

Análise da influência da temperatura ambiente no consumo de água na região metropolitana de São Paulo

Eng. José Augusto Danielides de Faria(*)

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi elaborado com o intuito de verificar qual a dependência do consumo de água tratada em relação à temperatura observada na Região Metropolitana de São Paulo, permitindo assim uma visão mais profunda da relação entre as duas variáveis e a utilização desse conhecimento na operação do sistema de abastecimento de água.

O estudo é fruto da utilização de dados contidos em gráficos mensais de Consumos e Temperaturas Médias Diárias da RMSP durante os meses de agosto a dezembro de 1982, publicados nos relatórios mensais do Departamento de Controle do Abastecimento da Diretoria de Operação da SABESP.

2. FATORES DE INFLUÊNCIA NO CONSUMO

2.1. Temperatura Média Diária

Um dos principais fatores de influência no consumo de água é a temperatura ambiente. Uma indicação desse fato pode ser obtida pela consideração da temperatura máxima diária.

Porém, consideramos como fator de influência, a temperatura média do dia (\bar{t}), uma vez que as variações horárias ocasionais são diluídas, melhor representando assim, o comportamento no período.

2.2. Dia da Semana

A atividade industrial e os costumes de vida humana, fazem com que o consumo de água seja influenciado pelo dia da semana.

Para determinarmos exatamente o alcance dessa influência, reorganizamos os pares de dados "consumo médio de água diário" (\bar{c}) e "temperatura média diária" (\bar{t}) por grupos, sendo

cada grupo relativo a um dia da semana, conforme tabela 1. Para cada grupo calculamos as respectivas curvas de correspondência demonstradas nos gráficos de número 1 a 7 que anexamos.

Walter Wunsch e outros (1), verificaram que o consumo de água de um feriado ocorrido em uma segunda-feira foi igual ao consumo de um domingo. Porém, um feriado no meio da semana, como por exemplo Corpus Christi, que por liturgia deve ser celebrado numa quinta-feira, o consumo foi notadamente maior. Portanto, concluíram que a situação do feriado na semana tem uma importância decisiva no comportamento do consumo de água.

2.3. Altura Pluviométrica

É quase intuitivo que além da temperatura, a altura pluviométrica também tem influência no consumo de água. Esta influência deve ser mais significativa em pequenas comunidades, onde a quantidade de água utilizada em lazer, jardim e limpeza é relativamente maior comparada com o respectivo consumo industrial. É intuitivo, também que a influência da altura pluviométrica no consumo é maior quanto maior for a temperatura.

3. METODOLOGIA

Marcamos em coordenadas o consumo médio de água diário da Região Metropolitana (\bar{c}) e a temperatura média (\bar{t}) do dia correspondente. A partir dos números pares (\bar{c} , \bar{t}) ajustamos para cada grupo uma reta pelo método da regressão linear.

Sendo $\bar{c} = a + b\bar{t}$ a equação reta, temos:

$$a = \frac{\sum \bar{t}_i \bar{c}_i}{\sum \bar{t}_i^2} - b \frac{\sum \bar{t}_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum \bar{t}_i \bar{c}_i - \frac{(\sum \bar{t}_i)(\sum \bar{c}_i)}{n}}{\sum \bar{t}_i^2 - \frac{(\sum \bar{t}_i)^2}{n}}$$

$$a = \frac{\sum \bar{c}_i}{n} - b \frac{\sum \bar{t}_i}{n}$$

Sendo a função $\bar{c} = f(\bar{t})$ desconhecida, uma crítica poderia ser efetuada quanto à escolha da regressão linear para o ajuste dos pontos.

Porém, como as fronteiras desta função são conhecidas (por exemplo o máximo consumo médio diário, a mínima temperatura média diária), podemos considerar que o erro de aproximação da função para uma reta não seja significativo, o que vem ao encontro das pesquisas sobre este assunto efetuadas na Alemanha em 1957 (1) onde os autores afirmam "... pode-se notar que até a uma temperatura média diária de 14,7°C, o consumo de água permanece constante. Ultrapassando essa temperatura limite, o consumo passa a crescer linearmente".

Efetuamos também, um levantamento da distribuição da frequência dos consumos médios diários na RMSP no mesmo período, apenas com o intuito de verificarmos a forma e a influência dos consumos de domingo nesta distribuição, conforme mostramos na tabela 3 e no gráfico 8.

4. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO CONSUMO MÍNIMO NOTURNO

Através de medição de consumos efetuada pela SABESP desde 1974, dentro do programa de redução de perdas, foi constatado que o valor da vazão mínima noturna, não sofre influência significativa com a variação da temperatura. A temperatura influi apenas no período de permanência da vazão mínima noturna, isto é, em noites frias a duração da vazão mínima noturna é maior do que em noites quentes.

Isto pode ser explicado pelo fato da vazão mínima noturna ocorrer após o enchimento dos reservatórios domiciliares e ser composta de praticamente duas parcelas, uma de vazão industrial

* Engenheiro da Divisão de Controle da Operação de Água e Esgotos da Superintendência de Controle e Desenvolvimento da Operação da Diretoria de Operação da Região Metropolitana - SABESP.

noturna e outra de vazamentos, e estas não sofrem variações significativas com a temperatura.

Tabela 1 — Agrupamento dos dados de temperatura média diário e do consumo médio diário em função do dia da semana (agosto a dezembro/82)

SEGUNDA FEIRA		TERÇA FEIRA		QUARTA FEIRA		QUINTA FEIRA		SEXTA FEIRA		SABADO		DOMINGO	
E	\bar{E}	E	\bar{E}	E	\bar{E}	E	\bar{E}	E	\bar{E}	E	\bar{E}	E	\bar{E}
°C	m ³ /s	°C	m ³ /s	°C	m ³ /s	°C	m ³ /s	°C	m ³ /s	°C	m ³ /s	°C	m ³ /s
18,1	34,3	12,6	31,3	26,5	37,7	14,4	33,5	22,5	36,8	20,5	34,0	14,8	29,7
20,9	35,1	17,0	33,0	23,5	36,8	14,5	33,6	19,6	36,5	18,2	34,9	20,8	31,2
18,3	34,5	19,3	33,9	18,4	36,1	13,2	32,5	22,6	37,8	18,4	35,2	19,5	31,8
18,3	33,8	20,1	35,0	21,8	35,6	21,8	35,7	24,6	37,3	21,4	35,0	17,9	34,6
21,4	35,4	18,3	34,7	23,8	35,1	18,2	33,6	16,4	34,1	20,8	29,9	20,4	29,5
14,9	27,6	13,8	29,6	18,3	35,5	15,2	34,7	20,1	36,1	19,3	29,9	19,4	34,5
21,8	38,0	23,7	37,0	21,5	30,2	19,9	36,9	21,2	33,6	22,5	36,3	21,7	32,9
13,9	31,0	15,2	33,1	21,3	35,3	16,8	34,2	20,3	35,2	18,9	34,8	15,5	29,1
22,4	34,7	15,1	34,1	20,7	33,4	14,7	33,2	22,4	35,4	18,5	32,6	21,6	31,7
19,7	35,2	20,1	35,3	15,7	34,0	18,9	31,5	16,3	36,0	16,0	32,2	17,0	29,7
16,7	33,4	18,7	32,0	16,3	32,1	14,7	34,5	18,0	33,8	16,6	33,9	18,9	30,3
20,8	33,8	17,1	33,9	20,9	35,8	22,2	34,9	15,3	34,9	25,8	37,3	21,7	31,7
23,0	35,1	20,0	35,4	22,4	35,9	19,9	35,4	23,3	36,5	21,2	34,3	23,1	32,9
23,6	35,2	19,5	32,0	17,1	32,9	21,5	35,9	21,0	35,1	15,0	33,1	19,2	30,8
22,6	36,6	21,3	34,9	13,7	33,3	18,5	34,8	18,2	35,2	19,7	33,0	21,4	33,7
21,0	31,8	20,2	35,0	19,8	35,7	20,9	34,0	17,3	36,1	21,2	33,6	18,3	28,5
20,8	34,3	21,7	35,5	16,7	34,1	21,2	35,1	22,5	35,5	19,0	29,9	20,7	30,0
22,7	35,1	25,3	32,4	14,0	31,5	22,0	35,6	17,2	35,5	23,8	38,0	22,8	32,1
21,5	35,2	20,4	34,9	12,3	32,9	24,2	37,8	18,6	34,5	18,8	34,2	17,9	30,4
22,0	37,3	18,3	32,7	14,0	30,7	21,0	35,7	16,3	34,5	22,1	35,8	20,7	30,5
19,7	33,0	21,8	35,6	17,3	33,6	19,2	35,5	15,1	34,4	23,9	36,2	22,1	32,6
21,5	34,1	23,6	35,8	21,6	35,7	22,8	35,4	20,7	35,6	—	—	21,0	31,2

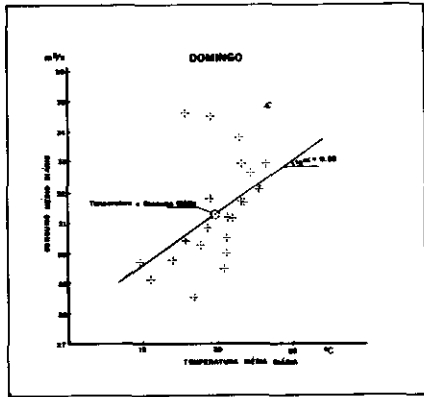


Figura 1

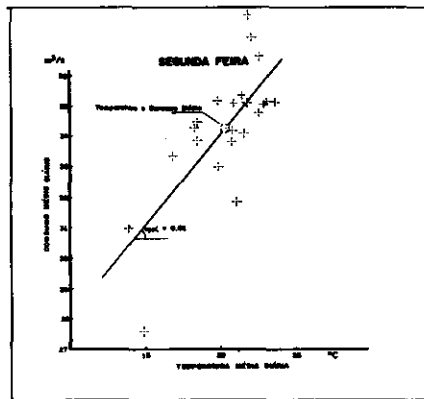


Figura 2

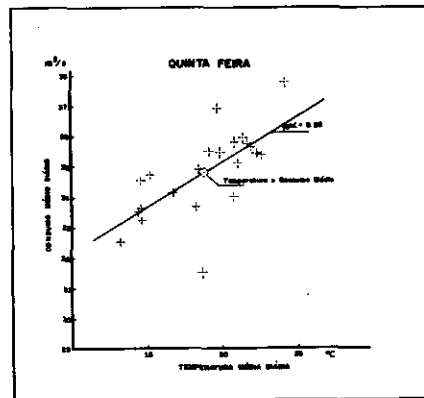


Figura 5

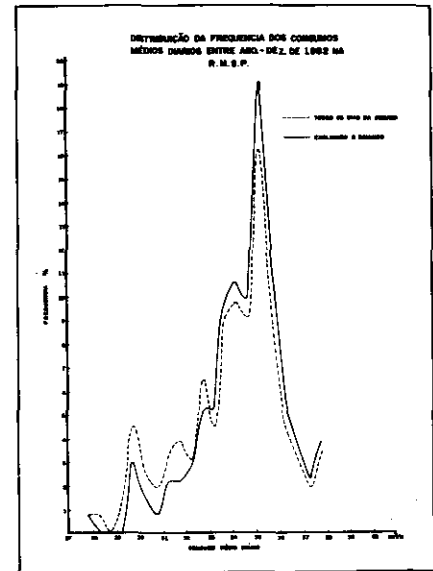


Figura 8

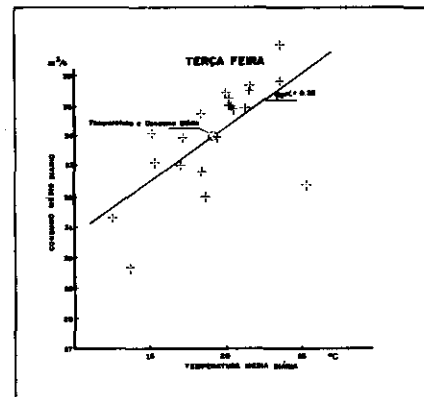


Figura 3

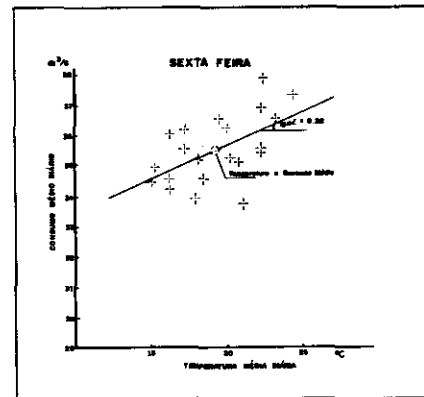


Figura 6

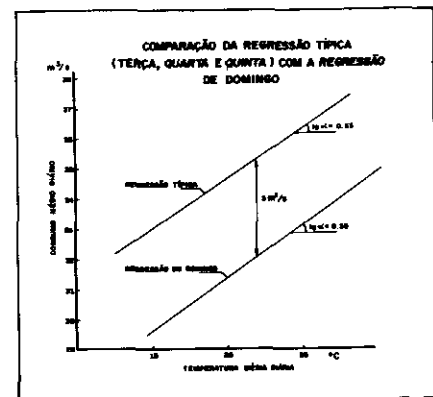


Figura 9

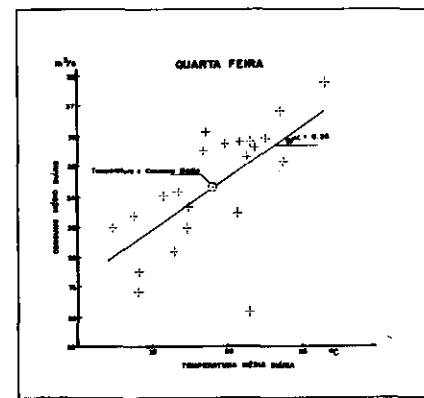


Figura 4

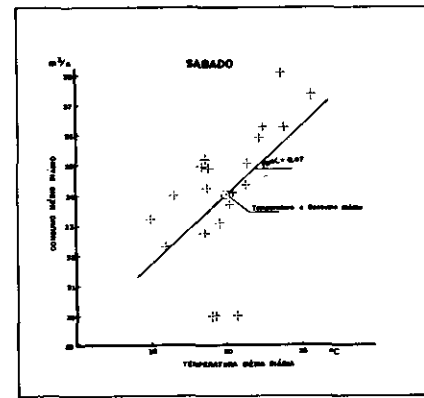


Figura 7

5. RESULTADOS OBTIDOS

Todos os grupos, com exceção do domingo apresentaram as médias dos consumos médios diários semelhantes, sendo o mínimo, de 33,96 m³/s na terça-feira e o máximo de 35,47 m³/s na

sexta-feira. O domingo apresentou um consumo médio de 31,34 m³/s. Na tabela 2 é mostrada a média dos consumos e das temperaturas médias diárias para cada grupo.

Tabela 2 — Média do consumo e da temperatura média diária por grupo de agosto a dezembro/82

GRUPOS	MÉDIA DO CONSUMO MÉDIO DIÁRIO EM m ³ /s	MÉDIA DA TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA °C
DOMINGO	31,34	19,84
SEGUNDA-FEIRA	34,30	20,25
TERÇA-FEIRA	33,96	19,23
QUARTA-FEIRA	34,27	18,98
QUINTA-FEIRA	34,76	18,90
SEXTA-FEIRA	35,47	19,51
SÁBADO	34,00	20,08

Os coeficientes angulares encontrados nas retas dos grupos foram praticamente iguais e de valor médio 0,38, com exceção da sexta e segunda-feira onde os coeficientes encontrados foram 0,22 e 0,61 respectivamente. Estes coeficientes, representam o grau de influência da temperatura no consumo. Quanto maior for o coeficiente angular maior será esta influência. Por exemplo, coeficiente angular igual a 0,35 encontrado em algumas regressões, mostra que para cada variação de 1°C o consumo médio diário varia em 0,35 m³/s.

As regressões obtidas para cada grupo foram:

DOMINGO
 $\bar{c} = 24,30 + 0,35 \bar{t}$ (vide figura 1)

SEGUNDA
 $\bar{c} = 21,96 + 0,61 \bar{t}$ (vide figura 2)

TERÇA
 $\bar{c} = 27,28 + 0,35 \bar{t}$ (vide figura 3)

QUARTA
 $\bar{c} = 27,66 + 0,35 \bar{t}$ (vide figura 4)

QUINTA
 $\bar{c} = 29,16 + 0,29 \bar{t}$ (vide figura 5)

SEXTA
 $\bar{c} = 31,24 + 0,22 \bar{t}$ (vide figura 6)

SÁBADO
 $\bar{c} = 24,66 + 0,47 \bar{t}$ (vide figura 7)

Com os dados das terças, quartas e quintas-feiras agrupados, obtivemos:

$$\bar{c} = 28,09 + 0,33 \bar{t}$$

que denominamos de progressão do dia típico (RDT).

Na figura 8 e na tabela 3 é exemplificada a distribuição da frequência dos consumos e as médias diárias, respectivamente, verificadas na RMSP entre agosto/dezembro/1982 e como o domingo influi nesta distribuição.

6. CONCLUSÕES

Observando os consumos diários de água na RMSP nos 5 meses pesquisados, verificamos a existência de uma estreita relação entre o consumo e a temperatura ambiente.

Tabela 3 — Distribuição da frequência dos consumos médios diários no período de agosto/dezembro/82

FAIXA DE CONSUMO EM m ³ /s	TODOS OS DIAS DA SEMANA		EXCLUINDO O DOMINGO	
	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%
27,5 - 28,0	01	0,7	01	0,7
28,0 - 28,5	01	0,7	00	0,0
28,5 - 29,0	00	0,0	00	0,0
29,0 - 29,5	02	1,4	00	0,0
29,5 - 30,0	07	4,5	04	3,0
30,0 - 30,5	04	2,6	02	1,5
30,5 - 31,0	03	1,9	01	0,7
31,0 - 31,5	05	3,3	03	2,3
31,5 - 32,0	06	3,9	03	2,3
32,0 - 32,5	05	3,2	04	3,0
32,5 - 33,0	10	6,5	07	5,3
33,0 - 33,5	07	4,5	07	5,3
33,5 - 34,0	14	9,1	13	9,9
34,0 - 34,5	15	9,7	14	10,6
34,5 - 35,0	14	9,1	13	9,9
35,0 - 35,5	25	16,2	25	19,0
35,5 - 36,0	15	9,7	15	11,3
36,0 - 36,5	07	4,5	07	5,3
36,5 - 37,0	05	3,3	05	3,8
37,0 - 37,5	03	1,9	03	2,3
37,5 - 38,0	05	3,3	05	3,8
38,0 - 38,5	00	0,0	00	0,0
T O T A L	154	100,0	132	100,0

Constatamos que as terças, quartas e quintas-feiras são dias típicos e seus dados podem ser agrupados, pois apresentam regressões semelhantes. Para estes dias encontramos uma variação no consumo médio diário de 330 l/s para cada 1°C de variação na temperatura (aproximadamente 1% do consumo médio diário). O domingo apresentou esta mesma relação de variação, porém, com uma defasagem no consumo de aproximadamente 3 m³/s a menos, conforme mostramos no gráfico n.º 9.

As regressões mostraram que a maior influência da temperatura no consumo ocorreu na segunda-feira e que a menor ocorreu na sexta-feira.

Devido ao alto consumo encontrado para a sexta-feira, em comparação aos outros dias da semana, em dias de mesma temperatura, acreditamos ser este o pior dia para a execução de serviços programados no Sistema de Abastecimento, que influam no consumo de água, pois, maiores serão os prejuízos ao abastecimento.

Não levamos em consideração neste estudo a influência da altura pluviométrica no consumo, porém esta influência existe e deve ser avaliada em estudos futuros.

O enfoque do estudo foi global, considerando a RMSP como um todo. Poderá no entanto, ser repetido para a avaliação de regiões menores (setores de abastecimento) com características de consumo peculiares (áreas residenciais, comerciais e industriais etc.)

O conhecimento das variações de consumo é a principal ferramenta na estimativa das vazões necessárias ao perfeito abastecimento da população, permitindo uma operação mais racional e econômica, maximizando a satisfação dos usuários pela maximização da regularidade no fornecimento de água.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — WURCH, WALTER e outros — Pesquisa sobre a influência da temperatura externa no consumo de água — Revista DAE n.º 58 — Setembro de 1965.
- 2 — FARIA, J. A. D. — Análise do Consumo e da Temperatura no 2.º Semestre de 1982 — Relatório n.º 095/83 da DAB.2/DO — Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo-SABESP.