

# Estudo da Demanda em Sistemas de Abastecimento Público de Água

ENG. JOAQUIM FARIA CARDOSO JR.  
Ex-Diretor Geral do DAE

## 1 — INTRODUÇÃO

No presente estudo faremos distinção entre os vocábulos “demanda” e “consumo”. Reservaremos o primeiro para designar a quantidade de água requerida a fim de assegurar um suprimento adequado a tôdas as categorias de consumidores. O segundo deve ser entendido como gasto, dispêndio, cota particular ou total absorvida pelos diferentes usos da água.

O consumo apresenta variações sazonais, mensais, diárias, horárias, instantâneas e acidentais.

A demanda representa a capacidade para a qual o sistema adutor foi projetado, e deve suportar as flutuações do consumo.

Adotaremos, tanto para a demanda como para o consumo, valores médios anuais, expressos em litros “per capita” por dia (lcd).

É nosso objetivo dissecar a demanda, procurando resposta para uma antiga indagação: que será feito da água depois de entregue ao consumo? Ou melhor, em que proporções irá se distribuir pelas diferentes categorias de consumidores?

Desde a captação até que penetre no sistema distribuidor, ela está sob nosso controle, mas daí por diante, ao longo de centenas ou milhares de quilômetros, é difícil conhecer exatamente o seu destino.

## 2 — FATORES QUE INFLUEM NA MAGNITUDE DA DEMANDA

O valor a ser atribuído à demanda depende, essencialmente, de circunstâncias locais, do estágio de desenvolvimento da comunidade e de outros fatores de ordem geral.

### 2.1 — Circunstâncias locais

#### 2.1.1 — Clima

A influência do clima é bastante acentuada. A demanda em regiões de clima quente e seco é muito maior que em regiões de clima frio e úmido.

Como exemplo, o consumo domiciliar de água nos EE.UU., a oeste do meridiano 100 é duas vezes superior àquêle verificado a leste do mesmo meridiano (1).

#### 2.1.2 — Importância das fontes de suprimento e facilidades para sua utilização

Esta circunstância, quando favorável, pode levar as populações a adquirir hábitos dissipadores, atingindo então a demanda valores muito acima de qualquer previsão razoável.

(1) Task Group Report — Jour, A.W.W.A., Vol. 50, n.º 11 Nov., 1958.

## 2.2 — Estágio de desenvolvimento da comunidade

### 2.2.1 — População

Tem sido constatado que a demanda cresce com o aumento da população. A propósito, Capen (2) propôs a seguinte equação para avaliar a demanda em função da população:

$$G = CP^n$$

onde:

G — galões "per capita", por dia;

P = população em milhares de habitantes;

C = 53 e n = 0,11 — para sistemas com serviços inteiramente medidos e rigoroso controle de perdas;

C = 0,54 e n = 0,125 — para sistemas com porcentagens razoavelmente altas de serviço medido e aparelhados para eliminação de perdas.

O quadro n.º 1 fornece valores de G, expressos em lcd. admitindo-se C = 0,53 e n = 0,11.

QUADRO N.º 1

P	G (lcd)
10.000	258,0
100.000	333,0
1.000.000	427,0
5.000.000	510,0
10.000.000	710,0

Em Wichita, Kan. (U.S.A.), verificou-se que a tendência de aumento do consumo domiciliar, num período de 36 anos (1920-1955), foi de 2% ao ano, em média. Os dados utilizados referiam-se a usos básicos da água, exclusive regadura e ar condicionado (3).

### 2.2.2 — Padrão de vida

A elevação do padrão de vida implica em novos usos da água e dispêndio de maiores quantidades nos usos básicos (bebida, banho, fins culinários, lavagem de roupas etc.). Como usos novos, são mais significativos o emprêgo de água para condicionamento de ar e a difusão de piscinas particulares.

O condicionamento de ar merece destaque especial por ser o mais relevante.

Limitaremos as considerações que se seguem à análise do condicionamento de ar para remoção do calor, já que o aquecimento de ambientes tem pouca aplicação em nosso país e, por outro lado, requer muito menor consumo de água.

O assunto, nos EE.UU. passou a constituir motivo de sérias preocupações por parte das autoridades responsáveis pelo abastecimento público de água na década de 1930 e, principalmente, depois do intenso verão de 1936, quando se generalizou a idéia de instalação de equipamentos de ar condicionado.

(2) Capen, Jr., Charles H. — Jour. A.W.W.A., Vol. 29, n.º 2, Feb. 1937.

(3) Task Group Report — Jour. A.W.W.A., Vol. 50, n.º 11 — Nov., 1958.

A expansão dos serviços pode ser avaliada pelo incremento de vendas de equipamentos, que em 1947 alcançou US\$ 10.000.000,00 aproximadamente, passando a US\$ 525.000.000 em 1958.

Para prover espaço de ar condicionado para uma pessoa é necessário remover, em média, uma quantidade de calor equivalente a 2.300 BTU por hora.

Sabendo-se que uma tonelada de refrigeração corresponde a 12.000 BTU por hora, conclui-se que cada tonelada de refrigeração pode proporcionar espaço com ar condicionado para 5,2 pessoas (4).

Por outro lado, a produção de uma tonelada de refrigeração exige, em média, um consumo de 2 galões de água por minuto.

O consumo médio de água "per capita" com o condicionamento de ar resulta, assim:

$$\frac{2 \times 3,785}{5,2} = 1,456 \text{ litros por habitante, por minuto.}$$

Se considerarmos o equipamento funcionando 12 horas por dia, teríamos um consumo de:

$$12 \times 60 \times 1,456 = 1.048,32 \text{ lcd para a parcela da população beneficiada com espaço de ar condicionado.}$$

Evidentemente um atendimento desta ordem seria impraticável, mesmo a setores restritos das cidades.

O problema pode ser contornado com o emprego de torres de resfriamento e o reuso da água, obtendo-se dessa forma uma redução de 95% do consumo previsto, que passaria então a 52,42 lcd (sempre referido à parcela da população beneficiada).

Em nosso país o problema ainda não apresenta maior gravidade mas constitui, sem dúvida, uma ameaça potencial.

A forma de evitar suas conseqüências desastrosas seria regulamentar a instalação de equipamentos de ar condicionado, fixando cotas para atendimento dessa categoria de consumo (50 lcd, por exemplo) e tornando obrigatória a aprovação dos projetos de instalações pelos órgãos competentes.

Com essa providência seria viável enquadrar o consumo de água exigido dentro das possibilidades de suprimento, sem ônus adicionais, inteiramente injustificáveis, de superdimensionamento do sistema de abastecimento público.

### 2.2.3 — Importância e tipo das indústrias — Consumo comercial

Em todo sistema de abastecimento público de água, o atendimento das necessidades do consumo domiciliar tem prioridade sobre o das demais categorias. E, dentre todas as categorias, o consumo industrial é o de mais difícil previsão.

Levando em conta este fato, procuramos, em nossa análise, relacionar o consumo industrial — e também o comercial — ao consumo domiciliar para avaliação da demanda.

Designando por:

D, a demanda

d, o consumo domiciliar

c, o consumo comercial

i, o consumo industrial

p, o consumo público e outros, inclusive perdas no sistema

$$x = \frac{c}{d}; y = \frac{i}{D} \text{ e } z = \frac{p}{D}$$

(4) Gayton, Loran D. — Jour. A.W.W.A. — Vol. 29, n.º 6, Junho 1937.

temos:

$$D = d + c + i + p = d(1 + x) + D(y + z)$$

donde

$$D = \frac{1 + x}{1 - (y + z)} \cdot d = Kd$$

Sendo:  $x = \frac{c}{d}$ , temos:

$$x = \frac{c}{d} = \frac{c}{D} \cdot K \text{ ou } x = Kx'$$

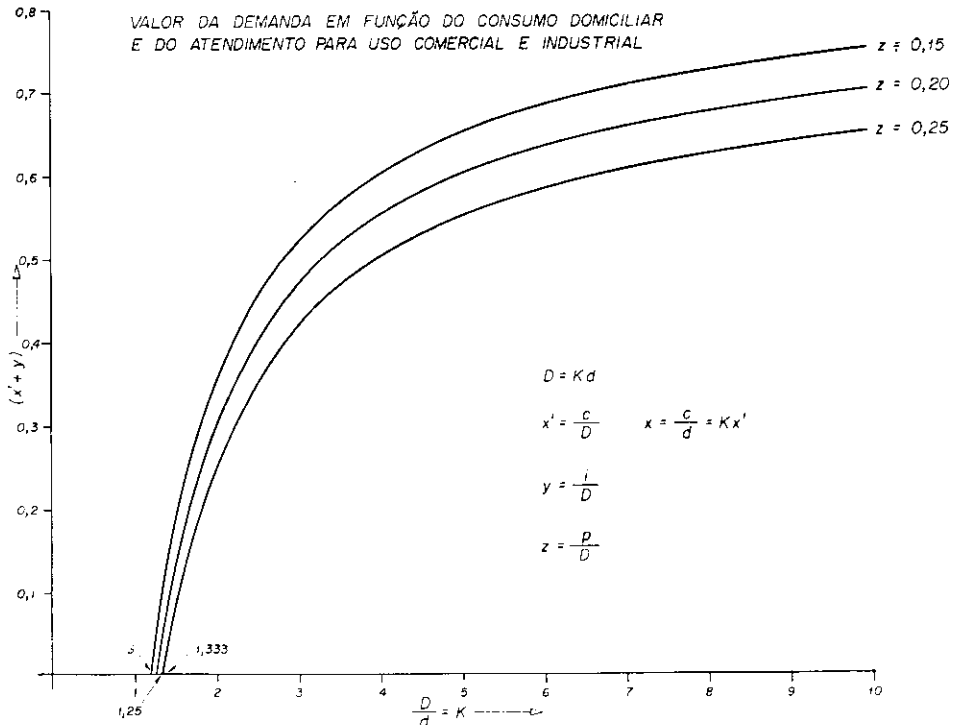
Substituindo na expressão de D, resulta:

$$K = \frac{D}{d} = \frac{1}{(1 - z) - (x' + y)}$$

As curvas da Figura 1 representam a variação em K em função de  $(x' + y)$ , para diversos valores de z.

Verifica-se que a demanda cresce muito rapidamente para valores de K superiores a 4, ou seja, valores de  $(x' + y)$  superiores a 0,5.

O quadro n.º 2 apresenta a evolução da demanda em função do atendimento industrial e comercial, para  $d = 150$  lcd e  $z = 0,20$ .



QUADRO N.º 2

Atendimento industrial e comercial (x' + y)	D (lcd)
0,0 D	187,5
0,1 D	214,5
0,2 D	250,5
0,3 D	300,0
0,4 D	375,0
0,5 D	500,0
0,6 D	750,0
0,7 D	1.500,0
0,8 D	∞

Procuramos, a seguir, estabelecer os limites de atendimento dentro de um critério de justiça distributiva.

Se atribuirmos prioridade ao atendimento domiciliar, êste não deve ser sacrificado em proveito de outro qualquer.

Admitindo:

$$d = 150$$

$$x = 0,40$$

$$z = 0,20$$

temos:

$$D = \frac{1 + x}{1 - (y + z)} \cdot d = \frac{210}{0,80 - y}$$

Na Figura 2 representamos a variação de D em função de  $\frac{d}{D}$  e de  $\frac{i}{D}$  (curvas

"d" e "i").

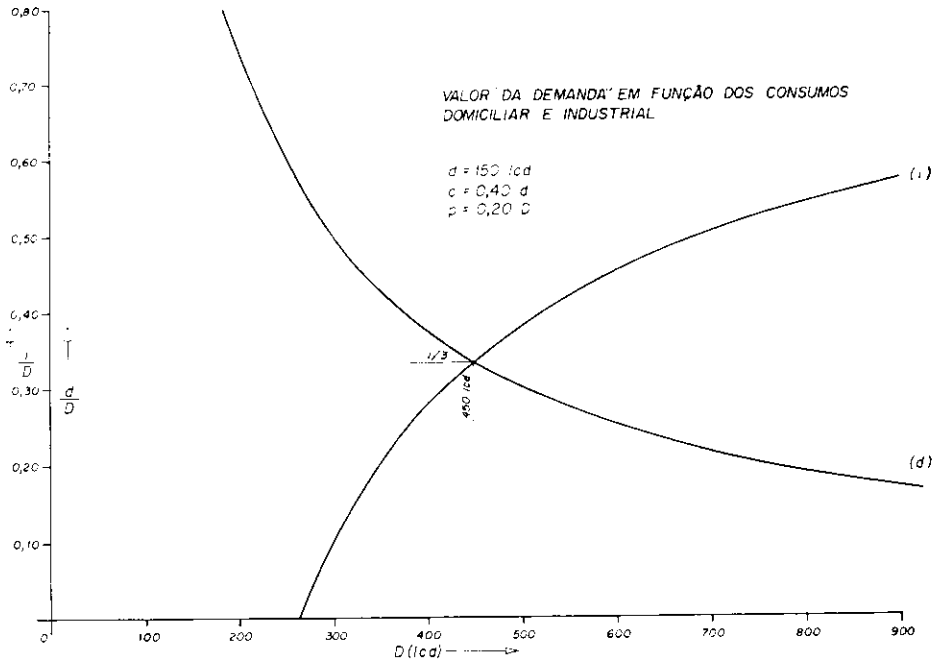
Neste caso, a demanda cresce rapidamente para valores de  $\frac{i}{D}$  superiores a  $\frac{1}{3}$ ,

ou valores de  $\frac{d}{D}$  inferiores a  $\frac{1}{3}$  (ponto de intersecção das curvas "d" e "i").

Qualquer valor de  $\frac{i}{D}$  superior a  $\frac{1}{3}$  atribuiria ao consumo domiciliar valores inferiores ao consumo industrial, ferindo assim o critério de justiça distributiva estabelecido inicialmente.

No exemplo citado a demanda para  $\frac{i}{D} = \frac{1}{3}$  seria 450 lcd.

Estas considerações nos proporcionam o seguinte critério de distribuição da demanda pelas diferentes categorias de consumo, uma vez estabelecido o valor do consumo domiciliar.



Fazendo na equação da demanda  $Y_{\max.} = \frac{i}{D}$ , resulta:  $Y_{\max.} = \left(\frac{i}{D}\right)_{\max.} = \frac{d}{D} = \frac{1-z}{2+x}$ .

O quadro n.º 3 fornece os valores da expressão acima para z igual a 0,15, 0,20 e 0,25 e x variando de 0,0 a 1,0 d.

**QUADRO N.º 3**

Valores de  $Y_{\max.} = \left(\frac{i}{D}\right)_{\max.} = \frac{1-z}{2+x}$

$x = \frac{c}{d}$	$Z = \frac{p}{D}$		
	0,15	0,20	0,25
0,0	0,425	0,400	0,375
0,1	0,404	0,381	0,357
0,2	0,386	0,363	0,340
0,3	0,369	0,347	0,326
0,4	0,354	0,333	0,312
0,5	0,340	0,320	0,300
0,6	0,327	0,307	0,288
0,7	0,315	0,296	0,277
0,8	0,303	0,286	0,268
0,9	0,293	0,276	0,258
1,0	0,283	0,267	0,250

Assim, para  $d = 150 \text{ lcd}$ ,  $c = 0,30 \text{ d} = 45 \text{ lcd}$  e  $z = 0,20 \text{ D}$ , teríamos  $i_{\max.} = 0,347 \text{ D}$ , resultando:

$$D = \frac{150}{0,347} = 432 \text{ lcd}$$

e a seguinte distribuição:

$$\begin{aligned} d &= 150 \text{ lcd} \\ c &= 45 \text{ lcd} \\ i &= 150 \text{ lcd} \\ p &= 87 \text{ lcd} \end{aligned}$$

---


$$432 \text{ lcd}$$

Ao finalizar estas considerações sobre o consumo industrial, desejamos ressaltar que um atendimento integral das necessidades desta categoria é impraticável através do sistema de abastecimento público de água.

Seria recomendável a regulamentação do fornecimento de água para fins industriais, com o estabelecimento de cotas de acordo com o tipo de indústria e a exigência de medidas tendentes a atenuar o consumo.

### 3 — GRAU DE ATENDIMENTO EM FUNÇÃO DA DEMANDA

O ábaco representado na Figura 3 nos permite verificar:

- 1.º) — Qual o atendimento que se pode esperar, partindo de uma demanda pré-estabelecida.
- 2.º) — Qual a demanda requerida para um atendimento pretendido.

### 4 — CONCLUSÕES

- O atendimento integral das necessidades de água para fins industriais através da rede pública de abastecimento é impraticável.
- É recomendável não atribuir mais de 30% da demanda para atendimento das necessidades de água para fins industriais.
- É recomendável a regulamentação do fornecimento de água através da rede pública de abastecimento para:
  - 1.º) — fins industriais, com o estabelecimento de critérios de prioridade e cotas para os diferentes tipos de indústrias;
  - 2.º) — para fins de condicionamento de ar, estabelecendo a porcentagem exigida de reuso da água e cota máxima de consumo "per capita" admitida.

#### ESTUDO DA DEMANDA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

