

Perdas em Sistemas Distribuidores de Água

JOAQUIM FARIA CARDOSO JUNIOR

Engenheiro Civil

Ex-Diretor Geral do D.A.E.

1 — INTRODUÇÃO

Definiremos sob a designação genérica de perdas toda forma de prejuízo resultante do não aproveitamento de volumes significativos de água aduzida.

Assim definidas, as perdas poderão ter diversas origens:

- a) por vazamentos das canalizações, provenientes da má execução dos serviços de assentamento, juntas mal confeccionadas, deslocamentos provocados por vibrações do solo, falhas de fabricação, corrosão provocada pela agressividade do meio ou por eletrólise etc.;
- b) por desperdício resultante, especialmente, pela falta de incentivo a usuários de serviço não medido de providenciarem reparações em instalações internas defeituosas, ou mesmo de fecharem torneiras, deixadas abertas, desnecessariamente, por longos períodos;
- c) por sub-registro de medidores.

Esta última é decorrente da tendência que apresentam medidores defeituosos de acusarem registros de volumes inferiores àqueles realmente escoados através do aparelho. Aliás, mesmo hidrômetros em perfeitas condições de funcionamento podem apresentar sub-registro, principalmente em cidades como São Paulo, onde a existência obrigatória de reservatórios domiciliares provoca um amortecimento da demanda (1).

As perdas são inevitáveis em todo o sistema de abastecimento de água. Contudo, quando se dispõe de um bom serviço de conservação não deverá ultrapassar de 15% do total aduzido.

A avaliação e correção de perdas no sistema distribuidor de água, mediante um programa adequado de pesquisa e detecção é medida de indiscutível interesse da administração dos órgãos responsáveis pelos serviços.

(1) Prof. Eng.º Eduardo Riomey Yassuda — Alguns aspectos fundamentais sobre o armazenamento e distribuição de água — Revista DAE, n.º 49, Junho de 1963, ano 24.

2 — CUSTO DA ÁGUA

O custo da água posta à disposição de uma comunidade para fins de abastecimento público depende grandemente do grau de atendimento que se pretende dar, das facilidades locais de construção, da potencialidade e situação das fontes de suprimento etc.

Colocamos o "grau de atendimento" em primeiro lugar porque sua influência é decisiva, uma vez conhecidos os demais fatores de natureza local, que intervêm no custo.

Em outras palavras, o que pretendemos dizer é que no estudo, sob os pontos de vista técnico e econômico, de um projeto a relação entre a capacidade do sistema e a população a ser abastecida deve ser fixada com critério e objetividade.

Para uma primeira etapa de atendimento com demanda reduzida, o custo "per capita" de construção, em países da América do Sul, varia de 20 a 35 dólares (2).

Em nosso país, "o custo total de construção dos sistemas públicos de abastecimento, desde a tomada de água bruta até as canalizações públicas distribuidoras (inclusive), tem representado cerca de 10 a 30 dólares "per capita" (3)".

Na área metropolitana de São Paulo, com uma demanda prevista de 400 lcd, pode-se estimar em cerca de 40 a 50 dólares "per capita" esse custo, que convertido em cruzeiros, na base atual de câmbio, significa uma despesa de NCr\$ 108,60 a NCr\$ 135,75 para abastecer de água um habitante.

Admitindo-se um prazo de vinte anos para amortização do investimento correspondente, a contribuição média anual de cada habitante, para esse fim, deveria ser de NCr\$ 5,43 no primeiro caso e NCr\$ 6,79 no segundo.

De acordo com as tarifas vigentes, cada habitante de São Paulo deveria pagar, em média, NCr\$ 13,14 pelo consumo anual de água.

(2) Urban Water Supply — Conditions and needs in seventy five developing Countries — Bernd H. Dieterich and John M. Henderson — Public Health Papers, n.º 23 — World Health Organization — Geneve, 1963.

(3) Prof. Eng.º Eduardo Riomey Yassuda — Trabalho já citado.

Verifica-se, assim, que só as despesas de amortização representam cerca de 41,3% a 51,7% do valor da tarifa, e que os investimentos necessários para utilização de novas fontes de suprimento já assumem considerável importância com relação ao montante dos recursos obteníveis para tal fim.

3 — DEMANDA

O conceito de demanda é extremamente variável e depende da consideração de diversos fatores.

Geralmente admite-se que o padrão de vida, os hábitos e a educação sanitária da população; as condições de clima, o grau de desenvolvimento e de industrialização da cidade influem decisivamente no "quantum" requerido pela demanda.

Mas, há outros fatores não menos importantes a considerar.

Assim, o valor da água, por exemplo, é minimizado porque as tarifas geralmente são baixas, não correspondendo, na maioria dos casos, ao custo de produção e, portanto, não constituindo incentivo à economia. Tarifas adequadas, aliadas a um serviço de medição e cobrança bem organizado e aparelhado conduzem a uma redução sensível da demanda, qualquer que seja a influência dos fatores acima enumerados.

Outro aspecto do problema que deve ser lembrado é o da competição pelo uso da água em certas regiões.

Isto já se delineia na região do Alto Tietê e mais particularmente na área metropolitana de São Paulo.

A competição aqui se estabelece em quase todos os campos: produção de energia elétrica, abastecimento público e água para fins industriais e agrícolas.

Era de se esperar, portanto, que o valor da água nesta área fôsse tido em alto grau e que se procurasse tirar o melhor proveito possível dos sistemas existentes, com o estabelecimento de tarifas apropriadas, incentivos à economia e redução das perdas.

Não se pode por de lado os progressos tecnológicos alcançados no campo do abastecimento público de água e desprezar os aspectos econômicos da produção e distribuição, limitando-nos a indagar apenas "quando" e "como" desenvolver suprimentos adicionais de água, sem cogitar da questão de saber se os sistemas existentes estão sendo utilizados convenientemente (4).

(4) Water Supply — Economics, Technology and Policy — Jack Hirschleifer, James C. De Haven and Jerome W. Milliman — The University of Chicago Press. — 1966.

Estas considerações são feitas com o objetivo de situar o problema de forma que nos parece mais conveniente, tendo em vista a tendência de se exagerar demasiadamente o valor atribuído à demanda para efeito de projeto de obras novas de abastecimento de água.

Uma redução de 25% na demanda prevista de grandes projetos pode resultar na economia de centenas de milhares de dólares na execução das obras. E uma redução dessa ordem na "demanda efetiva" é perfeitamente possível com um serviço adequado de operação e manutenção dos sistemas.

Em cidades norte-americanas e canadenses foram verificadas demandas que variavam desde um mínimo de 130 lcd até 1.750 lcd. Em países da América Latina, êsses limites eram de 100 lcd e 750 lcd, respectivamente (5).

A produção média "per capita" nos Estados Unidos é de 137 gpcd (518,5 lcd), variando de 132 gpcd (para cidades de 10.000 a 25.000 habitantes) a 146 gpcd para cidades de mais de 500.000 habitantes).

O valor médio da distribuição é de 119 gpcd (450,4 lcd) havendo uma diferença para menos, em relação à produção, de 10 a 15% (perdas) (6).

A distribuição da demanda pelas diferentes categorias de consumidores pode ser assim apreciada:

a) Consumo domiciliar

O consumo domiciliar de uma cidade típica norte-americana é de 30 gpcd a 60 gpcd (113,5 lcd a 227,0 lcd) (6).

Considera-se que 130 lcd são suficientes para atender a tôdas as necessidades domésticas.

b) Consumo comercial

O consumo comercial está, a nosso ver, de certa forma relacionado com o consumo domiciliar, em virtude da identidade existente entre ambos quanto à destinação das cotas que lhes são atribuídas.

Com base na experiência norte-americana, parece-nos razoável atribuir-lhe o valor de 40% do consumo domiciliar.

c) Consumo industrial

Enquanto as estimativas referentes ao consumo domiciliar variam de 1 para 2, as do consumo industrial variam de 1 para 50.

(5) Roland B. Queneau — Studies of the Consumption and Wastage of Water in Distribution Systems and Current Causes of Waste — Trabalho apresentado na Primeira Conferência Regional Interamericana de Engenharia Sanitária — Rio de Janeiro, 1946.

(6) Water Supply — Economics, Technology and Policy — Obra já citada.

É necessário, portanto, a máxima cautela na fixação da cota a ser atribuída ao consumo industrial que, conforme o caso, pode atingir até 65% da demanda total prevista para cada ligação predial (7).

Um atendimento completo das necessidades de água para fins industriais é difícil e a incidência futura da demanda desta categoria de consumo é quase imprevisível.

Por outro lado, devemos considerar:

- que as grandes indústrias, geralmente, têm instalações próprias para atendimento da maior parte do suprimento de que necessitam;
- que há recursos técnicos para reduzir o consumo industrial de água a níveis razoáveis.

A este respeito, é interessante destacar dois exemplos significativos (8):

- Com a recirculação e o re-uso da água, a fábrica de aço da Kaiser, em Fontana (U.S.A.), conseguiu reduzir a 1.600 galões a quantidade de água necessária para produzir uma tonelada de aço, em confronto com o consumo normal de 40.000 galões/tonelada.
- A fábrica de sabão Lever Brothers, de Los Angeles, com providências idênticas, reduziu suas necessidades de água, estimadas em 6.000.000 de galões por dia, para 400.000 galões/dia.

Considera-se que estas substanciais reduções de consumo foram estimuladas pela adoção de tarifas mais realistas para a água.

A cota de 90 lcd para consumo industrial parece bastante aceitável (9).

d) Consumo público

A cota de 20 lcd para esta categoria é geralmente aceita.

e) Perdas admissíveis

Representam 10% a 15% da demanda total por ligação.

Com esses valores médios, a distribuição da demanda pelas diferentes categorias de consumo poderia ser assim apresentada:

Categoria	lcd	% sôbre o total
— Domiciliar	130	39,1
— Comercial	52	15,7
— Industrial	90	27,2
— Público	20	6,0
— Perdas	40	12,0
Total	332	100,0

O que importa, no momento, para o objetivo que temos em vista é conhecer a ordem de grandeza do "consumo medido" em relação à demanda de cada ligação.

Este consumo refere-se às seguintes categorias: domiciliar, comercial e industrial.

Verificamos que no caso da distribuição acima indicada, o consumo medido corresponde a 82% da demanda total.

Em São Paulo, para uma demanda estimada de 308 lcd, o consumo medido representava 78,3% do total (10).

Dependendo da maior ou menor eficiência do sistema, esse consumo varia de 75% a 85% do total da demanda.

Adotaremos o valor médio de 80%.

4 — A SITUAÇÃO EM SÃO PAULO — AVALIAÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DISTRIBUIDOR

Utilizamo-nos, a seguir, de dados constantes do Relatório do Departamento de Águas e Esgotos, referentes ao ano de 1966, e de informações obtidas junto àquela Autarquia.

Começaremos por classificar as ligações prediais existentes em três categorias distintas:

- a) Ligações dotadas de medidores em bom estado de conservação.
- b) Ligações dotadas de medidores em mau estado de conservação, ou mesmo parados.
- c) Ligações não dotadas de medidores.

Designaremos por:

- q_1 e q_2 , os volumes médios diários registrados pelos medidores dos grupos (a) e (b);
- q_3 , o volume médio diário disponível para cada ligação do grupo (c);
- n_1 , n_2 e n_3 , respectivamente, o número de ligações prediais de cada grupo;
- Q_1 , o volume total médio diário aduzido;
- Q_2 , o volume total médio diário registrado pelos medidores dos grupos (a) e (b).

(7) Ronald B. Queneau — Trabalho já citado.

(8) Water Supply — Economics, Technology and Policy — Obra já citada.

(9) Roland B. Queneau — Trabalho já citado.

(10) Hazen and Sawyer — Report on Sewage Disposal — 1967.

O volume Q_r resulta da soma de duas parcelas:

$$Q_r = n_1 q_1 + n_2 q_2$$

onde:

$n_1 q_1$, é o consumo total **efetivo** das ligações do grupo (a);

$n_2 q_2$, é o consumo total **aparente** das ligações do grupo (b).

O sub-registro dos medidores do grupo (b) é dado pela diferença:

$$q_1 - q_2 = \Delta q$$

O erro de registro será então:

$$\frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{\Delta q}{q_1} = k, \text{ sendo } k \leq 1$$

Da relação acima, tiramos:

$$\Delta q = k q_1$$

$$q_2 = q_1 (1 - k)$$

Substituindo o valor de q_2 na expressão de Q_r , obtemos:

$$Q_r = \frac{Q_e}{n_1 + n_2 (1 - k)}$$

Designemos agora por:

Q_e , o consumo total **efetivo** dos grupos (a) e (b);

Q , a demanda necessária para assegurar o consumo Q_e .

A relação:

$$\frac{Q_e}{Q} = c$$

representa o que denominamos "eficiência" do sistema, quando o consumo é medido.

Isto posto, temos:

$$Q_e = q_1 (n_1 + n_2)$$

$$Q = \frac{Q_e}{c} = \frac{q_1}{c} (n_1 + n_2)$$

O valor de q_3 será dado pela diferença:

$$Q_a - Q = n_3 q_3 = Q_a - \frac{q_1}{c} (n_1 + n_2)$$

donde:

$$q_3 = \frac{Q_a}{n_3} - \frac{q_1}{c} \times \frac{n_1 + n_2}{n_3}$$

Com os dados obtidos junto ao Departamento de Águas e Esgotos, referentes ao ano de 1966, temos:

$$Q_a = 953.000 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_r = 558.000 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$n_1 = 316.000 \text{ ligações}$$

$$n_2 = 150.000 \text{ ligações}$$

$$n_3 = 100.000 \text{ ligações}$$

Admitindo que os medidores em mau estado acusam um sub-registro de 25%, valor este estimado para o caso de Nova Iorque, durante a crise de abastecimento de água ocorrido em 1949/1950 (11), resulta:

$$k = 0,25$$

$$q_1 = \frac{Q_r}{n_1 + n_2(1 - k)} = \frac{558}{316 + 150 \times 0,75} = 1,302 \text{ m}^3/\text{lig}/\text{dia}$$

$$q_2 = q_1(1 - k) = 1,302 \times 0,75 = 0,976 \text{ m}^3/\text{lig}/\text{dia}$$

$$q_3 = \frac{Q_a}{n_3} - \frac{q_1}{c} \left(\frac{n_1 + n_2}{n_3} \right) = \frac{953}{100} - \frac{1,302}{0,80} \times \frac{316 + 150}{100} = 1,948 \text{ m}^3/\text{lig}/\text{dia}$$

$$\Delta q = k q_1 = 0,25 \times 1,302 = 0,325 \text{ m}^3/\text{lig}/\text{dia}$$

Tomando como válido apenas o valor de q_1 , o excesso de q_1 sobre q_2 e de q_3 sobre q_1 constituem o que denominaremos de "perdas recuperáveis".

Assim, teremos em resumo:

a) Perdas por sub-registro:

$$\Delta q \times n_2 = 0,325 \times 150.000 = 48.750 \text{ m}^3/\text{dia}$$

b) Perdas por vazamentos e desperdícios:

$$(q_3 - \frac{q_1}{0,80}) \times n_3 = (1,948 - \frac{1,302}{0,80}) \times 100.000 = 32.100 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Total 80.850 m³/dia

Esta perda, aos preços atuais de água representa um prejuízo anual de, aproximadamente, NCr\$ 3.000.000,00.

O valor admitido para "k" parece-nos razoável, pois a cota resultante para as ligações do grupo (a) corresponde a atribuir um consumo "per capita" de:

(11) Water Supply — Economics, Technology and Policy — Obra já citada.

$$\frac{1,302}{0,80 (1,16 \times 4,6)} = 305 \text{ lcd (12)}$$

Com a seguinte distribuição para os diferentes usos da água;

Categoria	lcd	% sôbre o total
— Domiciliar	160	52,5
— Comercial	64	21,0
— Industrial	20	6,5
— Público	15	4,9
— Outros, inclusive perdas admissíveis	46	15,1
Total	305	100,0

Esta distribuição pelas diferentes categorias de consumidores deveria estar bem próxima da realidade, tendo em vista as condições de suprimento vigentes em nossa capital no ano de 1966.

- (12) Relatório do DAE, referente ao ano de 1966.
 1,16 = número de domicílios por ligação.
 4,60 = número de habitantes por domicílio.

O consumo por grupo de ligações prediais seria:

Grupo (a):

$$\frac{q_1}{0,80} \times n_1 = \frac{1,302}{0,80} \times 316.000 = 514.132 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Grupo (b):

$$\frac{\Delta q}{0,80} \times n_2 = \frac{0,325}{0,80} \times 150.000 = 60.900 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\frac{q_2}{0,80} \times n_2 = \frac{0,976}{0,80} \times 150.000 = 183.000 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Grupo (c):

$$q_3 n_3 = 1,948 \times 1.000 = \frac{194.800 \text{ m}^3/\text{dia}}{952.832 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

V — CONCLUSÃO

A exposição que acabamos de fazer sugere um método simples e prático de avaliação de perdas no sistema distribuidor, mediante ensaios em laboratório, de lotes representativos de medidores retirados do serviço, para determinação do coeficiente "k".