

Capítulo 4- Perdas de água



Capítulo 4- Perdas de água

4.1 Introdução

Existem no mundo duas grandes associações de água: AWWA e IWA. A primeira tem sede nos Estados Unidos e a segunda é européia com sede em Londres.

No que se refere a perdas de água o conceito válido em todo o mundo com exceção do Japão, é o da IWA.

4.2 Conceito da AWWA de UFW

A AWWA definiu que é a perda d'água:

- a) Determinar precisamente a quantidade de água, produzida ou comprada, entregue ao sistema de distribuição, durante um período de 12 meses consecutivos;
- b) Determinar o total de água vendida através dos micromedidores;
- c) É importante que toda a água seja medida, mas há casos em que isto não é possível e, então, deverá ser realizada a estimativa da água usada. Assim, deverão ser estimadas: a água gasta para conter **incêndios** através dos hidrantes públicos; a **água de descarga** por vazamentos ou para **limpeza de redes** devido a algum odor ou sabor estranho; a água dos reservatórios do serviço público; a água que foi **extravasada dos reservatórios, caminhões-tanque** e outras;
- d) Subtraindo o item *b* do item *a* e subtraindo o índice *c* do que restou, teremos a verdadeira perda, chamada pelos americanos de *unaccounted-for-water (UFW)*. A verdadeira perda UFW representa os **vazamentos de água**, as **imprecisões nos hidrômetros**, **furtos de água**, contas de água subestimada, hidrômetros impróprios para o consumo, erros de leitura de hidrômetros e erros cadastrais;
- e) A AWWA aconselha que o erro seja calculado, principalmente, em volumes, para que não haja falhas na contagem.

Embora o conceito de UFW não mais seja usado, ainda se encontram muitas pesquisas baseadas no conceito antigo da AWWA.

4.3 Conceitos novos da IWA

Segundo Lambert, 2000 devido ao não entendimento mundial sobre a nomenclatura e terminologia de perdas de água, a IWA em 1996 reuniu mais de 40 especialistas em todo o mundo chamando-a de *Task Force* para rever toda a metodologia internacional. No ano 2000 foi publicada a terminologia padrão no *The Blue Pages*

A IWA definiu o novo conceito NRW (*Non-Revenue Water*) que é muito semelhante ao UFW.

4.4 Indicadores de *performance* da IWA sobre perdas

Existem quatro indicadores de *performance* de perdas da IWA:

1. Perda medida em porcentagem: %
2. Perda medida por economia por litros por dia: L/ economia x dia
3. Perda medida em litros por quilômetros por dia: L/ km x dia
4. Perda medida em litros por ligações de água por dia: L/ligação x dia

Vamos explicar sucintamente cada um dos índices usados.

A **perda medida em porcentagem (NRW)** é a mais comumente encontrada devido a relativa facilidade de ser obtida e deve ser usada como um indicador para mostrar a *performance* financeira de uma empresa.

O grande problema no índice NRW é que conforme McKenzie e Lambert, 2003 não leva em conta o abastecimento intermitente, a presença ou ausência dos reservatórios dos consumidores que causam problemas na micromedição.

Guarulhos tem dados de perdas de água (UFW) de toda a cidade desde 1972 e não conheço nenhuma cidade do Brasil que tenha estudo de toda a cidade na época conforme Tabela (4.1).

Tabela 4.1- Perdas de água do SAAE (UFW) de Guarulhos de 1972 a 1995

Ano	Perdas de água (%)
1972	29,16
1973	22,04
1974	19,20
1975	32,23
1976	24,86
1977	25,92
1978	24,11
1979	25,26
1980	26,46
1981	29,36
1982	34,20
1983	38,31
1984	35,69
1985	33,49
1986	27,20
1987	24,00
1988	30,94
1989	34,77
1990	26,73
1991	32,09
1992	35,49
1993	38,53
1994	40,84
1995	42,00
1996	
1997	
1998	45,01
1999	48,06

O Banco Mundial e os demais bancos internacionais adotaram durante muitos anos para países em desenvolvimento, o limite tolerável de 25% de perdas d'água que passou a ser de certa maneira um número mágico, hoje abandonado.

Enquanto isto, para os países desenvolvidos, a AWWA, através de comitê especial para o assunto, adotou como toleráveis, desde julho de 1996, índices para as perdas d'água desde que menores que 10 %. Em 1957, a AWWA tinha adotado a taxa de 15% como tolerável, o que durou até julho de 1996, quando, devido às novas tecnologias e ao crescente custo da água, a taxa de perda foi diminuída para menos de 10%

Tsutiya, 2004 mostra a Tabela (4.2) adaptada de Weimer, 2001 e Baggioi, 2002 que é o seguinte:

Tabela 4.2- Índice percentuais de perdas

Índice total de perdas (%)	Classificação do sistema
< 25%	Bom
Entre 25 e 40	Regular
> 40	Ruim

Fonte: Tsutiya, 2004

Na Tabela (4.3) estão dados atualizados das perdas de água em cidades e regiões da Europa de 2007.

Tabela 4.3- Perdas na Europa em 19 de julho de 2007

Países	Perdas (%)
Albania	> 75
Alemanha (média nacional)	8,8
Alemanha ocidental	6,8
Alemanha oriental	15,9
Armenia	50 a 55
Bulgaria	>60
Croacia	30 a 60
Dinamarca	4 a 16
Eslovenia	40
Espanha	22
Finlandia	15
França	30
Hungria	30 a 40
Irlanda	34
Itália	30
Moldavia	40 a 60
Paris	15
Reino Unido	17
Reino Unido	8,4m ³ /km e 243 L/propriedade x dia
Romenia	21 a 40
Sofia, Bulgaria	30 a 40
Ucrania	Em torno de 50%

Na Alemanha segundo Gerlingen, 2001 as perdas são consideradas da seguinte maneira:

- baixas quando estiverem abaixo de 8%;
- médias quando estiverem entre 8% a 15%
- altas quando forem maior que 15%.

Quanto ao monitoramento temos:

- Quando as **perdas forem altas** o monitoramento das perdas reais devem ser feitos **anualmente**;
- quando as **perdas forem médias** o monitoramento deve ser feito **a cada três anos e**
- quando forem **perdas baixas** o monitoramento pode ser **dispensado**.

Nas Figuras (4.1) a (4.5) temos varias informações sobre perdas;

UFW in Some Southern African Cities		
City	Percentage of connections that are metered (%)	Unaccounted for water (%)
Luanda, Angola	40	60
Gaborone, Botswana	100	20
Kinshasa, Democratic Republic of the Congo	76	47
Maseru, Lesotho	97	32
Port Louis, Mauritius	100	45
Maputo, Mozambique	100	34
Windhoek, Namibia	100	11
Greater Victoria, Seychelles	100	26
Mbabane, Swaziland	100	32
Dar Es Salaam, Tanzania	10	60
Lusaka, Zambia	44	56
Harare, Zimbabwe	85	30

Source: Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use: HR Wallingford and DFID, UK (2003)

Figura 4.1- Perdas UFW em alguns países da África conforme Universidade de Loughborough.

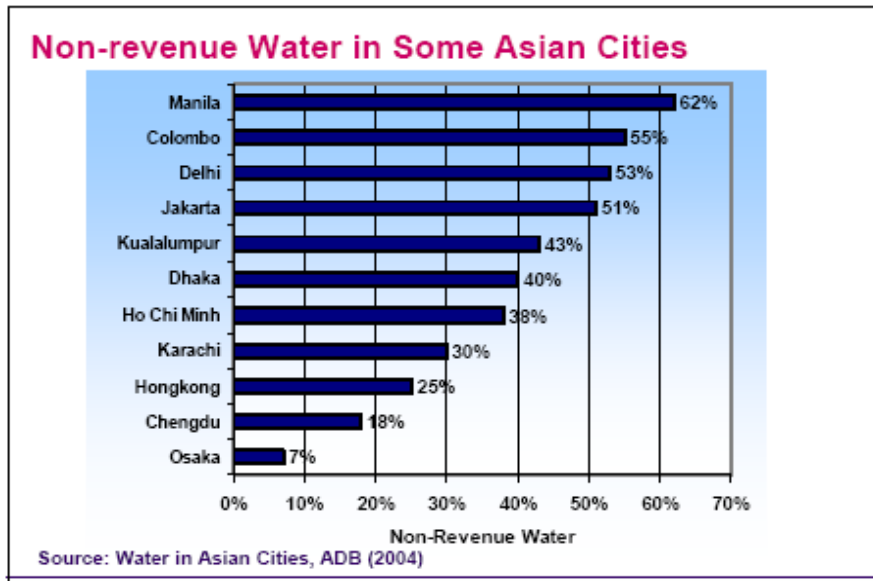


Figura 4.2- Perdas NRW em alguns cidades da Ásia conforme Universidade de Loughborough.

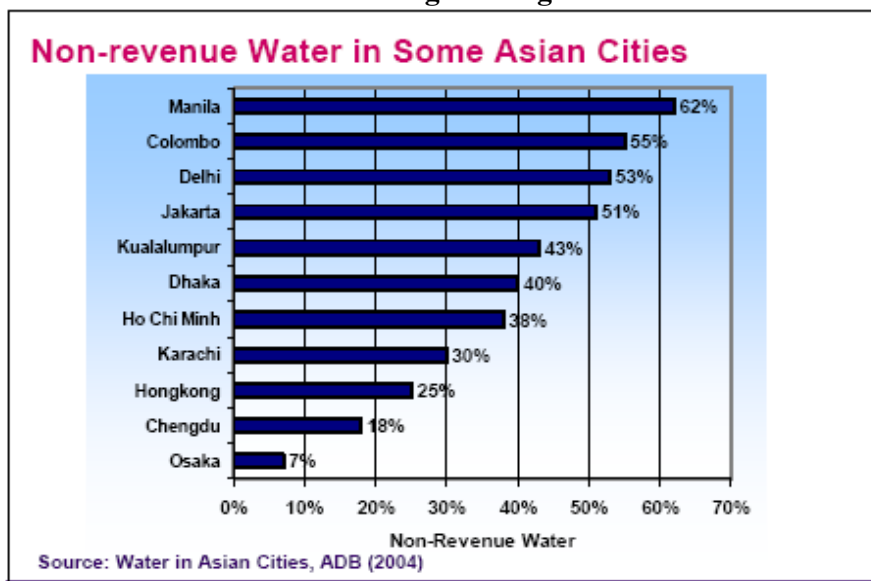


Figura 4.3- Perdas NRW em alguns cidades da Ásia conforme Universidade de Loughborough.

Components of Water Losses (1)

- Good understanding of the relative weights of different components is important for development of a sound water loss reduction program.

Country/City	Year	Components of UFW (%)		
		Physical	Commercial	Total
Singapore	1989	4	7	11
Spain, Barcelona	1988	11	12	23
Colombia, Bogota	1991	14	26	40
Costa Rica, San Jose	1990	21	25	46

Source: Water and Wastewater Utility Data – 2nd Edition 1996 (WB)

Figura 4.4- Componentes de perdas UFW em alguns cidades do mundo conforme Universidade de Loughborough.

Comparison of real loss performance indicators

Source: Liemberger and McKenzie (2005)

Indicator	Vietnam	Indonesia	Sri Lanka
L/conn./day	866	430	519
L/conn./day/m pressure	72	38	48
ILI	79	31	39
NRW (%)	42%	40%	46%

The % losses do not reflect the huge difference in leakage performance of three systems.

Figura 4.5- Índice de performance de perdas NRW em alguns países do mundo conforme Universidade de Loughborough.

A perda em **L/economia x dia** não é muito usada, pois não tem muito significado físico. Um prédio de 50 apartamento tem uma ligação e 50 economia.



Figura 4.6- Prédio com 50 economias e uma ligação de água

Perda em Litros/Km x dia

A perda em **L/km x dia** geralmente é aplicado onde existem poucas ligações por quilômetros de rede, isto é, menos que 20 ligações/km.

Conforme Gerlingen, 2001 a Alemanha considera aceitável perdas entre 0,05 a 0,6m³/hxkm. Baseado na *IWA Blue Pages* a Alemanha tem como limite de perdas de água de 0,25m³/h x km que corresponde aproximadamente a perda máxima de 15% com pressão de 30mca que é a pressão média.

Perda em Litros/ligação x dia

A perda em **L/ligação x dia** é usada onde existem muitas ligações de água, isto é, mais de 20 ligações por quilometro de rede.

A SABESP define o Índice de perdas totais por ramal na distribuição no setor IPDts por:

$$\text{IPDts} = \{[\text{VPms} - (\text{VCms} + \text{VO})] / \text{NLAs}\} \times 1000/30$$

Sendo:

IPDts=índice de perdas totais por ramal na distribuição no setor em L/ramal x dia. Exemplo 550 L/ramal x dia.

VPms= volume produzido no mês no setor em m³/mês.

VO= volume de outros usos informados m³/mês

NLAs= número de ligações ativas no setor

Conforme Gerhard Zimmer in Universidade Loughbouroug em cidades onde o consumo per capita é menor que 150 Litros/dia o guideline depende das condições de qualidade do sistema de distribuição de água:

- Sistema em boas condições < 250 Litros/ligação x dia
- Sistema em condições médias varia de 250 a 450 Litros/ligação x dia
- **Sistema em más condições >450 Litros/ligação x dia**

4.5 Definição de perda conforme IWA

Vamos dar as definições amplamente divulgadas da IWA sobre perdas conforme Balanço de Agua da Figura (4.1).

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

Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluindo água exportada)	Água faturada	
			Consumo faturado não medido		
	Perdas de água	Consumo autorizado não faturado		Consumo não faturado medido	Água não faturada (perdas comerciais)
				Consumo não faturado não medido	
		Perdas aparentes		Uso não autorizado	
				Erros de medição	
		Perdas reais		Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento	
				Perdas reais nas tubulações de adução	
				Perdas reais nas redes de distribuição	
				Perdas reais nos ramais	
	Perdas reais e extravasamentos nos reservatórios				

Figura 4.7- Balanço de água da IWA
 Fonte: Salvo Junior, 2006

System Input Volume	Authorised Consumption	Billed Authorised Consumption	Billed Water Exported		Revenue Water
			Billed Metered Consumption		
			Billed Unmetered Consumption		
		Unbilled Authorised Consumption	Unbilled Metered Consumption		Non Revenue Water
			Unbilled Unmetered Consumption		
	Water Losses	Apparent Losses	Unauthorised Consumption		
			Customer Meter Inaccuracies		
		Real Losses	Leakage on Transmission and Distribution Mains		
			Leakage and Overflows at Storage Tanks		
			Leakage on Service Connections up to point of Customer Meter		

Figura 4.8- Balanço de água da IWA no origem em inglês

Vamos explicar cada item da Figura (4.7) e (4.8).

Volume total de entrada (Água entrada no sistema)

É o volume anual onde entra toda a água tratada que faz parte do sistema de abastecimento de água.

Consumo autorizado

É o consumo anual dos consumidores medido ou estimado bem como outros consumos que foram autorizados.

Perdas de água

È a diferença entre o volume total de entrada e o volume total autorizado. Podemos calcular perda de uma cidade inteira ou partes ou regiões da cidade.

Perda Real: é a antiga perda física. Corresponde ao volume anual de perda de todos os tipos de vazamentos em redes e ligações (superficiais ou subterrâneos) pressurizadas, extravasamento em reservatórios até o ponto onde está instalado o medidor na propriedade do usuário.

Perda aparente: é a antiga perda não-física. Consistem nos volumes consumidos, mas não contabilizados e não autorizados, decorrentes de fraudes do consumidor, falhas de cadastro, ligações clandestinas, ou na imprecisão dos equipamentos dos sistemas de macromedição e micromedição

$$L_t = \sum L_r + \sum L_a$$

Sendo:

L_t = perda total de qualquer sistema de abastecimento de água.

L_r = soma da perda real

La= soma da perda aparente

As perdas reais e aparentes estão assim discriminadas na Tabela (4.4) conforme Universidade de Loughborough. Observar que o conceito de UFW é o mesmo de NRW.

Tabela 4.4- Perdas reais e aparentes em várias cidades em porcentagem

Componentes da perda UFW		Bangdun Indonesia	Chonburi Thailand	Petling Jaya Malaysia
Perdas reais	Redes	21	2	2
	Ligações	10	34	17
Perdas aparentes	Ligações ilegais	6	2	2
	Submedição e cadastro	6	8	15
Perda UFW (%)		43	46	36

Água faturada

É o volume total da água medida ou estimada

Água não faturada

É a diferença entre a água toda de entrada e a água faturada. É a chamada NRW (*non revenue water*).

Consumo autorizado não faturado

São as águas usadas nas descargas de redes de água e de limpeza de reservatórios, bem como as águas usadas em incêndios. Geralmente é um número difícil de se obter com precisão.

Consumo não faturado e não medido

São as ligações de água clandestinas, hidrômetros invertidos, hidrômetros travados, furto de água de hidrantes e corrupção dos leituristas. Estão inclusas nas perdas aparentes.

Erros de medição

Não são erros dos consumidores e sim dos hidrômetros que medem a água que de modo geral possuem erros negativos e positivos, sendo no computo geral negativos, isto é, prejudicam a concessionária de água.

O balanço de água é feito para **intervalo de confiança de 95% de probabilidade**.

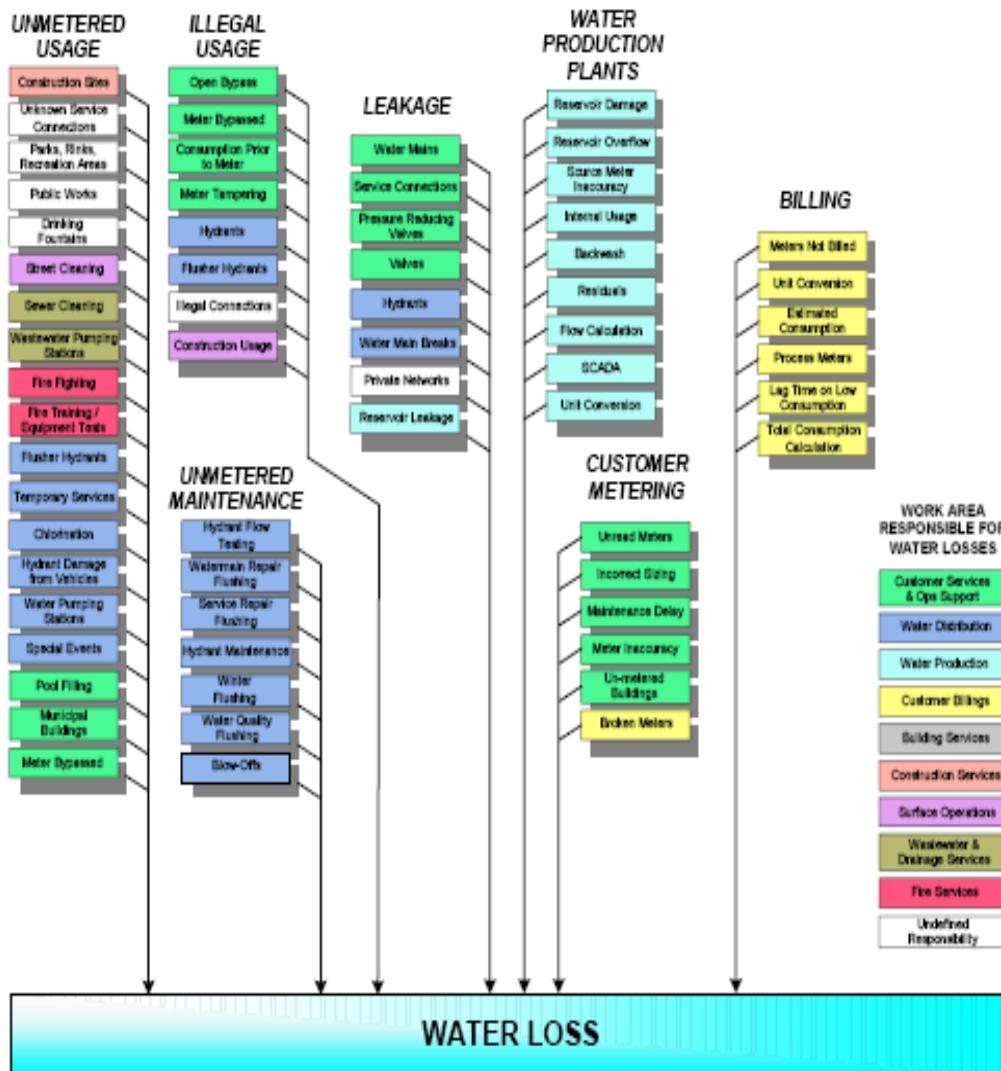


Figura 4.9- Perdas de água. Podemos ver os itens mais apurados embora estejam na língua inglesa.

4.6 Consumo de água

Na Tabela (4.5) estão as médias de consumo doméstico de alguns países e de toda a Europa, observando-se que a média Européia é de 150 L/dia x hab, muito parecida com a média brasileira.

Tabela 4.5- Média de consumo em 19 de julho de 2007

Pais	Média de consumo (L/dia x hab)
Espanha	260
Lituânia	90
França	160
Alemanha	120
Média da Europa	150

O uso da água em três países da Europa estão na Tabela (4.6). Podemos observar que o consumo das *toilet* (bacias sanitárias) está entre 14% a 33% do consumo total.

Tabela 4.6- Uso da água na Europa em 19 de julho de 2007

	Ingllaterra (%)	Finlândia (%)	Suíça (%)
<i>Toilet</i>	33	14	33
Banho+chuveiro	20	29	32
Máquina de lavar roupas e pratos	14	30	16
Beber e cozinhar	3	4	3
Vários	27	21	14
Uso externo	3	2	2

Na Europa em média a descarga nas bacias sanitárias é de 9 litros. Para o banho se gasta de 16litros a 50 litros conforme se pode ver na Tabela (4.7).

Tabela 4.7- Uso da água na Europa em 19 de julho de 2007

	Ingllaterra	Finlândia	França	Alemanha
Toilet	9,5L/descarga	6	9	9
Máquina de lavar roupa	80L/ ciclo	74 a 117	75	72 a 90
Lavar pratos	35 L/ ciclo	25	24	27 a 47
Chuveiro	35 L/banho	60	16	30 a 50
Banheira	80 L/banho			

4.7 Comentários

Em síntese, os comentários a respeito de cada tipo de perda são os seguintes:

Vazamentos: são as perdas físicas ou perdas reais verificadas nas redes e nos ramais prediais. As demais causas de perdas demonstraram-se insignificantes ou inexistentes;

Macromedição: são os erros nos medidores instalados em tubulações primárias.

Micromedição: neste tema encontram-se englobados os diversos aspectos correlacionados com o sistema atual de micromedição, incluindo perdas inerentes ao sistema (existência de caixas d'água em 80% dos domicílios e as próprias características dos hidrômetros) e deficiências atuais, como, por exemplo: hidrômetros inclinados, hidrômetros com idade de utilização vencida, hidrômetros avariados e afins;

Habitações subnormais: são as favelas ou comunidades.

Gestão comercial: neste âmbito, enquadram-se várias causas de perdas aparente, como, por exemplo: o não-cadastramento em tempo real das novas ligações, ligações reativas clandestinas, deficiências diversas de cadastro, política de cobrança, subavaliações e fraudes de diversos tipos.

Como pode ser verificado na Tabela (4.7), 51% das perdas são Reais e 49% são perdas aparentes. As perdas reais são vazamentos (redes e ligações) e constituem

praticamente 47,6%. As ligações clandestinas em habitações subnormais (favelas) correspondem a 3,4 % das perdas .

As perdas aparentes somam 49% e decorrem de erros na macromedicação (5,3%), erros na micromedicação (20,3%), falhas de cadastro em habitações subnormais (6,3%) e falhas do cadastro do usuário em gestão comercial (17,1%).

Como as perdas estão relacionadas ao total do sistema operado e, como elas constituem 40% deste, faremos, então, um quadro um pouco diferente, no qual podem ser melhor observadas as porcentagens de perdas d'água na Tabela (4.8).

Tabela 4.8 Exemplo de Perdas Real e Aparente

Tipo de perda	(%)	Perdas Real (%)	Perdas aparentes (%)
Vazamentos	19,04	19,04	-
Macromedicação	2,12	-	2,12
Micromedicação	8,12	-	8,12
Habitações subnormais	3,88	1,36	2,52
Gestão comercial	6,84	-	6,84
Total	40,0%	20,4	19,6

Na tabela anterior, pode ser observado que as perdas d'água por vazamentos são de 19,04% e que as perdas por ligações clandestinas em favelas é de 1,36%, totalizando 20,4%.

4.8 Perdas por erros na micromedição do SAAE Guarulhos

Foram escolhidos, aleatoriamente, cem hidrômetros residenciais de $3\text{m}^3/\text{h} \times \frac{3}{4}"$, segundo recomendação do manual *Medições e Detecção de Vazamentos (Audits and Leak Detection)*, da AWWA. O erro médio encontrado foi de 6% para o consumo residencial, incluindo hidrômetros inclinados. A estes erros deve ser acrescido os erros nos hidrômetros inclinados de 1,46% e a presença de caixas de água totalizando 11,52% de erros na micromedição conforme Tabela (4.9).

Tabela 4.9- Perda por micromedição do SAAE de Guarulhos em 1995.

Perdas por micromedição em Guarulhos	Porcentagem em relação ao total de perdas
Presença de caixas d'água	4,06
Condições médias dos hidrômetros	6,00
Inclinação dos hidrômetros	1,46
Total	11,52 %

Quando da presença das caixas d'água, o problema é praticamente impossível de resolver, a não ser com o uso de hidrômetros mais sensíveis, tais como da Classe Metrológica "B", que têm vazão mínima de 30 L/h ao invés de 40 L/h, de Classe Metrológica "A".

Acreditamos que, na micromedição, o máximo que podemos fazer é passar de 11,52% para 6% do total de perdas d'água.

Para a IWA é muito importante a confiabilidade dos medidores.

Dica: para a Sabesp os grandes consumidores somam 1% das ligações de água, mas produzem 15% do faturamento.

Dica: para a Sabesp a perda somente no medidor é maior que 3%.

Para hidrômetros inclinados pesquisas feitas pela Sabesp mostraram que aproximadamente **20% dos hidrômetros estão inclinados.**

Conforme Universidade de Loughborough as perdas aparentes no sistema de distribuição de água na África do Sul devido aos hidrômetros conforme Tabela (4.10)

Tabela 4.10- Perdas aparentes nos hidrômetros devido a idade e qualidade da água na África do Sul.

Vida do hidrômetro	Qualidade boa da água	Qualidade pobre da água
Hidrômetros > 10anos	8%	10%
Hidrômetros 5 a 10anos	4%	8%
Hidrômetros < 5anos	2%	4%

Podemos observar conforme Tabela (4.10) que as perdas aparentes no medidor com mais de 10anos é de 8%,

As fraudes em ligações de água na África do Sul conforme a Universidade Loughborough está na Tabela (4.11).

Tabela 4.11- Fraudes nas ligações e porcentagem das perdas aparentes na África do Sul

Fraudes nas ligações	Porcentagem de perdas aparentes
Muito alta	10%
Alta	8%
Média	6%
Baixa	4%
Muito baixa	2%

As perdas de água aparentes devido a falhas no cadastro estão na Tabela (4.12).

Tabela 4.12- Falhas no cadastro das ligações e porcentagem das perdas aparentes na África do Sul

Falhas nos cadastros dos usuários	Porcentagem de perdas aparentes
Grande	8%
Média	5%
Pequena	2%

As perdas aparentes para Guarulhos conforme a África do Sul podem ser de 20% sendo 8% devido aos medidores, 6% devido a fraudes em ligações e 4% devido a erro de cadastramento.

4.9 Determinação de parâmetros de execução de vazamentos

As pesquisas elaboradas durante três meses e finalizadas em julho de 1993, no Departamento de Manutenção do SAAE de Guarulhos, chegaram às seguintes conclusões (aproximadas) que estão na Tabela (4.13). Observa-se que nas redes de água temos somente 9% dos vazamentos mas que correspondem a 48% do volume de água perdido.

Tabela 4.13- Quantidade de vazamentos e água perdida

Pesquisa SAAE de vazamentos	Quantidade de vazamentos (%)	Volume de água perdida estimada (%)
em rede	9%	48%
em ramais prediais	91%	52%
Total	100%	100%

Foram calculados os volumes perdidos nas redes e ligações por método estimativo, com base em cálculos de orifícios da AWWA.

Dica: A Sabesp adota 10% para vazamentos em redes e 90% para vazamentos em ligações.

Fraudes

A Sabesp em pesquisas elaboradas achou que **13% da perda aparente é devida as fraudes.**

Reabilitação de redes

Como pode ser observado no quadro acima, mais de 90% dos vazamentos são decorrentes de ramais prediais, devendo ser priorizado o combate aos vazamentos nas ligações, ao invés de proceder ao remanejamento de redes distribuidoras.

Reabilitação dos ramais prediais

A troca sistemática de ramais prediais antigos, de ferro galvanizado, por ramais de polietileno de alta densidade (PEAD) deverá prosseguir. As pesquisas na SABESP demonstraram, também, grande taxa de vazamento em ramais de PEAD recentemente instalados, os quais também deverão ser trocados.

Rodízios

Foi demonstrado pela Sabesp que, nas regiões submetidas a **rodízios** de abastecimento de água induz a um notável incremento de perdas (físicas e não-físicas), tendo sido este fenômeno uma das causas do incremento de perdas nos últimos anos.

A afirmação da Sabesp de que os rodízios fazem com que os micromedidas marquem a mais conforme Tabela (4.14).

Tabela 4.14- Número de rodízios e influência do ar

Número de dias com água	Número de dias sem água	Número de rodízios no mês	Aumento do consumo de água devido a influência do ar
2	1	10	2%
1	1	15	3%
0,5	0,5	30	6%
1	2	10	2%

Ampliação ou implantação de sistemas produtores

Portanto, além do combate às perdas d'água, não deve ser esquecido a necessidade de novos sistemas produtores, a fim de serem evitados os chamados **rodízios** no abastecimento de água.

4.10 Redução das perdas reais nas redes e ligações de água

Como foi verificado, cerca de 50% das perdas reais deve-se a vazamentos nas redes e ligações de água.

A Sabesp fez estudos sobre as pressões das redes de água e verificou que 30% da rede têm pressões superiores a 60mca. As perdas de água ocorrem 40% a mais nas áreas que têm pressões superiores a 60mca. É muito importante que seja realizado o rebaixamento de pressões com a utilização de válvulas reguladoras (RPV).

Em Guarulhos, estimamos que somente 20% da rede de água, de 422 quilômetros, possuem pressão maior que 60 mca.

As redes de distribuição de Guarulhos, em 1995, apresentaram a seguinte disposição, conforme o material da tubulação conforme Tabela (4.15).

Tabela 4.15- Redes do SAAE em 1995

Material	Comprimento (km)	SAAE (%)
Aço	14	0,86
Ferro Fundido	691	42,65
Fibrocimento	4	0,25
PVC	911	56,24
Total	1.620	100,00 %

Tomando como base o ano de 2008 a rede do SAAE é praticamente nova, isto é, possui menos de 30 anos. Somente cerca de 40 km de rede de ferro fundido têm em torno de 36 anos de idade, o que não é muito (2,47%).

Pesquisas feitas na Sabesp sobre vazamentos invisíveis estão resumidas na Tabela (4.16).

Tabela 4.16- Vazamentos invisíveis na SABESP em 1993

Discriminação	Redes nova de PVC com menos de 30 anos e pressão menor que 60 mca	Redes velhas de ferro fundido com mais de 30 anos e pressão maior que 60 mca
extensão de rede pesquisada (km)	94,86	247,85
número de vazamentos encontrados		
- rede	5	79
- ramais	69	294
vazamentos /km		
- rede	0,05	0,32
- ramais	0,73	1,19
- total	0,78	1,51
custos unitários		
- pesquisa US\$/km	551	551
- conserto rede US\$/un	350	350
- substituição ramal US\$/un	266	266
custos unitários por km de rede		
- pesquisa	551,0	112,0
- conserto de rede	17,5	315,2
- conserto de ramal com substituição	194,18	
Total	762,68US\$ /km	978,2 US\$ /km
vazão recuperadora por km	1,22 m ³ /h	2,63 m ³ /h

O custo da pesquisa de vazamentos está embasado em relatórios da Ambitec (SABESP), e foi de US\$ 551,00 por quilômetro de rede e que para o ano 2009 chegaria US\$ 680,00/km.

O custo do reparo do ramal predial foi de US\$ 266,00 por unidade, considerando a substituição completa do ramal e um acréscimo de preço de 100%.

O custo de reparo da rede distribuidora foi de US\$ 350,00 por unidade, levando em consideração os preços de materiais e serviços, incluindo pavimentação.

A SABESP escolheu duas situações características: redes novas de PVC com menos de 30 anos e pressões dentro das normas e redes antigas de ferro fundido, com mais de 30 anos e pressões maiores do que 60 mca.

Os resultados são evidentes, pois pode ser verificado que as redes novas de PVC, com menos de 30 anos, têm vazão recuperadora de 1,22 m³/h, enquanto as redes antigas de ferro fundido, com pressão maior, têm 2,63 m³/h, isto é, possuem mais perdas d'água.

É fundamental lembrar que a Sabesp encontrou 0,78 vazamento/km nas redes novas e 1,51 vazamento/km nas redes antigas, relativos a vazamentos invisíveis.

No SAAE, para as medições de vazamentos visíveis e invisíveis, que são executadas anualmente, a média é de 0,55 vazamentos por rede/km e 5,79 vazamentos por ramais prediais/km conforme Tabela (4.17).

Tabela 4.17-Vazamentos/km SAAE 1995

Tipos de vazamentos	Vazamentos/km SAAE (visíveis)
redes	0,55
ramais prediais	5,79
Totais	6,34

Tabela 4.18- Preços unitários, quantidade e preços totais

Discriminação	Preços unitários US\$	Quantidade	Preços totais US\$
Extensão a pesquisar para recuperar 0,1 m³/s (100 L/s)	-	240 km	-
Custos Pesquisa	551 / km	240 km	132.240,00
Reparo de ramais	194,18 / un.	286 un.	55.535,00
Reparo de rede	17,5 / un.	70 un.	1.225,00
Custo Total	-	-	US\$ 189.900,00
Volume recuperado por ano		3.153.600 m³	
Benefício à base de US\$ 0,32/m³		US\$ 1.009.152,00/ano	

Verifica-se que a relação benefício/custo é igual a US\$ 1.009.152,00/189.900,00 ou seja, 5,3, o que mostra que os serviços são viáveis e que o custo de US\$ 189.900,00 nos dará uma economia de US\$ 1.009.152,00 durante um ano.

Basta pesquisar 240 quilômetros de rede de água para se ter uma economia de 100 l/s.

Para cada dólar aplicado, teremos cinco dólares de economia de pagamento de água à SABESP.

Para a previsão de vazamentos em redes e ligações, tomamos a pior situação, ou seja, redes com mais de 60 mca e mais de 30 anos.

Considerou-se somente o custo do metro cúbico da água adquirida da SABESP, que é de US\$ 0,32/m³. Não foram levados em conta os custos de bombeamento com energia elétrica, operação e manutenção.

A pesquisa de vazamentos invisíveis deverá começar nas áreas que possuem mais água disponível e naquelas que têm maiores pressões, principalmente nos 324 quilômetros de rede de água com pressão superior a 60 mca (20% da rede).

Nestas regiões, deverão ser instaladas válvulas redutoras de pressão, sendo previsto o custo unitário de US\$ 10.000,00.

Dica: a Sabesp pesquisando rede com detectores de vazamentos conseguiu achar 1,2 vazamentos/km de rede.

4.11 Parâmetros

Pesquisas em tubos de ferro fundido: 4 km/dia/equipe

Pesquisas em tubos de PVC: 2 km/dia/equipe

Custo médio com o uso do correlacionador de ruído de vazamento (*Leak Noise Correlator*): US\$ 551,00/km de rede linear

Custo médio com o uso do geofone mecânico : US\$ 300,00/ km de rede linear

Preço que SAAE paga a SABESP: US\$ 0,32/m³ (dados de 16/3/95)

Custo médio domiciliar que o SAAE vende aos usuários: US\$ 0,68/m³ (dados de 16/3/95)

4.12 Controle de vazamento: ativo e passivo

Quando um usuário liga para a concessionária de água por que viu um vazamento na rua, temos o controle de vazamento **passivo**. Ele deve ser reparado com o mínimo tempo possível.

Mas existe o controle de vazamento **ativo**, que são as técnicas para achar vazamentos que não foram informados pelos consumidores. São geralmente vazamentos invisíveis achados através de pesquisas rotineiras. Deve ser estabelecidas prioridades para a detecção de vazamentos invisíveis usando as tecnologias disponíveis.

4.13 Dilema em redes e ligações: reparar ou substituir

A *IWA Task Force* através de Jo Parker discute sobre a Figura (4.10). Temos quatro estratégias para reduzir os vazamentos:

- **Detecção ativa de vazamentos**
- **Controle das pressões nas redes de distribuição**
- **Velocidade e qualidade da execução dos reparos**
- **Renovação das redes**



Figura 4.10- Estratégias para controle de perdas
Fonte: IWA Task Force

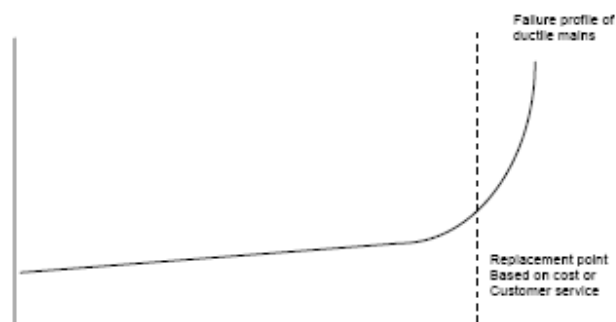


Figura 4.11- Ponto crítico de uma tubulação de ferro onde começa a ser favorável a substituição da tubulação.

Na Figura (4.11) para uma tubulação de ferro durante os primeiros anos não haverá problema na tubulação até chegar um ponto crítico em que a quantidade de vazamentos será muito grande. Este ponto crítico é complexo e difícil de ser obtido com precisão.

4.14 Reabilitação de redes de água

Há basicamente três métodos de reabilitação de redes de água:

- limpeza,
- renovação e
- substituição.

A limpeza é feita ou através de descargas na rede, ou limpeza com *polypig* ou algum sistema de jateamento.

A renovação da rede é feita através do seu revestimento com argamassa de cimento e areia, resinas epoxis, ou outros processos. A substituição das tubulações pode ser feita por métodos destrutivos ou não. Nos métodos não-destrutivos, não são abertas valas e instalam-se novas tubulações aproveitando, ou não, a tubulação existente.

A reabilitação de redes de água é muito importante. Na Europa, recomenda-se taxa anual de reabilitação de redes de água de 1,5% a 2% ao ano.

Pesquisas feitas em 32 cidades pela IWSA, mostraram que a média de reabilitação é de 1,2% da tubulação existente, sendo que 70% consistem na substituição das tubulações e os restantes 30% consistem em renovação através de revestimento com argamassa de cimento e areia.

Apresentamos, na Tabela (4.19), dados de reabilitações de redes de água em várias cidades da Europa (IWSA-14/setembro/1995).

Tabela 4.19 Taxa de reposição e vazamento (kmxano)

Pesquisa na Europa 1988-1994	Compr. da rede	Rede Vaz/km/ano	Idade Média da rede de água (anos)	Taxa de reposição (%)	Expectativa de vida (anos)
Zurique	1.090	0,25	45	1,7	60
Amsterdã	2.000	0,70	40	1,7	60
Viena	3.000	0,91	40	1,2	85
Genebra	1.180	0,15	30	1,0	100
Hamburgo	5.420	0,92	40	0,9	110
Munique	3.200	0,15	45	0,8	125
Milão	2.200	0,35	40	0,7	145
Antuérpia	2.060	0,15	30	0,6	165
Budapeste	4.200	0,25	40	0,2	500
Londres	28.700	0,20	70	0,1	1000

Dica: a Sabesp adota vida útil de 50anos para material de rede e reabilitação de 1% ao ano.

A expectativa de vida dos materiais usados nas redes, segundo a IWSA, é a seguinte:

Tabela 4.20- Expectativa de vida de diversos materiais

Materiais	Expectativa de vida (anos)
Ferro fundido cinzento	20 a 180
Ferro fundido dúctil (simples proteção)	20 a 120
Ferro fundido dúctil (proteção integral)	40 a 200
Aço	40 a 120
Polietileno	40 a 100
Proteção interna e externa das tubulações.	20 a 60

Para a reabilitação das redes de água é importante a sua substituição após alguns anos de uso.

Para a substituição de redes, adotaremos o índice de 1% ao ano de substituições parciais das tubulações. Este procedimento garantirá às redes uma expectativa média de vida de cem anos. Assim, anualmente, deverão ser trocados 16 quilômetros de rede de água, de um total de 1.620 quilômetros.

Um dos grandes problemas que temos, atualmente, diz respeito aos critérios seguros utilizados para estabelecer quais as redes que serão substituídas ou renovadas.

Os critérios mais modernos baseiam-se na frequência dos vazamentos. A estimativa do número de vazamentos para uma tubulação depende basicamente de seis fatores:

- a) qualidade da tubulação, diâmetro e idade;
- b) qualidade da mão-de-obra de assentamento das tubulações;
- c) condições ambientais, tais como: corrosão do solo e cargas externas;
- d) condições operacionais, tais como: pressão interna, golpe de aríete;
- e) influência do clima, devido às tensões causadas pelo calor e frio;
- f) número de vazamentos ocorridos anteriormente.

Já foi comprovado que a idade das redes é um agravante dos índices de vazamentos de água e podemos dizer que estão relacionados à sua idade.

Quando há dois, três ou quatro vazamentos num determinado trecho de tubulação podemos dizer que são decorrentes da idade da tubulação, porém com menos influência. Mas, quando há mais de quatro vazamentos em uma tubulação, o risco de vazamentos não depende mais da **idade da tubulação e sim de um conjunto de outros fatores.**

Em 1997, pesquisas feitas na Suécia indicaram que os vazamentos de água se aglutinam em certas áreas formando **clusters**. As causas são: a má qualidade da mão-de-obra, a baixa qualidade da tubulação e as condições ambientais e operacionais. Outras duas causas estão sendo investigadas. A primeira, são os distúrbios que ocorrem quando o tubo é reparado.

As mudanças da pressão da água e as condições do solo poderão causar um novo vazamento, próximo ao anterior, após um período de tempo, podendo ocorrer ainda outros. A segunda causa, é a ocorrência de vazamentos em uma tubulação específica.

Estudos feitos nos Estados Unidos mostraram que o número de vazamentos varia em diferentes áreas de um determinado serviço de água, e que a maioria dos vazamentos ocorre em um número limitado de tubulações. Estudos na França dizem que 70% dos

vazamentos em uma rede de água provavelmente ocorrerão em uma rede onde já houve um vazamento anterior.

Estudos realizados na Suécia e na Inglaterra mostraram que os vazamentos se distribuem na municipalidade em aglomerações. As possíveis causas podem ser atribuídas a três situações:

- a) impacto da localização geográfica;
- b) impacto de vários vazamentos em uma tubulação;
- c) impacto de vazamentos nas tubulações adjacentes.

Impacto da localização geográfica:

As pesquisas mostraram que as áreas mais densas e com mais ligações de água têm mais vazamentos.

Impacto de vários vazamentos em uma tubulação:

As pesquisas mostraram que é muito difícil analisar as causas dos repetidos vazamentos em uma rede, considerando o intervalo entre os mesmos.

Impacto de vazamentos nas tubulações adjacentes:

A manutenção e o reparo de vazamentos de água ocasionam novos vazamentos. Durante o reparo, há um distúrbio das pressões internas da tubulação e do solo adjacente. Estas perturbações aumentam as tensões nos tubos próximos e causam os futuros vazamentos.

Quando isto acontece várias vezes, temos uma aglutinação de vazamentos. Como exemplo, na cidade de Winnipeg do Canadá, foi observado que **46% dos vazamentos ocorreram a 20 metros do outro vazamento**. Ainda mais, 42% dos vazamentos ocorreram a um metro do vazamento anterior, após um dia.

Estudo semelhante também foi feito na Suécia, na cidade de Malmo, onde 41% dos vazamentos ocorreram numa faixa de 200 metros, num período de seis meses.

Portanto, quando temos que fazer a reabilitação de redes, principalmente nas decisões de substituição de redes, é importante lembrar que os vazamentos se aglutinam geograficamente.

Na Tabela (4.16) estão dados da Alemanha conforme Galinger, 2001 que mostra que a média de vazamentos de rede de água é de 0,18 vazamentos/km x ano e que temos 7,58 vazamentos em cada 1000 ligações de água por ano.

Tabela 4.21- Vazamentos em redes e ligações na Alemanha segundo Galinger, 2001

Material de rede de água	Km de rede de água	Vazamentos de água	Vazamentos/kmxano
Tubos de ferro fundido cinzento	21173	5658	0,267
Tubos de ferro fundido dúctil	13958	375	0,027
Tubos de aço	4799	1602	0,334
Tubos de polietileno	1350	250	0,185
Tubos de PVC	4072	183	0,045
Tubos galvanizados	2267	503	0,222
	47619	8571	0,180
Material de ligações de água	Número de ligações	Número de vazamentos	Vazamentos por 1000 ligações
Tubos de aço	556468	5744	10,32
Tubos de polietileno	577064	2086	3,61
Tubos de PVC	68848	101	1,47
Tubos de chumbo	124584	2915	23,40
Outros	207928	787	3,78
	1534892	11633	7,58

4.15 Manutenção das redes de água

A falta de manutenção das redes de água é notada, fundamentalmente, quando ocorre alguma falha.

A prevenção sistemática de possíveis falhas é menos custosa do que o conserto das redes. Ela deverá contemplar:

- a detecção e reparo dos vazamentos invisíveis;
- o controle e reparo de hidrantes;
- a construção de caixas de registros ;
- o reparo de caixas de registros;
- o reparo de registros e peças especiais.

Dica: a Sabesp consegue consertar um vazamento em 30h.

4.16 Influência da pressão, idade e material nos vazamentos de água

Em 1988, a firma Coplasa realizou, para a SABESP, estudo de setorização. Vamos descrever, sucintamente, os resultados dessa pesquisa.

A SABESP estabelecia os seguintes parâmetros:

- pressões estáticas máximas de 50 mca, com tolerância de até 60 mca, para áreas abrangendo 10% dessa zona de pressão, e até 75 mca, para áreas abrangendo 5%.
- pressões dinâmicas mínimas de 15 mca, com tolerância de até 10 mca para áreas abrangendo 10% dessa zona de pressão, e até 7 mca, para áreas abrangendo 5%.

A Coplasa S.A. Engenharia de Projetos, apresentou para a SABESP em junho de 1988 no Seminário da Superintendência de Distribuição e Coleta da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o tema 1, denominado Setorização da RMSP.

O estudo abrangeu 662 km de rede de água da capital de São Paulo, abrangendo os setores de abastecimento de água da Água Branca, Vila Alpina, Vila Medeiros, Cidade Vargas e Jaraguá. A escolha destes setores visaram conduzir a amostragem para valores próximos da média geral de distribuição.

Foi constatada a ocorrência de 88% de vazamentos em ligações prediais. Os resultados de comparação de vazamentos, por faixa de pressões, são bastante interessantes conforme Tabela (4.22).

Tabela 4.22- Vazamento/kmx ano conforme a pressão

Faixa de pressão (mca)	Rede Vaz/km/ano	Correlação com a primeira faixa	Ramal predial vaz/km/ano	Correlação com a primeira faixa
0 a 30	0,67	1,00	6,86	1,00
31 a 45	0,93	1,40	7,51	1,10
46 a 60	1,17	1,75	8,38	1,22
61 a 75	1,70	2,5	9,35	1,36

Observa-se que, a partir de 60 mca, o índice de vazamentos/km/ano nas redes de distribuição dá um salto, sendo 2,5 vezes maior do que o índice de falhas observado na faixa de 0 a 30 mca. Este mesmo índice, para ligações prediais, é apenas 36% superior.

Em resumo, **a rede de distribuição parece ser muito mais sensível às elevadas pressões do que às ligações prediais.**

A Coplasa também examinou a ocorrência de falhas relacionadas à idade da rede de água .

Tabela 4.23- Vazamento conforme faixa de idade

Faixa de idade (ano)	Rede de água vazamento/km/ano	Correlação com primeira faixa
0 a 10	0,70	-
11 a 15	0,62	-
16 a 20	0,81	1,16
21 a 25	1,40	2,00
26 a 30	1,45	2,07
> 30	2,41	3,44

Os elevados índices observados nas faixas acima de 21 anos devem ser creditados, em sua maior parte, aos vazamentos nas juntas de chumbo dos tubos de ferro fundido, os quais correspondem à quase totalidade da extensão das redes desta faixa.

A Coplasa também realizou estudos sobre a qualidade dos materiais:

Tabela 4.24- Vazamentos por km/ano conforme os materiais

Material	Rede de água vaz/km/ano
Ferro fundido até 1970	1,43
Ferro dúctil após 1970	0,68
PVC	0,74
Aço	0,48

Outra pesquisa realizada pela Coplasa diz respeito ao diâmetro das redes de água. A conclusão foi que as maiores falhas, ou seja, 1,24vaz/km/ano, aconteciam em diâmetros pequenos, isto é, até 100mm.

As redes pesquisadas pela Coplasa, para a SABESP, foram as seguintes:

Tabela 4.25- Extensão de rede de água pesquisadas pela Coplasa

Discriminação	Extensão de rede de água (km)	(%)
Redes pesquisadas	1.815	-
Redes com idade superior a 30 anos	257	14
Rede com pressão superior a 60 mca	401	22

A Coplasa chegou às seguintes conclusões:

- existem mais vazamentos (quantidade) em ligações prediais do que em rede de água;
- quando a pressão na rede é maior que 60 mca, o índice de vazamentos é 2,5 superior ao índice da faixa de pressão entre 0 a 30 mca;
- os tubos com mais de 30 anos apresentam três vezes mais vazamentos do que os encontrados na faixa de 20 anos;
- a quantidade de vazamentos é maior nos tubos de ferro fundido instalados até 1970, em comparação ao que ocorre nos tubos de ferro fundido dúctil, aço e PVC;
- a extensão dos trechos críticos atinge de 15 a 20% do total das redes em operação.

4.17 Sistema de monitoramento das redes para detecção de vazamentos

Em 1970, em Plymouth (Inglaterra), a firma inglesa *South West Water Services Limited* começou a escrever uma série de relatórios técnicos sobre o monitoramento de redes para detecção de vazamentos em todo o país.

Estes relatórios são “a bíblia” dos conhecimentos sobre este assunto.

Um deles é o famoso *Report 26*, publicado pela primeira vez em 1980, pelo Conselho Nacional de Água da Inglaterra.

Nele está explicada a metodologia para decisão de um nível econômico para detecção de vazamentos em áreas de controle. Foi introduzido o conceito da vazão mínima noturna em uma área de controle.

A *South West Services Limited* divide o abastecimento de água em zonas (*Water Into Supply- WIS*) com população de 21 mil habitantes ou menos.

Secundariamente, a região é dividida em pequenos distritos chamados *District Meter Areas* (DMA), com população aproximada de 3 mil habitantes.

Na divisão primária, chamada WIS, são instalados medidores de pressão diferencial ou eletromagnéticos para medição fixa. Anualmente, os medidores são recalibrados. A medição de pressão é instantânea e acontece a cada dez segundos.

A medição de vazão é medida com intervalos de 15min. Por telemetria, os dados são passados a uma central de comando.

Nos DMA, os medidores são instalados com uma bateria e as medidas são feitas por poderosos aparelhos chamados *data loggers*. A cada três meses, os *data loggers* são retirados e os dados são transferidos para um computador PC portátil.

Através do *software LAS - Leakage Analysis Software*, é feita a análise dos dados coletados pelo *data logger*, instalado no DMA.

Localizado o DMA com mais perdas previstas, são usados métodos tradicionais para detecção de vazamentos, tais como o uso do geofone e do *leak noise correlator*.

É interessante notar, também que a *South West Water Services Limited* possui um controle de válvulas redutoras de pressão (PRV) via telemetria. Existe, inclusive, um controle especial destas válvulas, ajustadas automaticamente 24 horas por dia, com o objetivo de diminuir as perdas de água durante a noite. **Uma economia entre 12% a 23% já foi constatada com o uso automático do PRV.**

Em suma, temos:

- custos menores do que um programa alternativo de busca por geofone ou *leak noise correlator*;
- poucas perdas de água por vazamentos, já que a detecção dos maiores vazamentos é feita rapidamente;
- uma redução dos reparos de emergência;
- várias medidas do nível de vazamentos dos WIS, as quais fornecerão medidas adequadas ao administrador, possibilitando a pesquisa da área certa e evitando desperdício de tempo, geofonando áreas de pouco vazamentos;
- necessidade do uso da telemetria (WIS) e do *data logger* em campo (DMA).

4.18 Distribuição das perdas

As perdas de água podem ser distribuídas seguindo a tipologia da tabela abaixo:

Tabela 4.26- Tipos de perdas de água

Tipo de perda	(%)
Vazamentos	19,04
Macromedição	2,12
Micromedição	8,12
Habitações subnormais	3,88
Gestão comercial	6,84
Total	40,0%

4.19 Favelas

Em 1995, Guarulhos possuía 240 núcleos de favelas, com 25.921 barracos e 127.013 favelados, o que correspondia a 12% da população urbana. A média de ocupação desses núcleos era de 4,9 pessoas/barraco.

Segundo pesquisa realizada por mim, em 1996, a média de 26,12 m³/mês por barraco com desvio padrão de 29,78 m³/mês em 100 amostras.

Estudos feitos na SABESP concluíram que o consumo de água de cada barraco varia de 11 a 37m³/mês, com uma média de consumo de 21,6 m³/mês. Somente um recadastramento corrigiria esta falha, pois deve estar havendo muito desperdício de água por partes dos moradores como um barraco servindo de água outro barraco pelo mesmo hidrômetro, pois, o consumo de água médio dos barracos está muito alto.

4.20 Índice de vazamentos: ILI

Um índice muito usado para vazamentos em redes de água é o índice ILI, que mede de que maneira que é feita a gestão de uma rede de distribuição para o controle das perdas reais nas condições de pressão existente. É o melhor índice que existe e foi introduzido em 1999.

O índice ILI não pode ser usado em locais que tenham mais de 5.000 ligações de água, haja mais de 20 ligações/km de rede e que a pressão na rede seja mínima de 25mca.

O índice ILI é a relação:

$$\text{ILI (Infrastructure Leakage Index)} = \text{TIRL} / \text{UARL}$$

Sendo:

ILI= infrastructure leakage index que é número adimensional

TIRL= volume anual de perdas reais /Nc quando a rede está pressurizada. É empregado geralmente nas unidades Litros/ligação x dia.

Nc= número de conexões ou ligações de água

UARL= volume anual de perdas reais que não podem ser evitadas em Litros/ligação x dia, isto é, na mesma unidade de TIRL.

É uma condição imposta que haja pressão em toda a rede para o emprego do ILI.

UARL

É impossível eliminar todos os vazamentos em um sistema grande de distribuição de água. O UARL é o volume que pode ser conseguido nas condições de pressão da rede de distribuição, volume este que é inevitável. Depende do comprimento de rede, comprimento das ligações de água e da pressão média da rede.

Quando o sistema de distribuição de água em pressão, o UARL pode ser definido em litros/dia da seguinte forma:

$$\text{UARL} = (18 \times L_m + 0,80 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

Sendo:

UARL= litros/dia

L_m =comprimento das redes em km

N_c = numero de ligações de água

L_p = comprimento total das ligações de água em km desde o limite da rua até o medidor

P = pressão média operacional em metros

O valor 18; 0,80 e 25 foram obtidos através de análise estatística em 19 países com 27 serviços de abastecimento de água, sendo números bastante confiáveis para serem usados. A pressão média de operação estava entre 20mca a 100mca; a densidade de ligações estava entre 10 a 120 ligações/km de rede e os medidores dos consumidores estavam localizados entre 0 a 30m da divisa da rua conforme Universidade de Loughborough.

O valor do índice ILI=1 para um serviço de água de boa qualidade. O índice tem faixa que varia de 1 a 10 aproximadamente. Os valores mais altos do índice ILI significa que a infraestrutura está deficiente conforme Lambert, 2000.

O índice ILI pode ser usado como um benchmarking do sistema de abastecimento de água conforme Figura (4.12) e recomendações do Banco Mundial conforme Universidade de Loughborough.

Observar que o Banco Mundial separa os países desenvolvidos dos países em desenvolvimento e cria quatro categorias: Am B, C e D.

Para cada categoria tem a sua performance.

- Categoria A: mais pesquisas para redução das perdas pode ser anti-econômico.
- Categoria B: uma procura ativa de vazamentos pode melhorar o sistema.
- Categoria C: deve ser intensificado a procura dos vazamentos a não ser que se tenha muita água a preço muito baixo.
- Categoria D: O sistema é muito ineficiente e deve ser aplicado muitos recursos na procura dos vazamentos.

Technical Performance Category	ILI	Litres/connection/day (when the system is pressurised) at an average pressure of:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	
Developed Countries	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4 - 8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Developing Countries	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Figura 4.12- Benchmarking para países desenvolvidos e em desenvolvimento. Fonte: Radivojevic, Dragan 2007

Density of of Connections Nc/Lm (per km mains)	Average Operating Pressure (P) in Metres				
	20	40	60	80	100
20	34	68	112	146	170
40	25	50	75	100	125
60	22	44	66	88	110
80	21	41	62	82	103
100	20	39	59	78	98

Figura 4.13- Perdas reais inevitáveis (UARL) em Litros/ligação x dia para consumidores localizados no alinhamento da rua. Fonte: Lambert, 2000.

Na Figura (4.13) para pressão de 40mca e densidade de ligações de 40 ligações/km de rede, obtemos UARL= 50 Litros/ligação x dia.

Não há correlação do índice ILI com a perda de água em porcentagem conforme se pode ver na Figura (4.14).

O Vietnam tem perda NRW de 42% e ILI=79 enquanto que o Sri Lanka tem perda de 46% e ILI=39. O ILI é menor e a perda é maior.

4.17 Redução de perdas com *Automatic Meter Reading* (AMR)

Apesar de algumas críticas o estudo da **vazão mínima noturna** é usado em distritos pitométricos para se localizar vazamentos.

A Austrália usa a medição automática no distrito pitométrico com 23.000 medidores e no período de 16h.

Durante o período de 16h são lidos automaticamente todos os medidores instalados nas redes de abastecimento de água para se ver a vazão mínima noturna. Quanto maior a vazão mínima, maior será a quantidade de vazamentos.

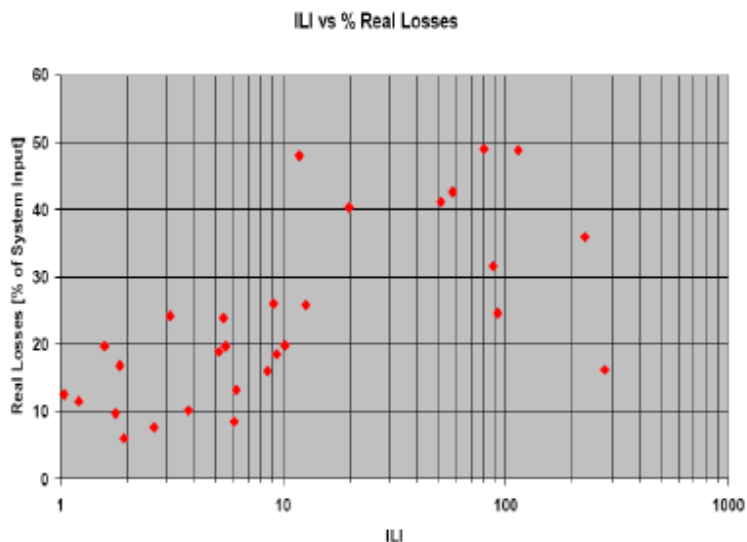


Figura 4.14- Índice ILI x perdas reais
 Fonte: Radivojevic, Dragan, 2007

:

4.18 Nível econômico de perdas (ELL)

Atingiremos o nível econômico de perdas denominado ELL pela força tarefa da IWA, quando a soma de toda a água perdida através de perdas reais e o custo das atividades para minimizar as perdas forem mínimas. Para isto temos que fazer o manejo dos quatro métodos das perdas reais nas tubulações conforme Figura (4.15).

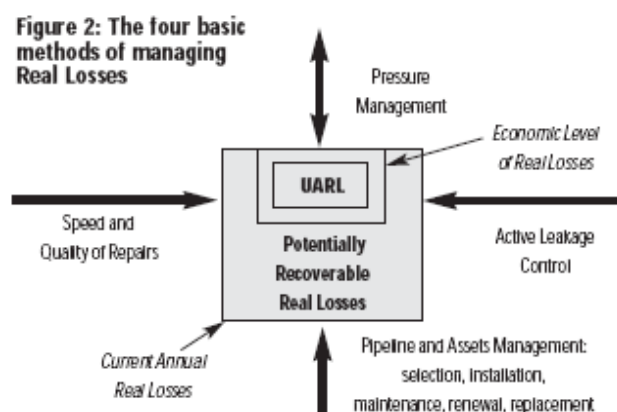


Figura 4.15- Os quatro métodos básicos de manejo das perdas reais

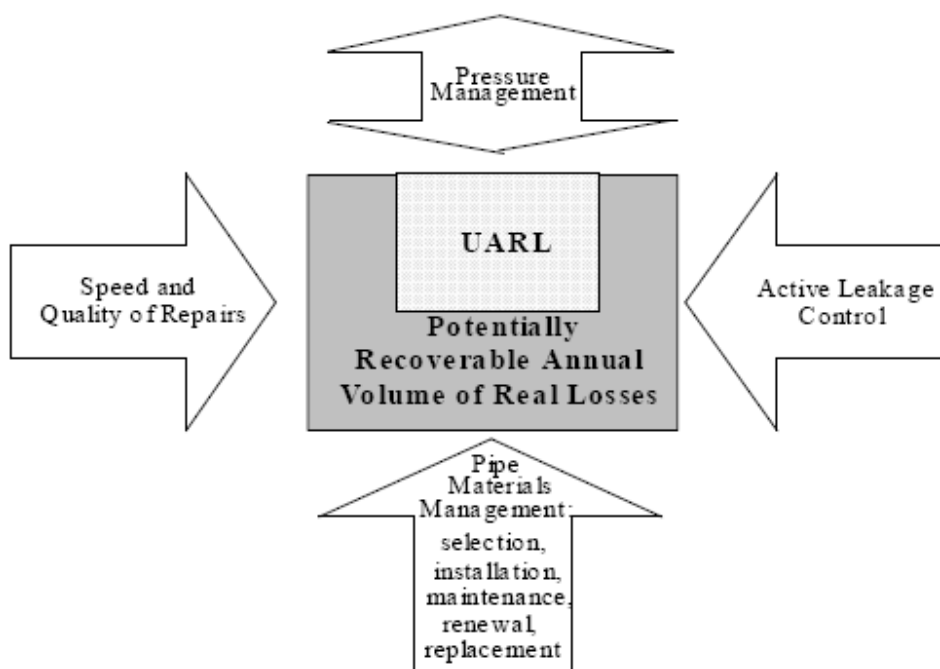


Figura 4.16

A força tarefa da IWA apresenta a Tabela (4.27) sem a referência uma tabela que fornece os fatores que causam os vazamentos.

Tabela 4.27- Fatores de vazamentos

Ordem	Fator de vazamento	Porcentagem
1	Movimento do solo	27%
2	Corrosão da tubulação	19%
3	Cargas pesadas	11%
4	Pressão alta	8%
5	Escavação lateral	8
6	Idade da tubulação	6
7	Congelamento no inverno	6
8	Defeitos nos tubos	5
9	Defeitos nas juntas	4
10	Condições do piso onde está assentada a tubulação	3%
11	Má qualidade da mão de obra no assentamento	2%
	Total=	100%



Figura 4.17- Vazamentos



Figura 4.18- Vazamentos



Figura 4.19- Vazamentos



Figura 4.20- Vazamentos

4.19 Bibliografia e livros consultados

- ADALBERTO CAVALCANTI COELHO. *Medição de água e política e prática, manual de consulta*, janeiro 1996
- ANNUAL CONFERENCE -PROCEEDINGS, ENGINEERING AND OPERATIONS, ANAHEIN, CALIFORNIA, june 18-22, 1995, *The never ending leakage audit- using continuos system monitoring to target work for leakage detection teams*, South West Water Services Limited, Exeter, Devon, England page 583 –591;
- AWWA, 1987. *Water and Revenue Losses: unaccounted-for water*, Research Foundation;
- AWWA-Committe report: *water accountability*. Journal AWWA, page 108- 111 (July, 1996)
- AWWA-*Sizing Water Service Lines and Meters*, AWWA, Manual M22, 1975;
- AWWA-*Water Audits and Leak Detection*, AWWA, Manual M36, 1990;
- AWWA-*Water Meters-selection, installatiom, testing and Maintenance*, American Water Works Association (AWWA) Manual M6, 1986
- GERLINGEN, WEIMER. *Water loss Management and Techhiques*. German National Report, 2001.
- INMETRO-Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, *Portaria 29 de 7 de fevereiro de 1994 – INMETRO*;
- IWA www.iwaom.org/. *IWA Task Force*
- IWA- *Apparent water loss control. Theory and appllication*. Alex Rizzo.
- IWA *Foundaton for the transfer of Knowledge*, wednesday, 13 september 1995 South Africa, Durban. *Advances in the economics of leakage control and unaccounted-for-water*, SS12-1 - *The economics of leakage control in the UK: theory and practice*;
- IWA *Foundaton for the transfer of Knowledge*, wednesday, 13 september 1995 South Africa, Durban. *Advances in the economics of leakage control and unaccounted-for-water*, SS12-5 - *New technology for leakage detection and control, Spain, Canal de Isabel II*.
- IWA *Foundaton for the transfer of Knowledge*, wednesday, 13 september 1995 South Africa, Durban, SS3-5 - *Methods of diagnosis and performace indicators for rehabilitation policies- A Swiss point of view: pipelenes networks, Zurich Water Supply, Switzerzeland*.
- IWA, *International Report*, 25-31 of 1991 -Copenhagen, 18 th International Water Suply Congress and Exhbiton, *Unaccounted for water and the economics of leak detection (Eaux perdues et economie de la detection de fuites)*, Lai Cheng Cheong.
- IWA. *Repair or replace dilemma for service and mains*. Jo Parker IWA Task Force
- IWA. *The misconceptions os acoustic leakage detection*. IWA Task force
- IWA-Journal of Water Supply Research and Technology(AQUA), vol. 46, number 1, february 1997- *IWA-Geographical analysis of water main pipe breaks in the city of Malmo,Sweden*, page 40-47.
- KAYAGA, SAM. *Water loss management in the distribution systems: an overview*. Universidade de Loughborough.
- KUNKEL, GEORGE. *Water audit software assesses water loss*. American Water Works Associtatio, 2006.
- LALONDE , ALAIN M. et al. *City of Toronto waterloss study & pressure, management pilot*,

- LAMBERT, A. *Losses from water supply systems: standard terminology and recommended performance measures*. IWA (International Water Association), outubro, 2000. The Blue pages.
- RADIVOJEVIC, DRAGAN et al. *Technical performance indicators, IWA best practice for water mains and the first steps in Serbia*, 2007
- RICHARD, PILCHTER. *Component based analysis for water loss- a toolkit for practitioners and auditors*.
- SAAE-Diagnóstico do Sistema de Água e Esgoto do SAAE Guarulhos, *Estudo para Modernização técnica-operacional e melhoria dos serviços de água e esgoto de Guarulhos*, firma Cyro Laurenza, junho de 1996
- SABESP- *Innovative and proactive approach for water loss control and demand management*. Apresentado por Antonio Cesar da Costa e Silva, Francisco Paracampos e Julian Thornton,
- SABESP-Programa de *Redução de águas não-faturadas*, SABESP, outubro 1993 revisão de janeiro de 1994, Lyonnaise des eaux Services Associés - Lysa
- SABESP-*Setorização da RMSP* - Seminário SDC - Superintendência de Distribuição e Coleta, SABESP, Coplasa S.A. Engenharia de Projetos, junho de 1988
- SALVO JÚNIOR, RUI G. DE. *Preparação e validação de dados para o balanço hídrico da IWA- procedimentos e cuidados na utilização*. Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimentos Urbanos de Água, João Pessoa, 5 a 7 de junho de 2006.
- TOMAZ, PLINIO. *Conservação da água*. Guarulhos, 1999. 294 páginas.
- TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. *Abastecimento de água*. EPUSP, 2004, 643páginas.