Determinação de uma equação ligando Consumo e Temperatura

Eng. Thierry Celso de Rezende
Eng.º Affonso José Persicano

Como engenheiros da Divisão de Águas do D.A.E., sempre tiveram os autores do presente artigo, a preocupação de, aproveitando o imenso campo de experiências à sua disposição, esclarecer certos pontos que lhes pareciam ser tratados de maneira superficial nas publicações sôbre abastecimento de águas de que tinham conhecimento.

Assim, um dos itens que a seu ver lhes parecia mal esquematizado é aquêle que trata dos fatores de que depende a variação do consumo de água potável. Evidentemente, sabe-se que o dia da semana, a temperatura, o índice pluviométrico, o tipo de consumidor, são fatores que influem no consumo; entretanto, como e quanto influem, é o que falta ser esclarecido.

Êste artigo visa dar a público o resultado de estudos levados a efeito pela Divisão de Águas sôbre a influência de apenas um dêstes fatores: a temperatura.

Permanecem constantes, na medida do possível, os demais.

Para tanto, escolheu-se para campo de experiências um setor do bairro de Vila Maria, com 31.000 metros de rêde, 3.900 ligações domiciliares e área de 149 Ha. O bairro é eminentemente operário, contando entretanto, com um centro comercial de certo vulto. A densidade de população sendo de 100 hab/Ha, de acôrdo com dados obtidos em levantamento efetuado pelo SAGMAG para a Prefeitura de São Paulo, estima-se sua população total em cêrca de 14.000 habitantes.

O setor em questão foi isolado do resto da rêde e foram feitas medidas diárias de consumo num hidrometro colocado em sua entrada de água. Os dados obtidos constam da coluna 2 do quadro anexo, sendo de notar que foram eliminados os valores de consumo dos domingos e dos dias em que houve precipitação pluviométrica acima de 10mm. Visou-se com estas precauções, eliminar-se o mais possível influências outras sôbre o consumo, que não a da temperatura.

O passo seguinte é a escolha do índice representativo da temperatura, que deve ser posto em correspondência com o consumo. Optou-se pela temperatura média diária "t" estando seus valores contidos na coluna 3 do quadro anexo.

Obtidas assim, as colunas de valores de consumo diário e das correspondentes temperaturas médias diádas diárias de consumo num hidrôrias, precedeu-se à pesquisa de uma equação que as correlacionasse, empregando a análise de regressão.

1) Forma Matemática da função C= f(t)

É evidente que por menor que seja o valor de t, o consumo não deverá anular-se. Em outras palavras, por mais intenso que seja o frio, sempre haverá consumo de água. Na Alemanha, chegou-se mesmo a determinar uma temperatura limite, abaixo da qual o consumo permanece constante. Com base nessas considerações, pode-se escrever que:

1) $C = \alpha + \beta . t + \ldots + \beta_n Z^n + \xi\sigma$

Por outro lado, o quadro 1 mostra que para t variando entre 8,6.° C e 24,9.° C, o consumo C varia entre 50,0 l/s e 66,5 l/s. Assim, o consumo varia pouco para uma variação de temperatura relativamente grande, o que mostra que a parcela

$$\alpha_1 t + \ldots + \alpha_n Z^n$$

representa um valor não muito elevado em relação a C. Sendo assim, o êrro cometido com esta simplificação é relativamente pequeno, podendo-se admitir que o consumo C varia linearmente com t, e a equação (1) pode ser escrita:

$$(2) \quad C = \alpha + \beta\,(t\text{-}\bar{t}) + \xi\sigma$$

2) **Determinação dos Parâmetros**

Estatìsticamente, se demonstra que as melhores estimativas dos parâmetros $\alpha.\beta.\xi$ e σ da equação (2) são os valores obtidos pelas expressões abaixo:

$$\alpha \rightarrow a = \frac{\Sigma c}{n} \qquad \beta \rightarrow b = \frac{\Sigma c(t\text{-}\bar{t})}{\Sigma c(t\text{-}\bar{t})^2}$$

$$\bar{t} = \text{——} \qquad \sigma^2 \rightarrow s^2 = \frac{\Sigma[c\text{-}(c+b(t\text{-}\bar{t})]^2}{n\text{-}2}$$

onde n=n.º de observações

Com os dados do quadro anexo e empregando estas equações, tem-se para os parâmetros acima:

a = 60,2
b = 0,67
$\bar{t}$ = 18,4
s^2 = 3,05 ou s = 1,74

A equação (2) passa a ser escrita:

$$(3) \quad C = 60{,}2 + 0{,}67\,(t - 18{,}4) + 1{,}74\,\varepsilon$$

3) **Intervalo de Confiança**

Supondo-se que ε (cuja média é 0 e desvio padrão é 1) seja de distribuição normal, podemos com 85% de certeza afirmar que

$$\varepsilon < 1.0$$

A equação (3) pode ser escrita com 85% de certeza:

$$(4) \quad C = 60{,}2 + 0{,}67\, t - 18{,}4) \pm 1{,}74$$

.. 4) **Teste de Dependência**

Estatìsticamente, pode-se determinar pelo intervalo de confiança de β se há ou não dependência de C e t. O intervalo de confiança de β é dado pela expressão:

$$b - tp \frac{S}{S\gamma\gamma} < \beta < b + tp \frac{S}{S\gamma\gamma}.$$

As variáveis serão dependentes se êste intervalo não compreender o zero.

Tem-se:

$$S\gamma\gamma = \Sigma\,(t - \bar{t})^2 = 664{,}6$$
$$\therefore \sqrt{S\gamma\gamma} = 25{,}6$$

$$b - +p \frac{S}{\sqrt{S\gamma\gamma}} = 0{,}67 - 0{,}14 = 0{,}53$$

$$b + tp \frac{S}{\sqrt{S\gamma\gamma}} = 0{,}67 + 0{,}14 = 0{,}81$$

$0{,}53 < \beta < 0{,}81$ com 95% de certeza, e as variáveis são dependentes.

Conclusões

A expressão:

$$C = 60{,}2 + 0{,}67\,(t - 18{,}4)$$

pode ser escrita:

$$(5) \quad C = 47{,}9 + 0{,}67\, t$$

Equação que permite tirar as seguintes conclusões:

1) Para uma variação de temperatura média diária de 8,6.º C a 25,2.º C que foram respectivamente a mínima e a máxima temperatura média diária nos anos de 1960 — 1961 — 1962, tem-se uma variação de consumo de

$C25{,}2$ = 64,8 l/s
$C\,8{,}6$ = 53,7 l/s

$$\therefore \frac{C25{,}2}{C8{,}6} = 1{,}21$$

Observando-se que se trata de uma variação entre valores máximo e mínimo, conclue-se que o valor 1,5, atualmente adotado para coeficiente de dia de maior consumo, parece algo exagerado, principalmente porque êste último é obtido pelo quociente

$$\frac{\text{consumo do dia de maior consumo}}{\text{consumo médio diário}}$$

À primeira vista, parece que na fixação do coeficiente do dia de maior consumo não se levou em conta fatores locais, como por exemplo, a existência de reservatórios domiciliares, cuja influência no consumo será abordada num próximo artigo, pelos autores do presente. Outrossim, estudos análogos ao presente, porém para outros setores, também se fazem necessários para esclarecimento definitivo do problema.

2) Estudos semelhantes ao atual e efetuados na Alemanha, determinaram uma temperatura média diária limite, abaixo da qual não há variação de consumo. Esta temperatura é 14,7.° C.

No estudo atual, não se pôde determinar nenhuma temperatura, abaixo da qual não houvesse variação no consumo. Entretanto pelas próprias condições locais de clima e costumes, esta temperatura, se houver, supõe-se que deverá se situar em torno de 10.°C. Esta é, no entantto, apenas uma opinião, nada havendo no momento, que possa comprová-la.

3) A comprovação da inter dependência de consumo e temperatura e a possibilidade da obtenção de uma equação correlacionando-as, sugere um novo processo para a obtenção da vazão do dia de maior consumo. Êste método consistiria em, conhecendo-se a equação já citada, obter-se o consumo para um valor de t tão alto, que seria pequena probabilidade de ser ultrapasada.

N.°	Consumo (l/s)	Temperatura Média Diária (.°C)	N.°	Consumo (l/s)	Temperatura Média Diária (.°C)
1	61,8	17,9	28	61,5	22,4
2	58,2	17,7	29	60,5	20,4
3	59,9	18,6	30	56,9	15,4
4	50,0	13,4	31	57,3	13,2
5	57,2	13,9	32	58,2	14,4
6	56,2	13,5	33	58,2	15,8
7	56,9	14,7	34	62,7	20,8
8	58,3	14,9	35	64,1	24,9
9	59,9	15,7	36	62,8	23,5
10	60,7	17,5	37	63,6	21,5
11	57,5	15,7	38	59,9	18,7
12	60,8	18,5	39	65,1	22,9
13	61,8	20,3	40	60,8	20,5
14	53,5	8,6	41	61,8	21,1
15	57,5	10,0	42	60,3	19,4
16	60,7	19,7	43	58,5	18,9
17	55,8	14,7	44	64 2	21,7
18	63,0	22,0	45	65,2	22,2
19	56,0	16,0	46	64,0	20,7
20	58,1	17,3	47	64,0	19,9
21	58,7	18,4	48	60,9	17,1
22	58,2	18,2	49	59,5	14,2
23	62,0	21,5	50	64,0	21,5
25	60,6	18,5	51	66,5	21,1
26	63,2	22,1	52	63,0	22,2
27	63,0	23,2	53	62,8	22,1