamentos da infra-estrutura **Fórmula:**  $VPRE / VPRI$  **Unidade:** -

Tabela C.4a. Indicadores Complementares - Nível Básico

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>Parte 1 - Indicadores complementares relativos à macromedição</b>											
IMD	Índice de macromedição na distribuição	PNCDA	%	$\frac{(VPROm + VTIMm + VTEXm) * 100 / VDIS}{VDIS = VPRO + VTIM - VTEX}$	100,0	67,2	94,1	100,0	96,5	0,0	50,0
I11	Índice de macromedição	SNIS	%	$\frac{(VPROm + VTIMm + VTEXm) * 100 / VDIS}{VDIS = VPRO + VTIM - VTEX}$	100,0	67,2	94,1	100,0	96,5	0,0	50,0
IMD	Índice de macromedição na distribuição	AESBE / ASSEMAE	%	$VPROm * 100 / VPRO$	100,0	67,2	100,0	100,0	93,3	0,0	50,0
<b>Parte 2 - Indicadores complementares relativos à micromedição</b>											
IH	Índice de hidrometração	PNCDA	%	$QLAM * 100 / QLAT$	77,6	99,2	99,2	100,0	61,8	57,1	99,8
I09	Índice de hidrometração	SNIS	%	$\frac{QLAM * 100 / QLAT}{QLAM \text{ considera somente hidrômetros em funcionamento}}$	76,5	98,9	90,7	99,9	61,8	-	95,4
IHI	Índice de hidrometração	AESBE / ASSEMAE	%	$QLAM * 100 / QLAT$	77,6	99,2	99,2	100,0	61,8	57,1	99,8
Em	Eficiência da micromedição	PNCDA	%	$QHIF * 100 / QHTO$	76,5	98,9	90,7	99,9	61,8	-	95,4
EHI	Eficiência da hidrometração	AESBE / ASSEMAE	%	$QHIF * 100 / QHTO$	76,5	98,9	90,7	99,9	61,8	-	95,4
I10	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	SNIS	%	$\frac{VCONm * 100 / (VDIS - VCNF)}{VDIS = VPRO + VTIM - VTEX}$	43,7	75,9	69,9	71,2	27,6	24,0	66,8
I44	Índice de micromedição relativo ao consumo	SNIS	%	$\frac{VCONm * 100 / (VCON - VTEX)}{\text{Considera vol. exportado (VTEX) incluído em VCON}}$	84,7	99,6	98,9	100,0	61,8	56,5	99,0
R1	Rendimento primário	AGHTM	%	$\frac{VCONm * 100 / VDIS}{VDIS = VPRO + VTIM - VTEX}$	42,4	75,3	69,9	70,9	27,6	23,9	66,8

**Comentários**

1. Gerais: (i) estes indicadores refletem a eficiência da macro e micromedição, e contribuem para a avaliação dos volumes produzidos e consumidos; (ii) os índices I09 do SNIS e EHI da AESBE/ASSEMAE são iguais, pois ambos utilizam quantidade de hidrômetros com funcionamento regular; (iii) há basicamente dois grupos de indicadores para a micromedição: os que consideram a quantidade de hidrômetros e os que consideram os volumes envolvidos.
2. PNCDA e SNIS - Parte 1: (i) a fórmula original considera a subtração do volume exportado, tanto no numerador como no denominador, entretanto, quando esse não é macromedido, resulta em indicador superior a 100%, motivo pelo qual a fórmula foi alterada.
3. SNIS - Parte 2: (i) o indicador I10 não apura efetivamente a eficiência da micromedição, pois entre os volumes disponibilizados incluem-se aqueles que são perdidos; (ii) de outro lado, o indicador I44 serve bem à função de aferir a eficiência da micromedição, desde que os volumes consumidos não medidos sejam estimados com uma boa precisão e se baseiem em consumos medidos por categoria de consumidores (residenciais, comerciais, industriais, etc.); (iii) nos indicadores mostrados no quadro verificam-se duas situações: uma em que a eficiência da micromedição aferida em termos de quantidade de hidrômetros (I09 ou EHI) e em termos de volumes envolvidos (I44) se confirmam, como nos casos dos Sistemas B, D, E e G; e outra em que estas duas avaliações não se confirmam, como nos casos dos Sistemas A e C. Estes dois últimos demonstram uma boa alocação de hidrômetros, que priorizou a medição em usuários com maior consumo.
4. AESBE/ASSEMAE - Parte 1: (i) não considera os volumes importados.
5. PNCDA e AESBE/ASSEMAE - Parte 2: (i) ao contrário do SNIS, inclui todas as ligações ativas micromedidas em QLAM, inclusive aquelas cujo hidrômetro não está funcionando, portanto não representa a hidrometração efetiva.

**Indicador padrão recomendado**

<b>Sigla:</b> IMAC	<b>Nome:</b> Indicador da eficiência da macromedição	<b>Fórmula:</b> $(VPROm + VTIMm) * 100 / VDIS$	<b>Unidade:</b> %
<b>Sigla:</b> IHID	<b>Nome:</b> Indicador do nível de hidrometração	<b>Fórmula:</b> $QLAM * 100 / QLAT$	<b>Unidade:</b> %
<b>Sigla:</b> IMIC	<b>Nome:</b> Indicador da eficiência da micromedição	<b>Fórmula:</b> $VCONm * 100 / VCON$	<b>Unidade:</b> %

Tabela C.4b. Indicadores Complementares - Nível Básico (continuação)

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
<b>Parte 3 - Indicadores complementares diversos</b>											
ILI	Índice de ligação inativa	AESBE / ASSEMAE	%	$QLIN * 100 / (QLAT + QLIN)$	12,3	4,8	0,3	0,1	0,0	19,2	0,3
OER	Oferta bruta por economia residencial	AESBE / ASSEMAE	l/econ.dia	$VPRO / (QERE * QDIA)$	1304,3	969,8	868,2	949,7	501,5	988,8	650,3
R2	Rendimento de volumes consumidos	AGHTM	%	$(VCONm + VCONnm) * 100 / VDIS$ <i>O vol. consumido inclui os usos especiais (VESP)</i>	52,8	76,0	70,7	71,3	44,6	-	67,4
R3	Rendimento líquido	AGHTM	%	$(VCONm + VCONnm + VOPE) * 100 / VDIS$	52,9	76,1	70,7	71,3	44,6	-	67,4
R4	Rendimento hidráulico do sistema	AGHTM	%	$(VBEX + VTEX + VETA + VCAU + VCNA + VCMC) * 100 / (VCAP + VBIM + VTIM)$	<i>Não calculado por envolver volumes anteriores ao tratamento, que não são objeto da presente dissertação.</i>						
ILCL	Índice linear de consumo líquido	AGHTM	m3/km.dia	$(VCONm + VCONnm + VOPE) / (QETR * QDIA)$	-	-	29,4	48,5	-	-	17,0
IDCL	Índice demográfico de consumo líquido	AGHTM	l/hab.dia	$(VCONm + VCONnm + VOPE) / (QPAT * QDIA)$	158,6	210,6	154,0	228,1	124,7	-	121,9
ILR	Índice linear de reparos	AGHTM	reparos / km.ano	$QREP / (QETR)$	-	-	8,0	2,4	-	16,4	8,6

**Comentários**

1. Gerais: (i) estes indicadores complementam a análise e oferecem uma boa contribuição ao gerenciamento das perdas; (ii) indicadores não calculados nos casos em que a extensão de ramal é um dado não disponível. Para o Sistema F é também indisponível o volume VOPE.
2. AESBE/ASSEMAE: (i) o ILI contribui para a análise do comportamento dos consumos de uso não autorizado; (ii) o OER e o IDCL da AGHTM são bons indicadores para análise do uso dos recursos hídricos; (iii) como nos demais indicadores da AESBE/ASSEMAE, também este não considera os volumes de água importados.
3. AGHTM: (i) o indicador ILCL oferece pouca contribuição para a análise das perdas; (ii) o IDCL contribui para a análise do índice de perdas de água em percentual, já que estes são fortemente influenciados pelo consumo e uma boa alternativa para a continuidade do uso dos indicadores em percentual seria a sua divulgação vir acompanhada do consumo *per capita* de água; (iii) o ideal é compatibilizar as unidades dos dois indicadores, e neste sentido o mais recomendável é a utilização da economia como referência, já que esta é uma unidade de cadastro do operador, enquanto que a quantidade de habitantes não o é; (iv) o nome do indicador IDCL não é muito próprio para os termos utilizados no Brasil, onde o mais aplicável seria consumo médio de água *per capita*; (v) diferentemente dos autores nacionais, não adota os volumes recuperados e de uso especial como parte do VCNF (ressalte-se, no entanto, que inclui os volumes de usos especiais como parte dos volumes de consumo não medidos: VCONnm); (vi) dados operacionais adotados em R4: VBEX = volume de água bruta destinado a outro serviço e VETA = volume de operação da(s) ETA(s).

**Indicador padrão recomendado**

<b>Sigla:</b> ILIN	<b>Nome:</b> Indicador do nível de ligação inativa	<b>Fórmula:</b> $QLIN * 100 / (QLAT + QLIN)$	<b>Unidade:</b> %
<b>Sigla:</b> IOER	<b>Nome:</b> Indicador da oferta bruta de água por economia residencial	<b>Fórmula:</b> $VDIS / (QERE * QDIA)$	<b>Unidade:</b> l/eco.dia
<b>Sigla:</b> ICER	<b>Nome:</b> Indicador do consumo de água por economia residencial	<b>Fórmula:</b> $VCON / (QERE * QDIA)$	<b>Unidade:</b> l/eco.dia
<b>Sigla:</b> IREP	<b>Nome:</b> Indicador da quantidade de reparos por extensão de rede total	<b>Fórmula:</b> $QREP / (QETR * QDIA)$	<b>Unidade:</b> reparos/km.dia

Tabela C.5. Indicadores Complementares - Nível Intermediário

Respeitado o conteúdo das fórmulas originais, porém as siglas dos dados empregados foram padronizadas para permitir a comparação (ver significado das siglas no Apêndice D)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	UNIDADE	FÓRMULA	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E	SISTEMA F	SISTEMA G
TPF	Índice total de perda física	PNCDA	%	$\frac{[(VCAP + VTIM - VTEX) - VFUT] * 100}{VCAP + VTIM - VTEX}$ <i>VFUT = VER INDICADOR DE PERDAS PFD</i>	<i>Não calculado por envolver volumes anteriores ao tratamento, que não são objeto da presente dissertação, além de não se dispor do VFUT.</i>						
PFP	Índice de perda física na produção	PNCDA	%	$(VCAP - VPRO) * 100 / VCAP$	<i>Não calculado por envolver volumes anteriores ao tratamento, que não são objeto da presente dissertação.</i>						
IPP	Índice de perda na produção	AESBE / ASSEMAE	%	$(VCAP - VPRO) * 100 / VCAP$	<i>Vale o mesmo comentário acima.</i>						
PFA	Índice de perda física na adução	PNCDA	%	$(VCAP - VADZ) * 100 / VCAP$	<i>Vale o mesmo comentário acima.</i>						
PTR	Índice de perda física no tratamento	PNCDA	%	$(VADZ - VPRO) * 100 / VADZ$	<i>Vale o mesmo comentário acima.</i>						
PV	Porcentagem de vazamentos	AGHTM	%	$VVAZ * 100 / VDIS$ <i>VDIS = VPRO + VTIM - VTEX</i>	-	-	-	10,0	-	-	-
ILV	Índice linear de vazamentos	AGHTM	m3/km.dia	$VVAZ / (QETR * QDIA)$	-	-	-	6,8	-	-	-
WR1	Ineficiência na utilização dos recursos hídricos	IWA	%	$VPRE * 100 / (VCAP + VBIM + VTIM)$ <i>VER DADOS COMPOSTOS EM Op24</i>	<i>Não calculado por envolver volumes anteriores ao tratamento, que não são objeto da presente dissertação.</i>						

### Comentários

1. Gerais: (i) estes indicadores complementares retratam perdas reais nas unidades do sistema, desde a captação, e não substituem os indicadores de perdas anteriores, mas sim os complementam. Por serem de uso gerencial, devem ser aplicados de acordo com as condições de cada sistema em análise.
2. PNCDA: (i) o TPF corresponde às perdas reais totais de um sistema de abastecimento de água, incluindo os usos operacionais anteriores à saída do tratamento; (ii) o PFP corresponde às perdas reais e usos operacionais anteriores à saída do tratamento; (iii) o PFA é um subconjunto do PFP. A diferença PFP - PFA corresponde aos usos operacionais na(s) ETA(s); (iv) o PTR corresponde aos usos operacionais na(s) ETA(s) comparados aos volumes aduzidos.
3. AGHTM: os vazamentos no sistema de distribuição representam a quase totalidade das perdas reais (pelo conceito da AGHTM faltam apenas os volumes de uso operacional extraordinário). Assim, os indicadores propostos acrescentam pouco à análise das perdas, pois já existem outros, para as perdas reais, com as mesmas características.

### Indicador padrão recomendado

<b>Sigla:</b> IRHI	<b>Nome:</b> Indicador da ineficiência no uso dos recursos hídricos	<b>Fórmula:</b> $VPRE * 100 / (VCAP + VTIM)$	<b>Unidade:</b> %
<b>Sigla:</b> IPRP	<b>Nome:</b> Indicador de perdas reais na produção	<b>Fórmula:</b> $(VCAP - VPRO) * 100 / VCAP$	<b>Unidade:</b> %
<b>Sigla:</b> IPRA	<b>Nome:</b> Indicador de perdas reais na adução	<b>Fórmula:</b> $(VCAP - VADZ) * 100 / VCAP$	<b>Unidade:</b> %
<b>Sigla:</b> IPRT	<b>Nome:</b> Indicador de perdas reais no tratamento	<b>Fórmula:</b> $(VADZ - VPRO) * 100 / VADZ$	<b>Unidade:</b> %

*Nota: os indicadores propostos referem-se ao desempenho hídrico, importantes sob o aspecto ambiental e essenciais ao controle do uso dos recursos hídricos. Com o instrumento de cobrança pelo uso da água, em implementação no Brasil, tais indicadores ganham importância significativa.*

## **APÊNDICE D**

### **GLOSSÁRIO ORIGINAL DOS DADOS QUE COMPÕEM OS INDICADORES ANALISADOS**

Tabela D.1. Volumes captados (anteriores ao tratamento)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VCAP - Nome: Volume de água captado - Unidade de medida: m3</b>			
Vcap	Volume captado	PNCDA	Corresponde ao volume efluente da captação
	Volume captado	AESBE/ASSEMAE	Volume de água bruta retirado dos mananciais, utilizado no sistema de abastecimento. <u>Comentário:</u> não esclarece onde é medido ou estimado, mas sugere, pelo termo "retirado dos mananciais", que é na saída da captação.
A4	Água captada	IWA	Volume de água de entrada nas estações de tratamento (ou diretamente nos sistemas de adução e distribuição), proveniente da captação de origens de água bruta.
2	Volume captado	AGHTM	Volume subtraído do meio natural pelas obras relativas aos serviços previstos para esse fim. <u>Comentário:</u> não esclarece onde é medido ou estimado, mas sugere, pelos termos adotados, que é na saída da captação.
<b>Sigla: VADZ - Nome: Volume de água aduzido - Unidade de medida: m3</b>			
VA	Volume aduzido	PNCDA	Corresponde ao volume afluente à(s) ETA(s) ou à(s) Unidade(s) de Tratamento Simplificado.
<b>Sigla: VBIM - Nome: Volume de água bruta exportado - Unidade de medida: m3</b>			
A5	Água bruta importada	IWA	Volume total de água bruta transferida a partir de outros sistemas de abastecimento de água.
	Volume importado bruto	AGHTM	Volume de água bruta desviada de outros serviços.
<b>Sigla: VPAB - Nome: Volume de água bruta importado - Unidade de medida: m3</b>			
3	Volume de perda em adução	AGHTM	Volume trocado com o meio externo nas obras de adução.

Tabela D.2. Volumes produzidos (após tratamento)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VPRO - Nome: Volume de água produzido - Unidade: m3 (divide-se em macromedido - VPROm - e não macromedido - VPROnm)</b>			
VP	Volume produzido	PNCDA	Volumes efluentes da(s) ETA(s) ou da(s) Unidade(s) de Tratamento Simplificado no sistema de abastecimento considerado.
A06	Volume de água produzido	SNIS	Volume de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água importada bruta, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido e/ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou Unidade(s) de Tratamento Simplificado. Inclui também os volumes de água captados pelo prestador de serviços que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos nas entradas do sistema de distribuição. <i>Comentário:</i> inclui água bruta distribuída sem tratamento.
	Volume produzido total	AESBE/ASSEMAE	Soma do volume de água tratada disponibilizado para consumo, medido na saída das ETAs ou das Unidades de Tratamento Simplificado, por meio de macromedidores permanentes, acrescido do volume produzido sem mensuração, avaliado por meio de equipamentos tecnicamente confiáveis. <i>Comentário:</i> não inclui os volumes de água tratada importado e nem os volumes entrantes no sistema de distribuição sem tratamento.
A7	Água Produzida	IWA	Volume total de água tratada para entrar nas adutoras ou diretamente no sistema de distribuição. <i>Comentário:</i> não distingue volume medido e estimado.
6	Volume produzido	AGHTM	Volume de saída da(s) ETA(s), para entrada na rede de distribuição.
MWP	Água produzida medida	U.K. Water Industry	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde ao volume de água produzido, medido na(s) saída(s) da(s) ETA(s). <i>Comentário:</i> considera que o volume é sempre medido.

Tabela D.3. Volumes importados, exportados e disponibilizados

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VTIM - Nome: Volume de água tratada importado - Unidade: m3 (divide-se em macromedido - VTIMm - e não macromedido - VTIMnm)</b>			
VIm	Volume importado	PNCDA	Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores.
A18	Volume de água tratada importado	SNIS	Volume de água potável, previamente tratada (em ETA ou por simples desinfecção), recebido de outros agentes fornecedores.
A8	Água tratada importada	IWA	Volume total de água tratada importada de outra entidade gestora ou de outro sistema, que pode entrar em qualquer ponto a jusante das estações de tratamento.
7	Volume importado	AGHTM	Volume de água tratada proveniente de um serviço externo ao considerado. Não se confundem com aportes externos de água bruta a montante do tratamento.
WI	Água importada	U.K. Water Industry	Volume de água tratada importado.
<b>Sigla: VTEX - Nome: Volume de água tratada exportado - Unidade: m3 (divide-se em macromedido - VTEXm - e não macromedido - VTEXnm)</b>			
VEx	Volume exportado	PNCDA	Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, fornecidos para outras áreas de serviço e/ou para outros agentes distribuidores.
A19	Volume de água tratada exportado	SNIS	Volume de água potável, previamente tratada (em ETA ou por simples desinfecção), transferido para outros agentes distribuidores. <u>Comentário:</u> está incluído nos volumes consumido e faturado do SNIS.
8	Volume exportado	AGHTM	Volume de água tratada fornecido a um serviço externo considerado.
WE	Água exportada	U.K. Water Industry	Volume de água tratada exportado.
<b>Sigla: VDIS - Nome: Volume de água disponibilizado para distribuição - Unidade: m3</b>			
VD	Volume disponibilizado	SNIS	Volumes de água produzido mais tratada importado menos tratada exportado. <u>Comentário:</u> informação composta: A06 + A18 - A19
VD	Volume disponibilizado	PNCDA	Soma algébrica dos volumes produzido, importado e exportado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado. <u>Comentário:</u> informação composta: VP + VIm - VEx
A10	Água fornecida à adução	IWA	Volume total de água tratada que é introduzido no sistema de adução. <u>Comentário:</u> Quando a entrada se dá diretamente na distribuição, adota o nome: água fornecida à distribuição.
9	Volume disponibilizado para distribuição	AGHTM	Soma algébrica dos volumes produzido, importado e exportado. <u>Comentário:</u> informação composta: 6 + 7 - 8
DI	Volume de entrada na distribuição	U.K. Water Industry	Corresponde ao volume de água produzido, ajustado pelos volumes importado (+) e exportado (-) em um sistema de distribuição específico. <u>Comentário:</u> informação composta: MWP + WI - WE

Tabela D.4. Volumes de consumos autorizados

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VCON - Nome: Volume de água consumido - Unidade: m3</b>			
A10	Volume de água consumido	SNIS	Volume de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume estimado para as ligações desprovidas de aparelho de medição (hidrômetro) e o volume de água tratada exportado. <u>Comentário:</u> não inclui consumos autorizados não faturados.
A15	Consumo autorizado faturado	IWA	Quantidade total de água consumida faturada. Equivale ao volume de água faturada, incluindo água exportada. Compõe-se da soma do consumo faturado medido e do não medido. <u>Comentário:</u> Não considera diferença entre volumes consumido e faturado.
<b>Sigla: VCONm - Nome: Volume de água consumido medido - Unidade: m3</b>			
Vm	Volume micromedido	PNCDA	Volumes registrados nas ligações providas de medidores.
A08	Volume de água micromedido	SNIS	Volume de água apurado pelos aparelhos de medição (hidrômetros) instalados nos ramais prediais.
Vm	Volume micromedido	AESBE/ASSEMAE	Volume de água registrado nas ligações providas de medidores (informações obtidas através de histogramas de consumo do sistema comercial).
A13	Consumo faturado medido	IWA	Quantidade total de consumo autorizado que é medido e faturado (incluindo a água exportada). <u>Comentário:</u> Não considera diferença entre volumes consumido e faturado.
10	Volume contabilizado	AGHTM	Soma das leituras de hidrômetros em ligações medidas.
WDSM	Água entregue faturada medida	U.K. Water Industry	Água fornecida aos consumidores no ponto de entrega, medida. <u>Comentário:</u> (i) Não considera entre volumes consumido e faturado; (ii) ponto de entrega corresponde ao ponto em que a água potável é transferida dos tubos de distribuição de responsabilidade do prestador de serviços às canalizações de responsabilidade do consumidor.
<b>Sigla: VCONnm - Nome: Volume de água consumido não medido - Unidade: m3</b>			
VE	Volume estimado	PNCDA	Corresponde à projeção de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários.
VE	Volume estimado	AESBE/ASSEMAE	Volume de água estimado para as ligações não medidas. Para as ligações da categoria residencial, o volume estimado deverá ser obtido através da projeção de consumo de áreas compatíveis com a estudada, onde existem medições com confiabilidade; também, este volume estimado poderá ser obtido utilizando-se o consumo <i>per capita</i> (valores padrões médios de projeto) e o índice de ocupação residencial da região estudada. Para as ligações das categorias comerciais, industriais e públicas, a projeção do volume estimado deverá considerar os consumos da mesma natureza, de modo a se evitar valores superestimados.
A14	Consumo faturado não medido.	IWA	Quantidade total de consumo autorizado que não é medido e é faturado (incluindo a água exportada). <u>Comentário:</u> Não há diferença entre volume consumido e faturado.
11	Volume de consumidores não medidos	AGHTM	Volume fornecido sem medição a usuários conhecidos e autorizados. Inclui volumes de usos especiais para incêndio e uso nas instalações do operador. Não inclui os volumes de serviço na rede [12].
WDSU	Água entregue faturada não medida	U.K. Water Industry	Água fornecida aos consumidores no ponto de entrega, não medida. <u>Comentário:</u> Não considera diferença entre volumes consumido e faturado.

Tabela D.5. Volumes de consumos autorizados não faturados

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VOPE - Nome: Volume de água para usos operacionais - Unidade: m3</b>			
VO	Volume operacional	PNCDA	Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutoras, subadutoras e distribuição). <u>Comentário:</u> não cita volumes utilizados para limpeza de reservatórios e descarga de rede, com vistas ao controle da qualidade da água.
VO	Volume operacional	AESBE/ASSEMAE	Volume de água utilizado como insumo operacional para desinfecção de adutoras e redes de distribuição, bem como para testes hidráulicos de estanqueidade (informação estimada em função da natureza do evento e das características da parte do sistema envolvido). <u>Comentário:</u> não cita volumes utilizados para limpeza de reservatórios e descarga de rede, com vistas ao controle da qualidade da água.
12	Volume de serviço da rede	AGHTM	Volumes utilizados para operar a rede de distribuição. São volumes plenamente conhecidos pelo operador e destinam-se a manutenção de reservatórios, a sangrias na rede e outros usos intrínsecos à operação do sistema.
DOU	Volume usado na operação do sistema de distribuição	U.K. Water Industry	Volume conhecido, utilizado pelo prestador de serviços na operação do sistema de distribuição, para assegurar o cumprimento de suas obrigações estatutárias (particularmente aquelas relativas à qualidade da água).
<b>Sigla: VREC - Nome: Volume de água recuperado - Unidade: m3</b>			
VR	Volume recuperado	PNCDA	Corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes.
VR	Volume recuperado	AESBE/ASSEMAE	Volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes (informação estimada em função das características das ligações eliminadas, baseada nos dados de controle comercial - ganho recuperado e resgistrado com a aplicação de multas).
<b>Sigla: VESP - Nome: Volume de água para usos especiais - Unidade: m3</b>			
VEs	Volume especial	PNCDA	Volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços.
VEs	Volume especial	AESBE/ASSEMAE	Volume de água utilizado para usos especiais, enquadrando-se nesta categoria, os consumos dos prédios próprios do prestador de serviços, os volumes transportados por caminhões-pipa, os consumidos pelo corpo de bombeiros e os abastecimentos realizados a título de suprimentos sociais, como para favelas e chafarizes, por exemplo (de preferência os usos considerados neste item, deverão ser macromedidos e controlados).
WDH	Água entregue via hidrante	U.K. Water Industry	Volume de água entregue a consumidores temporários, ligados a hidrantes, ou a conexões de água para construção.
<b>Sigla: VCNF - Nome: Volume de consumo de água autorizado não faturado - Unidade: m3</b>			
A24	Volume de água de serviço	SNIS	Valor da soma dos volumes de água para atividades operacionais e especiais, com o volume de água <u>Comentário:</u> o SNIS contém definições complementares para esses volumes, iguais às definições do PNCDA.
A18	Consumo autorizado não faturado	IWA	Quantidade total de água não faturada e consumida. Estes consumos são autorizados e podem ser medidos ou não, de acordo com a prática local.

Tabela D.6. Volumes de consumos autorizados totais e volumes faturados

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VCAU - Nome: Volume de água de consumo autorizado total - Unidade: m3</b>			
VU	Volume utilizado	PNCDA	Soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial. <u>Comentário:</u> informação composta = Vm + VE + VO + VR + VEs
VU	Volume utilizado	AESBE/ASSEMAE	Soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial. <u>Comentário:</u> informação composta = Vm + VE + VO + VR + VEs
A19	Consumo autorizado	IWA	Volume total de água medida e/ou não medida, fornecido a clientes registrados, à própria entidade gestora e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo pelo fornecedor de água, para usos domésticos, comerciais e industriais. Inclui a água exportada.
18	Volume utilizado	AGHTM	Soma algébrica dos volumes contabilizados (micromedidos), dos consumidos não medidos (estimados), dos de serviço da rede (operacionais), dos desviados (fraudados) e dos mal contabilizados. <u>Comentário:</u> inclui as perdas aparentes; inclui volumes de usos especiais como parte dos volumes estimados; informação composta = 10 + 11 + 12 + 14 + 16.
WT	Água utilizada	U.K. Water Industry	Corresponde aos volumes entregues, mais os usos na operação do sistema de distribuição. <u>Comentário:</u> informação composta = WDB + WTU + DOU
<b>Sigla: VFUT - Nome: Volume de água fisicamente utilizado - Unidade: m3</b>			
	Volume fisicamente utilizado	PNCDA	Corresponde aos volumes utilizados, ajustados pelas correções devidas aos erros sistemáticos da micro e macromedição, mais erros dos consumos estimados. <u>Comentário:</u> informação composta = VU + $\delta m$ + $\delta M$ +/- $\delta E$ .
<b>Sigla: VFAT - Nome: Volume de água faturado - Unidade: m3 (divide-se em micromedido - VFTAm - e não micromedido - VFATnm)</b>			
VF	Volume faturado	PNCDA	Todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturados pelo sistema comercial do prestador de serviços. <u>Comentário:</u> deixa a entender que estão incluídos os volumes exportados, apesar desses não estarem incluídos nos volumes utilizados.
A11	Volume de água faturado	SNIS	Volume de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado.
VF	Volume faturado	AESBE/ASSEMAE	Corresponde ao volume de água (medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada) faturado pelo sistema comercial do prestador de serviços. <u>Comentário:</u> deixa a entender, pelo termo "contratada", que estão incluídos os volumes exportados, apesar desses não estarem incluídos nos volumes utilizados.
20	Volume faturado	AGHTM	Volume faturado total, incluindo consumos mínimos cobrados mediante tarifa fixa, volumes exportados faturados (venda no atacado) e quaisquer outras vazões vendidas.
WDB	Água entregue faturada	U.K. Water Industry	Água fornecida aos consumidores no ponto de entrega, medida e não medida, mais entregues via hidrantes. <u>Comentário:</u> informação composta: WDSM + WDSU + WDH.

Tabela D.7. Volumes de perdas de água

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: VOEX - Nome: Volume de água de usos operacionais extraordinários - Unidade: m3</b>			
13	Volume operacional extraordinário	AGHTM	Volume destinado à operação da rede, que tem caráter incidental. Corresponde a extravasões ocasionais em reservatórios, a comportas mal fechadas, etc. Por ser de caráter incidental, não é plenamente conhecido, mas é contabilizável. <u>Comentário:</u> pela lógica do documento inclui também volumes utilizados em excesso para serviço na rede de distribuição.
<b>Sigla: VVAZ - Nome: Volume de água de vazamentos nas redes - Unidade: m3</b>			
15	Volume de vazamento	AGHTM	Volume perdido resultante de falhas na estanqueidade da rede. <u>Comentário:</u> inclui também extravazamentos em reservatórios.
<b>Sigla: VPRE - Nome: Volume de perdas reais de água - Unidade: m3</b>			
A24	Perdas reais	IWA	Quantidade total de perdas físicas de água do sistema em pressão, até o medidor do cliente. <u>Comentário:</u> Corresponde aos vazamentos nas canalizações de adução, distribuição e ramais prediais até o ponto de medição do cliente, mais os extravazamentos e vazamentos em reservatórios.
DL	Perdas na distribuição	U.K. Water Industry	Corresponde às perdas físicas ocorridas no sistema de distribuição, incluindo adutoras, redes, ramais prediais e reservatórios. <u>Comentário:</u> corresponde à soma das diversas parcelas de perdas físicas.
<b>Sigla: VCNA - Nome: Volume de água de consumo não autorizado - Unidade: m3</b>			
A21	Consumo não autorizado	IWA	Quantidade total de água consumida sem autorização, incluindo furto. O volume deve corresponder à melhor estimativa possível.
14	Volume desviado	AGHTM	Volume utilizado de forma fraudulenta.
WTU	Água utilizada não faturada	U.K. Water Industry	Corresponde volumes utilizados, que não são faturados, incorporando tanto os usos legais quanto os ilegais.
<b>Sigla: VCMC - Nome: Volume de água de consumo mal contabilizado - Unidade: m3</b>			
A22	Perdas de água por erro de medição	IWA	Quantidade total de água consumida mas não contabilizada devido a erros de medição. O volume deve corresponder à melhor estimativa possível.
16	Volume mal contabilizado	AGHTM	Volume resultante da imprecisão ou do mau funcionamento dos medidores, das omissões e dos erros de avaliação de leitura.
<b>Sigla: VPAP - Nome: Volume de perdas aparentes de água - Unidade: m3</b>			
A23	Perdas aparentes	IWA	Quantidade total de água não contabilizada devido a erros de medição e ao consumo não autorizado.
<b>Sigla: VPAG - Nome: Volume de perdas totais de água - Unidade: m3</b>			
17	Volume de perdas na distribuição	AGHTM	Soma algébrica dos volumes de vazamento, operacional extraordinário, desviados e mal contabilizados. <u>Comentário:</u> corresponde às perdas totais: reais e aparentes.
A20	Perdas de água	IWA	Diferença entre a água de entrada no sistema e o consumo autorizado. Consiste das perdas reais e perdas aparentes. Difere de "água não faturada" por não incluir consumo autorizado não faturado.
<b>Sigla: VANF - Nome: Volume de águas não faturadas - Unidade: m3</b>			
A26	Água não faturada	IWA	Diferença entre os volumes de água de entrada no sistema e do consumo autorizado faturado (incluindo água tratada exportada). Inclui não só as perdas reais e aparentes, mas também o consumo autorizado não faturado.

Tabela D.8a. Ligações e economias de água e extensões de rede

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: QLAT - Nome: Quantidade de ligações ativas de água - Unidade: lig</b>			
LA	Número de ligações ativas	PNCDA	Providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento.
A02	Quantidade de ligações ativas de água	SNIS	Quantidade de ligações ativas de água à rede pública, providas ou não de aparelhos de medição (hidrômetro), que contribuíram para o faturamento.
LA	Ligações ativas	AESBE/ASSEMAE	Corresponde ao número total de ligações de água, cadastradas e contabilizadas para fins de faturamento.
C32	Número de ramais	IWA	Número total de ramais. <i>Comentário:</i> não distingue ligações ativas e inativas.
<b>Sigla: QLAM - Nome: Quantidade de ligações ativas de água micromedidas - Unidade: lig</b>			
Lm	Número de ligações ativas micromedidas	PNCDA	Ligações ativas providas de medidores.
A04	Número de ligações ativas de água micromedidas	SNIS	Quantidade de ligações ativas de água, providas de aparelho de medição (hidrômetro) em funcionamento regular, que contribuíram para o faturamento.
	Ligações ativas medidas	AESBE/ASSEMAE	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à quantidade de ligações ativas micromedidas.
<b>Sigla: QLIN - Nome: Quantidade de ligações inativas de água - Unidade: lig</b>			
LI	Ligações inativas de água	AESBE/ASSEMAE	Corresponde ao número de ligações de água, cadastradas e que não foram contabilizadas para fins de faturamento.
<b>Sigla: QERE - Nome: Quantidade de economias ativas residenciais de água - Unidade: econ</b>			
A13	Quantidade de economias residenciais ativas de água	SNIS	Quantidade de economias residenciais ativas de água que contribuíram para o faturamento.
	Economias residenciais	AESBE/ASSEMAE	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à quantidade de domicílios conectados à rede de distribuição. <i>Comentários:</i> não distingue economias ativas e totais.
	Número de domicílios	U.K. Water Industry	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à quantidade de domicílios conectados à rede de distribuição. <i>Comentários:</i> não distingue economias ativas e totais.
<b>Sigla: QEPR - Nome: Extensão da rede de água - Unidade: km</b>			
EP	Extensão parcial da rede	PNCDA	Extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizados os ramais prediais.
A05	Extensão da rede de água.	SNIS	Comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, subadutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais.
EP	Extensão de rede	AESBE/ASSEMAE	Comprimento total da rede de distribuição de água existente. <i>Comentário:</i> não cita explicitamente os ramais prediais, no entanto, pela tradição dos serviços no Brasil, termo rede de distribuição não inclui ramais.
C6	Extensão da rede de água.	IWA	Comprimento total das canalizações de adução e de distribuição (ramais não incluídos).

Tabela D.8b. Ligações e economias de água e extensões de rede (continuação)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: QETR - Nome: Extensão total da rede de água (inclui ramais prediais) - Unidade: km</b>			
ET	Extensão total da rede	PNCDA	Extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais.
2; 3; 4	Extensão total da rede	AGHTM	Extensão de toda a malha distribuidora, incluindo adutoras, redes de distribuição e ramais prediais. <u>Comentário:</u> difere dos demais por incluir os ramais.
	Extensão total da rede	U.K. Water Industry	Extensão de toda a malha distribuidora, incluindo adutoras, redes de distribuição e ramais prediais.

Tabela D.9a. Diversos

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: QDIA - Nome: Quantidade de dias - Unidade: dias</b>			
ND	Número de dias	PNCDA	Quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.
<b>Sigla: QREP - Nome: Quantidade de reparos realizados - Unidade: reparos</b>			
	Número anual de reparos (ocorrências)	AGHTM	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à quantidade de reparos efetuada nas canalizações de adução, distribuição e de ramais prediais.
<b>Sigla: QPAT - Nome: População atendida com água - Unidade: hab</b>			
A01	População atendida com abastecimento de água	SNIS	Valor do produto da quantidade de economias residenciais ativas de água pela taxa média de habitantes por domicílio.
	População recenseada	AGHTM	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à população atendida pelo sistema.
<b>Sigla: QPME - Nome: Pressão média de operação da rede - Unidade: hab</b>			
PN	Pressão de serviço	PNCDA	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à pressão de serviço de cada setor de abastecimento. <i>Comentário:</i> para aplicação no sistema com vários setores, o PNCDA propõe fatores de ponderação para cada setor de pressão. A ponderação leva em conta o volume disponibilizado em cada setor.
D31	Pressão média de operação	IWA	Pressão média de operação nos pontos de entrega quando o sistema está em pressão.
	Pressão noturna	U.K. Water Industry	Pressão média noturna de operação do sistema de distribuição.
<b>Sigla: QSIR - Nome: Superfície interna da rede - Unidade: m2</b>			
	Superfície interna da rede (m2)	AGHTM	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à superfície interna das canalizações de adução, distribuição e de ramais prediais.
<b>Sigla: QERA - Nome: Extensão do ramal predial - Unidade: m</b>			
Lp	Extensão do ramal predial (m)	IWA	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à extensão média dos ramais prediais, entre a divisa frontal do lote e o ponto de medição do cliente.
<b>Sigla: QHIF - Nome: Quantidade de hidrômetros funcionando - Unidade: hidro</b>			
	Hidrômetros funcionando nos ramais prediais	AESBE/ASSEMAE	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde à quantidade de ramais prediais com hidrômetros instalados e que se encontram em perfeito funcionamento. <i>Comentário:</i> equivale ao A04 do SNIS.
<b>Sigla: QHTO - Nome: Quantidade total de hidrômetros instalados - Unidade: hidro</b>			
	Hidrômetros instalados nos ramais prediais	AESBE/ASSEMAE	Não consta definição no documento pesquisado. Corresponde ao total de ramais prediais com hidrômetros instalados. <i>Comentário:</i> equivale às ligações ativas medidas da própria AESBE/ASSEMAE.

Tabela D.9b. Diversos (continuação)

SIGLA/CÓDIGO ORIGINAL	NOME ORIGINAL	ENTIDADE / PROGRAMA	CONCEITO / COMENTÁRIO
<b>Sigla: QTPR - Nome: Tempo de pressurização do sistema - Unidade: horas</b>			
D29	Tempo de pressurização do sistema	IWA	Número de horas em que o sistema está em pressão. 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 há subsistemas abastecidos em períodos diferentes, a informação tem de ser calculada individualmente para cada um, sendo o resultado a média ponderada com base no número de ramais de cada subsistema.
<b>Sigla: QDEX - Nome: Despesa de exploração - Unidade: R\$</b>			
G2	Custos correntes anuais	IWA	Custos totais de operação e manutenção, incluindo custos de pessoal, serviços de terceiros, energia elétrica, produtos químicos, taxas e impostos, custos da água importada, e outras despesas. <i>Comentário:</i> Corresponde às Despesas de Exploração (DEX), no conceito adotada no Brasil.
<b>Sigla: QTMA - Nome: Tarifa média de água - Unidade: R\$/m3</b>			
G49	Tarifa média para consumidores diretos	IWA	Tarifa média de água para consumidores diretos (residenciais, comerciais, industriais e públicos), excluídas receitas de venda de água no atacado.
<b>Sigla: QCMP - Nome: Custo médio das perdas reais - Unidade: R\$/m3</b>			
G49	Custo unitário assumido das perdas reais	IWA	Corresponde ao mais elevado dos seguintes valores: (i) componente variável do custo de água importada; (ii) custo marginal de longo prazo relativo às origens próprias de água.

## **APÊNDICE E**

### **GLOSSÁRIO FINAL DOS DADOS QUE COMPÕEM OS INDICADORES RECOMENDADOS**

Tabela E.1. Volumes de produção

SIGLA	NOME	UNIDADE	DEFINIÇÃO	COMPOSIÇÃO / COMENTÁRIOS
<b>PRODUÇÃO</b>				
VPRO	Volume de água produzido	m3	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.	Divide-se em macromedido - VPROm - e não macromedido - VPROnm
VTIM	Volume de água tratada importado	m3	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(es).	Divide-se em macromedido - VTIMm - e não macromedido - VTIMnm
VDIS	Volume disponibilizado para distribuição	m3	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

Tabela E.2. Volumes de distribuição

SIGLA	NOME	UNIDADE	DEFINIÇÃO	COMPOSIÇÃO / COMENTÁRIOS
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>				
VTEX	Volume de água tratada exportado	m3	Volume de água potável, com qualidade para pronta distribuição, fornecido para outra(s) área(s) de serviço e/ou para outro(s) agente(s) distribuidor(es).	Divide-se em macromedido - VTEXm - e não macromedido - VTEXnm
VCONm	Volume de água consumido medido	m3	Volume de água registrado nas ligações providas de medidores. Não inclui os consumos autorizados não faturados.	
VCONnm	Volume de água consumido não medido	m3	Volume de água que corresponde à 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	m3	Volume de água consumido por todos os usuários autorizados, compreendendo os consumos medido e não medido. Não inclui os consumos autorizados não	VCONm + VCONnm
VOPE	Volume de água para usos operacionais	m3	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 à 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 - VPRE).
VREC	Volume de água recuperado	m3	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	m3	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 neste item, mas sim nos volumes consumidos (VCON) e faturados (VFAT).
VCNF	Consumo autorizado não faturado	m3	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	m3	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

Tabela E.3. Volumes de faturamento e de perdas

SIGLA	NOME	UNIDADE	DEFINIÇÃO	COMPOSIÇÃO / COMENTÁRIOS
<b>FATURAMENTO</b>				
VFAT	Volume água faturado	m3	Volume de água 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.	Divide-se em medido - VFATm - e não medido - VFATnm. VFATm + VFATnm + VTEX
<b>PERDAS DE ÁGUA</b>				
VCNA	Volume de água de consumo não autorizado	m3	Volume de água consumido sem autorização, incluindo usos em ligações clandestinas, furto e usos ilícitos diversos. O volume deve corresponder à melhor estimativa possível.	
VCMC	Volume de água de consumo mal contabilizado	m3	Volume de água consumido mas não contabilizado devido a imprecisão ou mau funcionamento dos medidores, omissões e erros de leitura, regras comerciais de limitação do consumo e política de estornos. O volume deve corresponder à melhor estimativa possível.	Este volume contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às 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 perdas aparentes de água	m3	Volume de perdas aparentes de água referente aos consumos não autorizados e/ou mal contabilizados.	Não se confundem com os consumos autorizados não faturados. Também denominadas, no Brasil, de perdas não físicas. VCNA + VCMC; ou VDIS - VCAU - VPRE
VVAZ	Volume de água de vazamentos nas redes	m3	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	m3	Volume de água destinado à operação da rede e reservatórios, que tem caráter 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	m3	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	m3	Volume de perdas de água que corresponde ao 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	m3	Volume de água que corresponde à 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	VCNF + VPAP + VPRE; ou VDIS - VFAT

Tabela E.4. 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 ativas 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, não incluídos os ramais prediais.	
QETR	Extensão total 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 o ponto de medição do cliente, referentes	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 média noturna, quando o sistema está em pressão.	
<b>DADOS OPERACIONAIS</b>				
QTPR	Tempo de pressurização do sistema	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 há subsistemas abastecidos em períodos diferentes, a informação tem de ser calculada individualmente para	
QDEX	Despesa de exploração	R\$	Custos totais de operação e manutenção, incluindo custos de pessoal, serviços de terceiros, energia elétrica, produtos químicos, taxas e impostos, custos da água importada, e outras despesas.	
QTMA	Tarifa média de água	R\$/m3	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\$/m3	Corresponde ao custo marginal de longo prazo relativo às origens próprias de água.	
QDIA	Quantidade de dias	dia	Quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.	

## **APÊNDICE F**

### **PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS**

MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS  
 PLANILHA F.1: VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO

Sistema: D  
 Responsável: -

VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO MACROMEDIDO (VPRom)

Marcar os campos com x, exceto quando indicada alguma unidade.

Volume medido	Tecnologia do macromedidor	1. Erro típico na faixa de trabalho	
Produzido	<input checked="" type="checkbox"/> Ultrasônico integral (<= 0,5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<= 0,5%
Importado	<input type="checkbox"/> Eletromagnético (<= 0,5%)	<input type="checkbox"/>	<= 2%
Exportado	<input type="checkbox"/> Woltman (<= 2,0%)	<input type="checkbox"/>	<= 5%
	<input type="checkbox"/> Venturi (<= 2,0%)	<input type="checkbox"/>	<= 10%
	<input type="checkbox"/> Placa de orifício (<= 2,0%)	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/> Pitot (<= 5,0%)	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/> Turbina (<= 5,0%)	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/> Ultrasônico <i>clamp on</i> (<= 5,0%)	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/> Roda d'água (<= 10,0%)	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/> Outros (<= 10,0%)	<input type="checkbox"/>	

2. Instalação do macromedidor		3. Tempo de uso do macromedidor	
<b>Medidor (primário e secundário)</b>	<b>Nota</b>	<i>Ver observação abaixo, à direita</i>	
Protegido por caixa de proteção	<input checked="" type="checkbox"/> <b>10</b>	Funcionando a menos de 5 anos	<input checked="" type="checkbox"/> <b>10</b>
Ao ar livre, sem proteção	<input type="checkbox"/> <b>7,5</b>	Funcionando a mais de 5 e menos de 10 anos	<input type="checkbox"/> <b>8</b>
Montagens hidráulica, mecânica e elétrica adequadas, conforme especificações das normas técnicas e recomendações do fabricante	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Sim</b> <b>10</b>	Funcionando a mais de 10 anos	<input type="checkbox"/> <b>6</b>
	<input type="checkbox"/> <b>Não</b> <b>5</b>		

4. Calibração / manutenção do macromedidor			
<b>Preventiva:</b>	<b>Nota</b>	<b>Corretiva:</b>	<b>% Nota</b>
<= Anual	<input checked="" type="checkbox"/> <b>10</b>	Prazo <= 2 dias	37% <b>10</b>
> Anual	<input type="checkbox"/> <b>5</b>	Prazo > 2 dias e <= 5 dias	23% <b>7,5</b>
Não há	<input type="checkbox"/> <b>0</b>	Prazo > 5 dias	40% <b>5</b>
		<b>Mão-de-obra utilizada:</b>	<b>Nota</b>
		Bem qualificada	<input checked="" type="checkbox"/> <b>10</b>
		(treinamentos permanentes)	<input type="checkbox"/> <b>8</b>
		Parcialmente qualificada (treinamentos esporádicos)	<input type="checkbox"/> <b>6</b>
		Sem qualificação	<input type="checkbox"/> <b>6</b>

5. Leitura do macromedidor			
<b>Tipo:</b>	<b>Nota</b>	<b>Mão-de-obra utilizada:</b>	<b>Nota</b>
Remota	<input type="checkbox"/> <b>10</b>	Bem qualificada	<input checked="" type="checkbox"/> <b>10</b>
Coletor de dados	<input type="checkbox"/> <b>8</b>	(treinamentos permanentes)	<input type="checkbox"/> <b>8</b>
Manual / informatizada	<input checked="" type="checkbox"/> <b>6</b>	Parcialmente qualificada (treinamentos esporádicos)	<input type="checkbox"/> <b>6</b>
Manual	<input type="checkbox"/> <b>4</b>	Sem qualificação	<input type="checkbox"/> <b>6</b>

No.	Item Avaliado	Peso	Nota	
			Absol.	Pond.
1	Erro típico na faixa de trabalho	30%	9,9	3,0
2	Instalação	40%	10,0	4,0
2.1	Proteção	5%	10,0	0,5
2.2	Montagens	95%	10,0	9,5
3	Tempo de uso	10%	10,0	1,0
4	Calibração / manutenção	10%	9,2	0,9
4.1	Preventiva	30%	10,0	3,0
4.2	Corretiva	30%	7,4	2,2
4.3	Mão-de-obra utilizada	40%	10,0	4,0
5	Leitura	10%	8,0	0,8
5.1	Tipo	50%	6,0	3,0
5.2	Mão-de-obra utilizada	50%	10,0	5,0

**Totalização** **9,68**  
**Erro provável para limite de confiança de 95%** **3,2%**

Observação sobre o tempo de uso: este quesito não se aplica ao Venturi e à Placa de orifício, cuja nota será sempre máxima.

VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO NÃO MACROMEDIDO (VPROnm)

1. Volumes estimados com base na extrapolação de medições pontuais efetuadas com equipamentos de medição portáteis.
2. Volumes estimados com base em indicadores de níveis instalados em calhas, canais ou vertedores.
3. Volumes estimados com base em curvas de operação e horas de funcionamento de bombas da captação ou da saída da ETA.
4. Não há volume produzido não macromedido

**Totalização**

**Erro provável para limite de confiança de 95%**

marcar c/ X	Nota
<input type="checkbox"/>	<b>9,5</b>
<input type="checkbox"/>	<b>7,5</b>
<input type="checkbox"/>	<b>5,0</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0,0</b>
	<b>0,00</b>
	<b>100,0%</b>

**MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS**  
**PLANILHA F.2: VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO**

Sistema: D  
 Responsável: -

**VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO MEDIDO (VCONm)**

Marcar os campos com x, exceto quando indicada alguma unidade.

Volume medido		1. Classe metrológica do hidrômetro			
		%	Nota		
Consumido	x	0%	10	Classe C	
Outro		80%	9	Classe B	
		20%	8	Classe A	

2. Instalação do hidrômetro				3. Tempo de uso do hidrômetro			
Tipo:	%	Nota		%	Nota		
Cavalete aéreo com caixa de proteção	75,0%	10	Funcionando a menos de 3 anos	0%	10		
Cavalete aéreo sem caixa de proteção	24,5%	7,5	Funcionando a mais de 3 e menos de 5 anos	80%	9		
Caixa de passeio	0,5%	5	Funcionando a mais de 5 e menos de 10 anos	20%	7		
<b>Montagem:</b>	%		Funcionando a mais de 10 anos	0%	5		
Montagem hidráulica adequada, conforme especificações das normas técnicas e recomendações do fabricante	98%	Sim 10					
	2%	Não 5					

4. Aferição / manutenção do hidrômetro						
Preventiva e/ou preditiva:	Nota	Corretiva:	%	Nota	Mão-de-obra utilizada:	Nota
Há	x 10	Prazo <= 1 dia	0%	10	Bem qualificada	x 10
Não há	0	Prazo > 1 dia e <= 3 dias	100%	7,5	(treinamentos permanentes)	
		Prazo > 3 dias	0%	5	Parcialmente qualificada (treinamentos esporádicos)	8
					Sem qualificação	6

5. Leitura do hidrômetro					
Tipo:	%	Nota	Mão-de-obra utilizada:	%	Nota
Remota / centralizada	0%	10	Bem qualificada		10
Coletor de dados	100%	9	(treinamentos permanentes)		
Manual	0%	5	Parcialmente qualificada (treinamentos esporádicos)	x	8
			Sem qualificação		6

No.	Item Avaliado	Peso	Nota	
			Absol.	Pond.
1	Classe metrológica	50%	8,8	4,4
2	Instalação	20%	9,6	1,9
2.1	Tipo	50%	9,4	4,7
2.2	Montagem	50%	9,9	5,0
3	Tempo de uso	10%	8,6	0,9
4	Calibração / manutenção	10%	9,0	0,9
4.1	Preventiva e/ou preditiva	20%	10,0	2,0
4.2	Corretiva	40%	7,5	3,0
4.3	Mão-de-obra utilizada	40%	10,0	4,0
5	Leitura	10%	8,5	0,9
5.1	Tipo	50%	9,0	4,5
5.2	Mão-de-obra utilizada	50%	8,0	4,0
<b>Totalização</b>			<b>8,94</b>	
<b>Erro provável para limite de confiança de 95%</b>			<b>10,6%</b>	

**VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO NÃO MEDIDO (VCONnm)**

- Consumos estimados exclusivamente com base em padrões de consumo controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
- Consumos estimados exclusivamente com base em padrões de consumo controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra pouco significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
- Consumos estimados com base em analogias simples com casos de outras localidades.
- Não há volume consumido não medido

**Totalização**

**Erro provável para limite de confiança de 95%**

marcar c/X	Nota
	9,5
X	7,5
	5,0
	0,0
	7,50
	25,0%

MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS  
PLANILHA F.3: CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO

Sistema: D  
Responsável: -

**VOLUME DE ÁGUA PARA USOS OPERACIONAIS (VOPE)**

1. Volumes estimados com base em registros controlados individualmente para cada ocorrência, com posterior consolidação.
2. Volumes estimados com base na rotina operacional.

**Totalização**

**Erro provável para limite de confiança de 95%**

%	Nota	Nota Ponderada
70%	9,5	6,7
30%	5,0	1,5
		<b>8,15</b>
		<b>18,5%</b>

**VOLUME DE ÁGUA RECUPERADO (VREC)**

1. Proporção do volume que é micromedido.
2. Proporção do volume que é estimado.

**Totalização**

**Erro provável para limite de confiança de 95%**

%	Nota	Nota Ponderada
70%	9,5	6,7
30%	5,0	1,5
		<b>8,15</b>
		<b>18,5%</b>

**VOLUME DE ÁGUA PARA USOS ESPECIAIS (VESP)**

1. Proporção do volume que é macromedido.
2. Proporção do volume que é estimado.

**Totalização**

**Erro provável para limite de confiança de 95%**

%	Nota	Nota Ponderada
70%	9,5	6,7
30%	5,0	1,5
		<b>8,15</b>
		<b>18,5%</b>

**MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS**  
**PLANILHA F.4: VOLUME FATURADO**

Sistema: D  
 Responsável: -

**VOLUME DE ÁGUA FATURADO REFERENTE A ECONOMIAS MEDIDAS (VFATm)**

1. Volumes faturados efetivamente micromedidos (casos em que o hidrômetro encontra-se em funcionamento perfeito). A nota absoluta corresponde à nota do volume consumido micromedido.
2. Volumes faturados com base em uma estimativa do consumo médio (casos onde o hidrômetro encontra-se com defeito).
3. Volumes faturados com base em um consumo mínimo mensal de 10 m3, ou mais; ou com base em padrões de consumo, estabelecidos em função de atributos físicos, tais como área construída, quantidade de pontos de água, características da urbanização da área onde se situa a economia, etc. (da mesma forma que o anterior, também casos onde o hidrômetro encontra-se com defeito).
4. Volumes faturados submetidos a alguma regra comercial que reduz ou aumenta o volume efetivamente medido (casos de volumes muito superiores ou inferiores ao consumo médio faturado da economia).

%	Nota	Nota Ponderada
95,0%	8,9	8,5
3,0%	8,0	0,2
1,0%	6,0	0,1
1,0%	4,0	0,0
<b>Totalização</b>		<b>8,83</b>
<b>Erro provável para limite de confiança de 95%</b>		<b>11,7%</b>

**VOLUME DE ÁGUA FATURADO REFERENTE A ECONOMIAS NÃO MEDIDAS (VFATnm)**

1. Volumes estimados exclusivamente com base em padrões de consumo faturado controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
2. Volumes estimados exclusivamente com base em padrões de consumo faturado controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra pouco significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
3. Volumes estimados com base em um consumo mínimo mensal de 10 m3, ou mais; ou com base em padrões de consumo, estabelecidos em função de atributos físicos, tais como área construída, quantidade de pontos de água, características da urbanização da área onde se situa a economia, etc.

(marcar com X)	Nota
	9,5
	8,0
x	6,0
<b>Totalização</b>	
	<b>6,00</b>
<b>Erro provável para limite de confiança de 95%</b>	
	<b>40,0%</b>

**MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS**  
**PLANILHA F.5: QUANTIDADE DE LIGAÇÕES**

Sistema: D  
 Responsável: -

**QUANTIDADE DE LIGAÇÕES ATIVAS DE ÁGUA (QLAT)**

**1. Cadastro Comercial:**

- Cadastro atualizado
- Cadastro com atualização a menos de 5 anos
- Cadastro com atualização a mais de 5 anos e menos de 10 anos
- Cadastro com atualização a mais de 10 anos
- Não há cadastro

**2. Utilização de GIS:**

- Em todo o sistema
- Em mais de 75% do sistema
- Em mais de 50% e menos de 75% do sistema
- Em mais de 25% e menos de 50% do sistema
- Em menos de 25% do sistema

**3. GIS interligado em rede com a área operacional:**

- Em todo o sistema
- Em mais de 75% do sistema
- Em mais de 50% e menos de 75% do sistema
- Em mais de 25% e menos de 50% do sistema
- Em menos de 25% do sistema

**Totalização**

**Erro provável para limite de confiança de 95%**

(marcar com X)	Nota	Avaliação		
		Peso	Nota	
			Absol.	Pond.
		90%	10,0	9,0
X	10,0			
	8,0			
	6,0			
	4,0			
	0,0			
		5%	0,0	0,0
	10,0			
	8,0			
	6,0			
	4,0			
X	0,0			
		5%	0,0	0,0
	10,0			
	8,0			
	6,0			
	4,0			
X	0,0			
<b>Totalização</b>				<b>9,00</b>
<b>Erro provável para limite de confiança de 95%</b>				<b>10,0%</b>

## **APÊNDICE G**

### **MATERIAL ENCAMINHADO AOS OPERADORES PARA A PESQUISA DE DADOS**

## APRESENTAÇÃO

Os operadores responsáveis pelos sistemas pesquisados receberam o seguinte material:

- (i) texto esclarecendo os objetivos da pesquisa no contexto da dissertação, bem como orientando os operadores sobre o preenchimento dos formulários;
- (ii) glossário de termos com as definições de todos os dados pesquisados;
- (iii) formulários em planilha eletrônica MS Excel:
  - para coleta dos dados;
  - para coleta das informações sobre os dispositivos de medição e controle;
  - para classificação dos dados na matriz de graus de confiança;
- (iv) diagrama com o balanço de águas, vinculado ao formulário de coleta e preenchido automaticamente pela própria planilha eletrônica.

A pesquisa foi realizada numa fase intermediária dos trabalhos, em que já se havia avançado na fundamentação teórica e revisão bibliográfica, mas estas ainda não estavam totalmente concluídas. Por este motivo, alguns conceitos e termos abordados no texto da pesquisa, podem ter sofrido alterações no decorrer dos trabalhos. O mesmo se aplica – com maior propriedade – às terminologias, siglas e definições dos dados coletados, uma vez que um dos objetivos da pesquisa foi exatamente orientar mudanças na formulação preliminar que acompanhou o material de pesquisa.

Evidentemente que, sendo o trabalho final da dissertação mais atualizado que o material da pesquisa, havendo divergências entre eles, prevalece a dissertação. Por este motivo, de forma a reduzir as possíveis divergências, decidiu-se apresentar neste Apêndice apenas a parcela do material da pesquisa que não está reproduzida em outras partes da dissertação. Assim, não são apresentados o glossário de termos (ver Apêndices D) e o diagrama de balanço de águas (ver Apêndice B)

## 1. INTRODUÇÃO

O Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, está desenvolvendo por intermédio de seu aluno Ernani Ciríaco de Miranda<sup>1</sup>, orientado pelo Prof. Sérgio Koide, uma dissertação de mestrado sobre o seguinte tema: *Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias de Análise de Confiabilidade*.

A grande quantidade de indicadores e informações-chave, levantadas na pesquisa bibliográfica da dissertação, é um forte indicativo da complexidade do tema abordado, demonstrando a necessidade premente da busca de uma linguagem uniforme e padronizada, tanto para as definições e termos, quanto para as fórmulas de cálculo. Além disso, é de fundamental importância a identificação dos indicadores mais representativos, que possam ser obtidos por todos os prestadores de serviços.

A pesquisa bibliográfica evidencia uma preocupação, comum entre os autores, com a confiabilidade dos indicadores, sobretudo quando se trata da comparação de desempenho. Diante das dificuldades em se obter, com precisão, os dados necessários à avaliação das perdas, é de fundamental importância o desenvolvimento de uma metodologia sólida para a identificação dos níveis de credibilidade das informações-chave, que automaticamente condicionam a confiabilidade dos indicadores. Os coeficientes de confiabilidade devem possuir, como principal característica, a capacidade de qualificar e nivelar os indicadores de desempenho, mesmo em ambientes com distintos estágios tecnológicos.

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos gerais da dissertação concentram-se na proposição de procedimentos voltados à construção de **indicadores** que melhor representem as perdas de água em sistemas de abastecimento e à identificação da **confiabilidade** dos dados utilizados.

A adoção de uma linguagem uniforme e padronizada para os indicadores de perdas é de grande importância para o setor saneamento, sobretudo num momento em que tais indicadores têm sido muito citados como a referência do desempenho dos prestadores de serviços de saneamento do país. Nesse sentido, a dissertação irá propor, como contribuição

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil (1986), mestrando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (Faculdade de Tecnologia da UNB). Foi diretor técnico da EMASA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento S.A., Itabuna/BA, no período 1993-1996. Desde 1997 está no Programa de Modernização do Setor Saneamento - PMSS, onde é Gerente de Planejamento e Informações. É também Coordenador do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS.

à comunidade técnica, uma linguagem uniforme para os diversos componentes das perdas, inclusive os próprios indicadores, construída com base na pesquisa bibliográfica e testada a partir dos dados coletados na presente pesquisa.

A proposição dos melhores enunciados e fórmulas de cálculos dos indicadores só se torna relevante se as informações-chave utilizadas na avaliação das perdas forem precisas. Não havendo precisão dos dados, todo o esforço para a uniformidade dos mesmos não será suficiente para uma comparação eqüitativa de desempenho, nem tampouco para a correta formulação do plano de ações de combate às perdas. Sabe-se, no entanto, das dificuldades enfrentadas pelos prestadores de serviços, que normalmente não possuem sistemas de micro e macromedição completos, levando à necessidade de estimar muitos dos volumes adotados na avaliação das perdas. Dessa forma, é preciso considerar a possibilidade concreta de imprecisão nos dados.

Nesse sentido, a dissertação irá aprofundar o tema da qualidade dos dados e propor alguns requisitos necessários à identificação da sua **confiabilidade**, sistematizando conceitos, propondo coeficientes e sugerindo intervalos de valores padrões para utilização em situações específicas, tendo como base os coeficientes já existentes na bibliografia e as informações obtidas na presente pesquisa.

### **3. SÍNTESE DA METODOLOGIA DA DISSERTAÇÃO**

Em relação aos indicadores de perdas fez-se uma rigorosa análise comparada dos termos e fórmulas de cálculo, propostos por diversos autores, tanto no Brasil como no exterior. Em seguida, selecionou-se aqueles considerados mais representativos e uniformes, para os diferentes propósitos de sua aplicação, juntamente com as respectivas informações-chave que os compõem.

De forma similar, fez-se uma análise das propostas existentes na bibliografia que tratam da confiabilidade das informações adotadas em indicadores de desempenho. Existem poucas referências bibliográficas sobre o tema, o que dificulta o seu tratamento e sinaliza, como grande desafio, a construção de procedimentos e a identificação de valores de referência para a qualificação dos indicadores, essenciais à comparação de desempenho.

A presente pesquisa é a principal ferramenta da metodologia, pois irá colher dados que permitam testar se as informações-chave (principalmente volumes) utilizadas nos controles

operacionais dos sistemas de abastecimento de água enquadram-se nas terminologias e fórmulas de cálculo de indicadores propostas na dissertação.

Além dos valores dos dados operacionais, a pesquisa solicita também informações sobre a sua qualidade, na visão dos próprios prestadores de serviços que os fornecem, como por exemplo: qual o nível de precisão o operador considera que há no volume micromedido. Ao mesmo tempo, pesquisa-se ainda informações sobre as características dos dispositivos do sistema, tais como a existência ou não de macromedidores, tipo de equipamentos utilizados, vida útil dos equipamentos de medição, procedimentos de leitura e registro dos dados, critérios empregados para estimar valores não disponíveis, qualidade da mão-de-obra, dentre outros.

Como resultado da dissertação espera-se definir uma proposta fundamentada para os indicadores e suas respectivas informações-chave, com glossário de termos e fórmulas, que melhor represente a realidade dos sistemas, à luz da aplicação dos dados pesquisados.

Em relação à confiabilidade dos dados espera-se definir uma proposta de grade de confiabilidade para aplicação à realidade dos sistemas brasileiros, fundamentada nos dados pesquisados. A proposta deverá contemplar, também, uma metodologia para aplicação da grade, incluindo sugestão de questionário para orientar a pesquisa interna de dados dos prestadores de serviços.

#### **4. PESQUISA DE DADOS**

A presente pesquisa é uma das ferramentas da metodologia empregada na dissertação e seu objetivo é subsidiar a proposição de indicadores de perdas que melhor se adequem à realidade dos operadores de sistemas de água do Brasil, assim como contribuir para a construção de uma metodologia de identificação do grau de confiabilidade dos indicadores. *Os dados informados terão utilização, única e exclusiva, para fins de pesquisa acadêmica, e, em hipótese alguma, serão utilizados para outros fins.*

A pesquisa utiliza-se das seguintes tabelas, elaborados em planilhas eletrônicas *Excel*:

- Tabela G.1. Valores das informações-chave;
- Tabela G.2. Comentários sobre os valores das Informações-chave;
- Tabela G.3. Confiabilidade das informações-chave;
- Tabelas G.4 a G.9. Características dos dispositivos de medição e controle.

- Tabela G.10. Glossário das informações-chave (conforme citado na apresentação, esta tabela não foi incluída neste Apêndice. Ver Apêndice D).

Além das tabelas, acompanha também a pesquisa a Figura 1 - Diagrama de Balanço Hídrico, que contribui para a melhor compreensão dos conceitos adotados em cada informação-chave, assim como para um melhor entendimento da composição das perdas. Ao lançar os dados na Tabela 1, automaticamente a totalização anual é inserida no Balanço Hídrico. Conforme citado na apresentação, o modelo de balanço não foi incluído neste Apêndice (ver Apêndice B).

Solicita-se o máximo empenho no sentido de utilizar as planilhas eletrônicas *Excel* para o preenchimento das tabelas. Dessa forma, o arquivo-resposta gerado poderá ser transmitido por *e-mail*, o que facilitará o envio dos dados. No entanto, se por algum motivo, não for possível o preenchimento das tabelas nas planilhas eletrônicas, as mesmas poderão ser impressas, preenchidas de forma legível e enviadas por fax ou pelo correio.

Ressalta-se que, não compõe a presente pesquisa a proposta de indicadores de perdas, objeto da dissertação. O motivo é que, a seleção preliminar, feita na bibliografia, resultou numa quantidade muito grande de indicadores. Os dados ora coletados irão exatamente contribuir para a seleção final dos indicadores considerados mais representativos. Feita essa seleção os indicadores serão calculados com base nas informações-chave ora coletadas, e os resultados serão enviados aos operadores para comentários, críticas e sugestões.

#### **4.1. INFORMAÇÕES-CHAVE**

Na Tabela G.1 deverão ser lançados os valores mensais das informações-chave relativos aos meses de janeiro/2000 a abril/2001. O critério adotado foi o de compor um cenário onde as perdas são identificadas e quantificadas, pelo operador do sistema, da forma mais desagregada possível. Nesse sentido, solicita-se o máximo esforço para preencher todos os campos, mesmo que alguns deles sejam estimados. Nesses casos (valores estimados) espera-se que sejam fornecidas informações sobre os critérios adotados na estimativa dos valores. Da mesma forma, na hipótese de haver algum dado inexistente, solicita-se que sejam informados os motivos dessa inexistência. Esses esclarecimentos serão muito importantes na fase de tratamento dos dados. Podem ainda ser inseridos comentários gerais, críticas e sugestões de qualquer natureza (usar Tabela G.2).

Quando não for possível estimar as informações desagregadas, na forma como consta das tabelas, solicita-se que, ao menos, o dado agregado correspondente à soma dessas informações seja fornecido. Por exemplo, não sendo possível estimar os valores de *Volume de Água Consumido Não Autorizado (VC-na)* e *Volume de Água Consumido Mal Contabilizado (VC-mc)*, que ao menos se estime o *Volume de Água Utilizado, Não Autorizado (VU-na)*, que corresponde à soma dos dois anteriores.

Os campos referentes aos ***dados não disponíveis devem ser deixados em branco***. Já nos casos em que o dado existe, mas o seu ***valor é igual a zero***, o campo correspondente deve ser preenchido com esse valor.

É indispensável, para auxiliar na compreensão da composição das perdas, a análise do balanço hídrico, mostrado na Figura 1. Da mesma forma, é indispensável também a leitura atenta das definições das informações-chave, constantes da Tabela G.10. Faz parte da pesquisa avaliar a compreensão dos termos. Havendo comentários, propostas de alterações ou divergências entre os conceitos ali expostos e aqueles empregados pelo operador, solicita-se que os mesmos sejam explicitados, pois serão muito importantes na fase de tratamento dos dados. Podem ainda ser inseridos comentários gerais, críticas e sugestões de qualquer natureza.

## **4.2. CONFIABILIDADE DAS INFORMAÇÕES-CHAVE**

Algumas metodologias para a identificação dos níveis de credibilidade das informações-chave e dos indicadores são propostas na literatura. Essas metodologias prevêm a utilização de fatores de controle, coeficientes de confiabilidade ou matriz de credibilidade, os quais não fazem parte direta da composição do indicador, mas apenas o qualifica e permite a quem o utilizar, saber o quanto ele é confiável.

Na presente pesquisa solicita-se aos operadores que preencham os dados solicitados na Tabela G.3 referentes à matriz de credibilidade proposta por Alegre *et al.* (2000) na publicação *Performance Indicators for Water Supply Services (IWA - International Water Association, Londres, Inglaterra, 162p.)*. Sabe-se que, a aplicação desse tema pode parecer uma realidade distante para os sistemas brasileiros. Entretanto, solicita-se o esforço do operador para, ainda que de forma preliminar, avalie a infra-estrutura básica de seus sistemas, naquelas partes onde a informação se origina, com vistas a prever o seu nível de confiabilidade e de precisão.

Solicita-se que, em especial para a questão da confiabilidade, o operador apresente os seus comentários, críticas, sugestões, propostas de alterações ou divergências, os quais serão de fundamental importância para os objetivos da dissertação.

### **Breve descrição da proposta**

Os autores propõem um esquema de classificação da credibilidade dos dados para indicadores de desempenho, que utiliza dois grupos de intervalos de confiança: (i) intervalos de confiabilidade dos dados; e (ii) intervalos de precisão dos dados.

Os intervalos de confiabilidade são classificados em muito confiável, confiável, pouco confiável e sem confiabilidade. Os dados se enquadram nesses intervalos em vista do cumprimento ou não de alguns critérios previamente estabelecidos, mostrados na Tabela II. Para identificar a precisão da medição, definida como sendo a aproximação entre o resultado da medição e o valor (convencionalmente) verdadeiro da grandeza medida, são propostos intervalos de precisão, cujos valores estão apresentados na primeira coluna da Tabela I. Essa precisão deve ser calculada para a medição e não para o instrumento de medição.

Utilizando-se dos intervalos de precisão e de confiabilidade os autores propõem uma matriz com graus de credibilidade globais, apresentada na tabela a seguir.

Tabela I. Matriz de graus de credibilidade (Alegre *et al.*, 2000)

Intervalos de Precisão	Intervalos de Confiabilidade			
	A	B	C	D
1 - < 1%	A1	++	++	++
2 - 1 - 5%	A2	B2	C2	++
3 - 5 - 10%	A3	B3	C3	D3
4 - 10 - 25%	A4	B4	C4	D4
5 - 25 - 50%	++	++	C5	D5
6 - 50 - 100%	++	++	++	D6

Nota: "++" indica graus de credibilidade considerados como incompatíveis; para valores > 100%, indicar precisão "X"

### **4.3. CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE**

Além da informação sobre a credibilidade dos dados, a pesquisa solicita ainda algumas informações sobre as características dos dispositivos de medição e dos sistemas de

controle operacional das redes de distribuição, especificamente relativas a: (i) macromedidores, (ii) parque de hidrômetros, (iii) critérios para os volumes estimados, (iv) dados operacionais e cadastro, (v) controle da pressão noturna, e (vi) controle dos reparos de vazamentos. Solicita-se ao operador que apresente essas características nas Tabelas G.4 a G.9.

O objetivo dessas informações é o de, num primeiro momento, testar se a grade de credibilidade pesquisada na literatura é aplicável à realidade brasileira, e, num segundo momento, tentar propor fatores de controle para compor uma escala de confiabilidade, a partir dos dados ora pesquisados. Sabe-se das dificuldades em se obter respostas satisfatórias para todas as informações, no entanto, o que se deseja é uma colaboração especial dos operadores dos sistemas, para que, a partir das informações disponíveis e do conhecimento dos técnicos sobre os sistemas por eles operados, possam responder a essas questões com a maior precisão possível.

Tabela II. Intervalos de confiabilidade dos dados propostos por Alegre *et al.*, 2000 - Modificado

INTERVALOS DE CONFIABILIDADE		CRITÉRIOS	
		DADOS REAIS	DADOS ESTIMADOS
A	MUITO CONFIÁVEL	Baseados em medições exaustivas, registros seguros e são, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.	Baseadas em extrapolações de registros de alta qualidade cobrindo (ou com aplicação a) 100% da área de influência da entidade gestora, mantidos e atualizados por um mínimo de 5 anos (a previsão terá sido revista durante o período de produção dos relatórios).
B	CONFIÁVEL	Genericamente como em A, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registros não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.	Baseadas em extrapolações de registros cobrindo (ou com aplicação a) mais de 50% da área de influência da entidade gestora, mantidos e atualizados por um mínimo de 5 anos. A previsão terá sido revista durante os dois anos anteriores.
C	POUCO CONFIÁVEL	Baseados em extrapolações a partir de uma amostra limitada para a qual se aplica o grau A ou B.	Baseadas em extrapolações de registros cobrindo (ou com aplicação a) mais de 30% da área de influência. A previsão terá sido revista durante os cinco anos anteriores.
D	SEM CONFIABILIDADE	Baseados em dados transmitidos verbalmente e não confirmados e/ou em inspeções ou análises sem os devidos cuidados.	Baseadas em extrapolações de registros que não estejam em conformidade com os intervalos A, B ou C.

TABELA G.1a - VALORES DAS INFORMAÇÕES-CHAVE

No.	SIGLA	NOME	UNIDADE	ANO 2000												ANO 2001			
				Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	Jan	Fev	Mar
<b>PRODUÇÃO</b>																			
1	VP-t	Volume de água produzido total	1000m3																
1a	VP-m	Volume de água produzido macromedido	1000m3																
1b	VP-nm	Volume de água produzido não macromedido	1000m3																
2	VIm-t	Volume de água tratada importado total	1000m3																
2a	VIm-m	Volume de água tratada importado macromedido	1000m3																
2b	VIm-nm	Volume de água tratada importado não macromedido	1000m3																
3	VD	Volume de água disponibilizado VP-t + VIm-t	1000m3																
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>																			
4	VEx-t	Volume de água tratada exportado total	1000m3																
4a	VEx-m	Volume de água tratada exportado macromedido	1000m3																
4b	VEx-nm	Volume de água tratada exportado não macromedido	1000m3																
5	VC-t	Volume de água consumido total, autorizado VC-m + VC-nm	1000m3																
5a	VC-m	Volume de água consumido medido	1000m3																
5b	VC-nm	Volume de água consumido não medido	1000m3																
6	VO	Volume de água operacional	1000m3																
7	VR	Volume de água recuperado	1000m3																
8	VEs	Volume de água especial	1000m3																
9	VU-anf	Volume de água utilizado, autorizado, mas não faturado VO + VR + VEs	1000m3																
10	VU-a	Volume de água utilizado, autorizado VEx-t + VC-t + VU-anf	1000m3																
11	VC-na	Volume de água consumido não autorizado	1000m3																
12	VC-mc	Volume de água consumido mal contabilizado	1000m3																
13	VU-na	Volume de água utilizado, não autorizado VC-na + VC-mc	1000m3																
14	VU-t	Volume de água utilizado, total VU-a + VU-na	1000m3																
15	VO-ext	Volume de água operacional extraordinário	1000m3																
16	Vvz	Volume de água de vazamentos	1000m3																
17	VPdi	Volume de perdas na distribuição VO-ext + Vvz	1000m3																
<b>FATURAMENTO</b>																			
18	VF-t	Volume de água faturado total VEx-t + VF-m + VF-nm	1000m3																
18a	VF-m	Volume de água faturado medido	1000m3																
18b	VF-nm	Volume de água faturado não medido	1000m3																
19	VPfat	Volume de perdas de faturamento VD - VF-t	1000m3																

TABELA G.1b - VALORES DAS INFORMAÇÕES-CHAVE (continuação)

No.	SIGLA	NOME	UNIDADE	ANO 2000												ANO 2001			
				Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	Jan	Fev	Mar
<b>OUTROS DADOS</b>																			
20	Lig-t	Quantidade de ligações totais de água	unid																
21	Lig-a	Quantidade de ligações ativas de água	unid																
22	Lig-am	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	unid																
23	Lig-amf	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas, com hidrômetro	unid																
24	Eco-t	Quantidade de economias totais de água	unid																
25	Eco-a	Quantidade de economias ativas de água	unid																
26	Eco-am	Quantidade de economias ativas de água micromedidas	unid																
27	Eco-ar	Quantidade de economias ativas residenciais de água	unid																
28	Eco-arm	Quantidade de economias ativas residenciais de água micromedidas	unid																
29	ERe	Extensão da rede de água sem ramais prediais	km																
30	ERa	Extensão dos ramais prediais de água (estimativa)	km																
31	PN	Pressão noturna média	mca																
32	NAR	Quantidade anual de reparos	und																

**TABELA G.2a - COMENTÁRIOS SOBRE OS VALORES DAS INFORMAÇÕES-CHAVE**

Utilizar esta tabela para observações relativas aos valores dos dados informados, como por exemplo: motivo da inexistência de algum valor, mesmo que de forma estimada. Inserir também comentários gerais, críticas e sugestões de qualquer natureza.

No.	SIGLA	NOME	COMENTÁRIOS
<b>PRODUÇÃO</b>			
1	VP-t	Volume de água produzido total	
1a	VP-m	Volume de água produzido macromedido	
1b	VP-nm	Volume de água produzido não macromedido	
2	VIm-t	Volume de água tratada importado total	
2a	VIm-m	Volume de água tratada importado macromedido	
2b	VIm-nm	Volume de água tratada importado não macromedido	
3	VD	Volume de água disponibilizado	
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>			
4	VEx-t	Volume de água tratada exportado total	
4a	VEx-m	Volume de água tratada exportado macromedido	
4b	VEx-nm	Volume de água tratada exportado não macromedido	
5	VC-t	Volume de água consumido total, autorizado	
5a	VC-m	Volume de água consumido medido	
5b	VC-nm	Volume de água consumido não medido	
6	VO	Volume de água operacional	

**TABELA G.2b - COMENTÁRIOS SOBRE OS VALORES DAS INFORMAÇÕES-CHAVE (continuação)**

Utilizar esta tabela para observações relativas aos valores dos dados informados, como por exemplo: motivo da inexistência de algum valor, mesmo que de forma estimada. Inserir também comentários gerais, críticas e sugestões de qualquer natureza.

No.	SIGLA	NOME	COMENTÁRIOS
7	VR	Volume de água recuperado	
8	VEs	Volume de água especial	
9	VU-anf	Volume de água utilizado, autorizado, mas não faturado	
10	VU-a	Volume de água utilizado, autorizado	
11	VC-na	Volume de água consumido não autorizado	
12	VC-mc	Volume de água consumido mal contabilizado	
13	VU-na	Volume de água utilizado, não autorizado	
14	VU-t	Volume de água utilizado, total	
15	VO-ext	Volume de água operacional extraordinário	
16	Vvz	Volume de água de vazamentos	
17	VPdi	Volume de perdas na distribuição	
<b>FATURAMENTO</b>			
18	VF-t	Volume de água faturado total	
18a	VF-m	Volume de água faturado medido	

**TABELA G.2c - COMENTÁRIOS SOBRE OS VALORES DAS INFORMAÇÕES-CHAVE (continuação)**

Utilizar esta tabela para observações relativas aos valores dos dados informados, como por exemplo: motivo da inexistência de algum valor, mesmo que de forma estimada. Inserir também comentários gerais, críticas e sugestões de qualquer natureza.

No.	SIGLA	NOME	COMENTÁRIOS
18b	VF-nm	Volume de água faturado não medido	
19	VPfat	Volume de perdas de faturamento	
<b>OUTROS DADOS</b>			
20	Lig-t	Quantidade de ligações totais de água	
21	Lig-a	Quantidade de ligações ativas de água	
22	Lig-am	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	
23	Lig-amf	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas, com hidrômetro funcionando	
24	Eco-t	Quantidade de economias totais de água	
25	Eco-a	Quantidade de economias ativas de água	
26	Eco-am	Quantidade de economias ativas de água micromedidas	
27	Eco-ar	Quantidade de economias ativas residenciais de água	
28	Eco-arm	Quantidade de economias ativas residenciais de água micromedidas	
29	ERe	Extensão da rede de água sem ramais prediais	
30	ERa	Extensão dos ramais prediais de água (estimativa)	
31	PN	Pressão noturna média	
32	NAR	Quantidade anual de reparos	

**TABELA G.3a - CONFIABILIDADE DAS INFORMAÇÕES-CHAVE**

Atribuir intervalos de confiabilidade e precisão dos dados utilizando a proposta de Alegre *et al.* (2000) descrita no texto dessa pesquisa. Inserir também comentários gerais, críticas, divergências e sugestões de qualquer natureza.

No.	SIGLA	NOME	INTERVALO DE CONFIABILIDADE	INTERVALO DE PRECISÃO	COMENTÁRIOS
<b>PRODUÇÃO</b>					
1	VP-t	Volume de água produzido total			
1a	VP-m	Volume de água produzido macromedido			
1b	VP-nm	Volume de água produzido não macromedido			
2	VIm-t	Volume de água tratada importado total			
2a	VIm-m	Volume de água tratada importado macromedido			
2b	VIm-nm	Volume de água tratada importado não macromedido			
3	VD	Volume de água disponibilizado			
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>					
4	VEx-t	Volume de água tratada exportado total			
4a	VEx-m	Volume de água tratada exportado macromedido			
4b	VEx-nm	Volume de água tratada exportado não macromedido			
5	VC-t	Volume de água consumido total, autorizado			
5a	VC-m	Volume de água consumido medido			
5b	VC-nm	Volume de água consumido não medido			
6	VO	Volume de água operacional			
7	VR	Volume de água recuperado			

**TABELA G.3b - CONFIABILIDADE DAS INFORMAÇÕES-CHAVE (continuação)**

Atribuir intervalos de confiabilidade e precisão dos dados utilizando a proposta de Alegre *et al.* (2000) descrita no texto dessa pesquisa. Inserir também comentários gerais, críticas, divergências e sugestões de qualquer natureza.

No.	SIGLA	NOME	INTERVALO DE CONFIABILIDADE	INTERVALO DE PRECISÃO	COMENTÁRIOS
8	VEs	Volume de água especial			
9	VU-anf	Volume de água utilizado, autorizado, mas não faturado			
10	VU-a	Volume de água utilizado, autorizado			
11	VC-na	Volume de água consumido não autorizado			
12	VC-mc	Volume de água consumido mal contabilizado			
13	VU-na	Volume de água utilizado, não autorizado			
14	VU-t	Volume de água utilizado, total			
15	VO-ext	Volume de água operacional extraordinário			
16	Vvz	Volume de água de vazamentos			
17	VPdi	Volume de perdas na distribuição			
<b>FATURAMENTO</b>					
18	VF-t	Volume de água faturado total			
18a	VF-m	Volume de água faturado medido			
18b	VF-nm	Volume de água faturado não medido			
19	VPfat	Volume de perdas de faturamento			

**TABELA G.3c - CONFIABILIDADE DAS INFORMAÇÕES-CHAVE (continuação)**

Atribuir intervalos de confiabilidade e precisão dos dados utilizando a proposta de Alegre *et al.* (2000) descrita no texto dessa pesquisa. Inserir também comentários gerais, críticas, divergências e sugestões de qualquer natureza.

No.	SIGLA	NOME	INTERVALO DE CONFIABILIDADE	INTERVALO DE PRECISÃO	COMENTÁRIOS
<b>OUTROS DADOS</b>					
20	Lig-t	Quantidade de ligações totais de água			
21	Lig-a	Quantidade de ligações ativas de água			
22	Lig-am	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas			
23	Lig-amf	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas, com hidrômetro funcionando			
24	Eco-t	Quantidade de economias totais de água			
25	Eco-a	Quantidade de economias ativas de água			
26	Eco-am	Quantidade de economias ativas de água micromedidas			
27	Eco-ar	Quantidade de economias ativas residenciais de água			
28	Eco-arm	Quantidade de economias ativas residenciais de água micromedidas			
29	ERe	Extensão da rede de água sem ramais prediais			
30	ERa	Extensão dos ramais prediais de água (estimativa)			
31	PN	Pressão noturna média			
32	NAR	Quantidade anual de reparos			



**TABELA G.5 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AO PARQUE DE HIDRÔMETROS**

Considerar como representativas do parque de hidrômetros as características dos medidores residenciais de 3 m<sup>3</sup>/h. Havendo incidência significativa de medidores de maior capacidade, preencher outro formulário representativo desses hidrômetros.

		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
		<i>(marcar com X)</i>	
<b>1 Classe metrológica:</b>	tipo A (%): <span style="float: right;"><i>(informar valor)</i></span>		
	tipo B (%):		
	tipo C (%):		
	tipo D (%):		
<b>2 Instalação:</b>	caixa de passeio (%): <span style="float: right;"><i>(informar valor)</i></span>		
	cavelete aéreo sem caixa de proteção (%):		
	cavelete aéreo com caixa de proteção (%):		
	outros (explicitar) (%):		
<b>3 Idade média do parque de hidrômetros:</b>	funcionando a menos de 3 anos:		
	funcionando a mais de 3 e menos de 7 anos:		
	funcionando a mais de 7 anos:		
<b>4 Aferições / manutenções:</b>	há aferição / manutenção preventiva:		
	qual periodicidade (em meses):		
	manutenção corretiva feita em no máximo 1 dia após detectado algum problema - quantas ocorreram no último ano:		
	manutenção corretiva feita em um prazo superior a 1 e inferior a 3 dias - quantas ocorreram no último ano:		
	manutenção corretiva feita em um prazo superior a 3 dias - quantas ocorreram no último ano:		
	mão-de-obra responsável pelas aferições / manutenções:		
	sem qualificação:		
<b>5 Leitura:</b>	já recebeu algum tipo de treinamento:		
	parcialmente qualificada, com treinamentos esporádicos:		
	bem qualificada, com treinamentos frequentes:		
	leitura com coletor de dados e carregamento no sistema comercial informatizado:		
	leitura manual, com anotações em formulários padrões e digitação dos dados:		
	mão-de-obra responsável pela leitura:		
	sem qualificação:		
já recebeu algum tipo de treinamento:			
parcialmente qualificada, com treinamentos esporádicos:			
bem qualificada, com treinamentos frequentes:			

OBSERVAÇÕES:

**TABELA G.6 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AOS VOLUMES ESTIMADOS**

**VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO NÃO MEDIDO**

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume

**VOLUME DE ÁGUA OPERACIONAL**

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume. Caso haja medição, utilizar o formulário de macromedidor.

**VOLUME DE ÁGUA RECUPERADO**

Esclarecer os critérios adotados na medição e/ou estimativa do volume.

**VOLUME DE ÁGUA ESPECIAL**

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume. Caso haja medição, utilizar o formulário de macromedidor.

**VOLUME DE ÁGUA FATURADO**

Esclarecer os critérios adotados para estimativa: (i) do consumo mínimo de usuários medidos, e (ii) do consumo de usuários não medidos

OBSERVAÇÕES:

**TABELA G.7 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AOS DADOS OPERACIONAIS E CADASTRAIS**

<b>SETORIZAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO</b>	
Em todo o sistema:	<i>(marcar com X)</i>
Em mais de 75% do sistema:	<input type="checkbox"/>
Em mais de 50% e menos de 75% do sistema:	<input type="checkbox"/>
Em mais de 25% e menos de 50% do sistema:	<input type="checkbox"/>
Em menos de 25% do sistema:	<input type="checkbox"/>

<b>CADASTRO TÉCNICO DA REDE</b>	
Cadastro totalmente atualizado:	<i>(marcar com X)</i>
Cadastro com atualização a menos de 5 anos:	<input type="checkbox"/>
Cadastro com atualização a mais de 5 anos e menos de 10 anos:	<input type="checkbox"/>
Cadastro com atualização a mais de 10 anos:	<input type="checkbox"/>
Cadastro altimétrico da rede:	<input type="checkbox"/>
Utilização de GIS (rede mapeada e digitalizada):	<input type="checkbox"/>
GIS interligado em rede com a área comercial:	<input type="checkbox"/>
Não há cadastro:	<input type="checkbox"/>
Caso não haja cadastro ou o mesmo esteja desatualizado, esclarecer os critérios para estimativa da extensão de rede:	

<b>CADASTRO TÉCNICO E COMERCIAL DAS LIGAÇÕES PREDIAIS</b>	
Cadastro totalmente atualizado:	<i>(marcar com X)</i>
Cadastro com atualização a menos de 5 anos:	<input type="checkbox"/>
Cadastro com atualização a mais de 5 anos e menos de 10 anos:	<input type="checkbox"/>
Cadastro com atualização a mais de 10 anos:	<input type="checkbox"/>
Utilização de GIS:	<input type="checkbox"/>
GIS interligado em rede com a área operacional:	<input type="checkbox"/>
Não há cadastro:	<input type="checkbox"/>
Caso não haja cadastro técnico ou o mesmo esteja desatualizado, esclarecer os critérios para estimativa da extensão dos ramais:	

OBSERVAÇÕES:
--------------

**TABELA G.8 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AO CONTROLE DA PRESSÃO DE OPERAÇÃO DA REDE**

1. Sistema de controle operacional automatizado a distância (telemetria):	<i>(marcar com X)</i>
- abrangendo toda a rede:	<input type="checkbox"/>
- abrangendo mais de 75% da rede:	<input type="checkbox"/>
- abrangendo mais de 50% e menos de 75% da rede:	<input type="checkbox"/>
- abrangendo mais de 25% e menos de 50% da rede:	<input type="checkbox"/>
- abrangendo menos de 25% da rede:	<input type="checkbox"/>
- não há telemetria:	<input type="checkbox"/>
2. Pontos permanentes de monitoramento:	
- em toda a rede:	<input type="checkbox"/>
- em setores importantes, representativos da rede:	<input type="checkbox"/>
- em área piloto representativa da rede:	<input type="checkbox"/>
3. Medições de rotina representativas da rede, feitas por pitometria:	
- feitas, no mínimo, a cada 6 meses:	<input type="checkbox"/>
- feitas, no mínimo, a cada 1 ano:	<input type="checkbox"/>
- feitas sem rotina fixa (medições esporádicas):	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES:

**TABELA G.9 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AO CONTROLE DA QUANTIDADE DE REPAROS**

1. Centro de controle operacional (CCO):	<i>(marcar com X)</i>
- informatizado, interligado em rede e com atualização "on line":	<input type="checkbox"/>
- informatizado, interligado em rede e com atualização pelo operador do CCO:	<input type="checkbox"/>
- informatizado, porém com micros isolados:	<input type="checkbox"/>
- sem informatização (controle manual):	<input type="checkbox"/>
2. Atualização dos controles quando o sistema não é "on line" ou quando não há informatização:	
- diária:	<input type="checkbox"/>
- semanal:	<input type="checkbox"/>
- mensal:	<input type="checkbox"/>
- outros (especificar: <input type="text"/> )	<input type="checkbox"/>
3. Como se dá a comunicação de vazamentos:	
- via escritórios de atendimento ao público (%):	<input type="checkbox"/>
- via telefone 195 (%):	<input type="checkbox"/>
- via operários do próprio prestador de serviços (%):	<input type="checkbox"/>
- outros (especificar: <input type="text"/> ) (%):	<input type="checkbox"/>
4. Tempo de correção dos vazamentos:	
- tempo médio de correção de vazamentos menor ou igual a 12 horas (contado a partir do recebimento do comunitado):	<input type="checkbox"/>
- tempo médio de correção de vazamentos maior que 12 e menor que 24 horas (contado a partir do recebimento do comunitado):	<input type="checkbox"/>
- tempo médio de correção de vazamentos maior que 24 horas e menor que 48 horas (contado a partir do recebimento do comunitado):	<input type="checkbox"/>
- tempo médio de correção de vazamentos maior ou igual a 48 horas (contado a partir do recebimento do comunitado):	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES: