



# “AVALIAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CONSUMO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO DE CAMPINAS”

1. Kauan Polli de Oliveira 2. André Luís Sotero Salustiano Martim

## 1. RESUMO DO PROJETO PROPOSTO

O dimensionamento das redes de distribuição de água em uma determinada região deve garantir o suprimento de água 24 h por dia, de forma a atender os horários de pico de consumo. Deste modo, tem-se como premissa o conhecimento a respeito da vazão média demandada pela população, além das flutuações que podem ocorrer neste valor. Para isso, são calculados os coeficientes de pico  $k_1$  e  $k_2$ , que são adimensionais obtidos a partir do quociente entre a demanda em um momento particular e a demanda média de um determinado período. Este trabalho teve como objetivo avaliar os coeficientes de pico para quatro bairros da região de Campinas/SP, no período de 2014 a 2020, e comparar os resultados obtidos com os valores sugeridos pela aplicação de equações empíricas e pela norma, além de avaliar os impactos no abastecimento público, agregando valor aos resultados já existentes na literatura específica da área, e ampliando também o conhecimento relacionado ao dimensionamento de redes de distribuição de água.

## 2. INTRODUÇÃO

A sobrevivência da espécie humana, a preservação do meio ambiente, da biodiversidade e das relações entre os seres vivos e ambientes naturais são fatores fundamentalmente dependentes da disponibilidade da água (BACCI; PATACA, 2008). Nesse contexto, é importante que a água chegue aos usuários de maneira eficaz. Para isso, são desenvolvidos os sistemas de abastecimento de água, caracterizados por conter infraestruturas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água da natureza (HELLER; PADUA, 2006). A concepção de um sistema de distribuição de água pressupõe o conhecimento a respeito da vazão de demanda  $Q_d$ . Para isso, é necessário conhecer as definições relativas as vazões de consumo  $Q_{wc}$  e de vazamento  $Q_{wl}$ . Trifunovic (2006) define  $Q_{wc}$  como a quantidade de água diretamente utilizada pelos consumidores e  $Q_{wl}$  como a quantidade perdida fisicamente no sistema, de modo que a vazão de demanda é dada pela Equação 01:

$$Q_d = Q_{wc} + Q_{wl} \quad (\text{Equação 01})$$

sendo que os termos  $Q_d$ ,  $Q_{wc}$  e  $Q_{wl}$  são comumente expressos em metro cúbico por hora ( $m^3/h$ ) ou em metro cúbico por segundo ( $m^3/s$ ).

### 2.1 Coeficientes de Consumo

O dimensionamento da rede de distribuição deve levar em conta também as flutuações que ocorrem na demanda de água para o cálculo da vazão de consumo  $Q_{wc}$ . Para tanto, são utilizados os coeficientes



de pico. Dois coeficientes amplamente utilizados para o cálculo da infraestrutura de distribuição de água são os coeficientes do dia de maior consumo  $K_1$  e o coeficiente da hora de maior consumo  $K_2$ , de maneira que a vazão de consumo é dada pela Equação 02 (PORTO, 2006):

$$Q_{wc} = \frac{K_1 * K_2 * p * q_m}{h} \quad (\text{Equação 02})$$

em que  $p$  é a população a ser abastecida,  $q_m$  é a cota média de consumo per capita da população em litros/habitantes/dia e  $h$  é o número de horas de operação do sistema. A NBR 12218/2017 recomenda a utilização dos seguintes valores para estes coeficientes:  $K_1=1,2$  e  $K_2=1,5$ .

Os coeficientes de pico, segundo Porto (2006), são influenciados pelas características da região, podendo variar de acordo com a área de interesse, estações do ano, clima, e situações inesperadas, como a situação de *lockdown* imposta em diversos países devido a pandemia decretada por conta do Covid-19: uma pesquisa desenvolvida por Balacco *et al.* (2020), apresentou o impacto da mudança nos hábitos da população na demanda de água em cinco cidades da Itália, enfatizando a vulnerabilidade na previsão da demanda, especialmente em situação de crise sanitária, quando o abastecimento contínuo é essencial.

## 2.2 Impacto dos coeficientes de consumo no sistema de abastecimento

O uso de coeficientes de pico sem o conhecimento do perfil de consumo da região a ser atendida pode levar ao subdimensionamento da rede de abastecimento. Isto ocorre devido ao fato de que o cálculo da vazão de projeto depende diretamente do coeficiente de pico de consumo, como apresentado pela Equação 2, além de que o uso de valores menores implica em vazões de projeto menores, acarretando em menores diâmetros de dimensionamento das redes de abastecimento e gerando maiores perdas de carga nos horários de maior vazão, conforme a equação de perda de carga de Darcy-Weisbach, apresentada na Equação 3:

$$\Delta h = K \cdot Q^2 \quad (\text{Equação 03})$$

em que  $\Delta h$  é a perda de carga em metros;  $K$  é a constante de perda de carga, representando a relação entre o diâmetro do tubo em metros, o comprimento, o fator de atrito da tubulação, a aceleração da gravidade e a constante  $\pi$ . Como mostra a Equação 3, para um trecho tubulação de mesmo material, diâmetro e extensão, quanto maior a vazão, maior a perda de carga, numa relação quadrática. Maiores perdas de carga implicam em menores pressões disponíveis no sistema, o que pode resultar em falha do sistema de abastecimento, falta de água, pressão insuficiente ou ainda em aumento de custo com pressurização.

## 2.3 Equações empíricas para estimativa de coeficientes de consumo

Outra maneira de estimar os coeficientes de pico para realização do dimensionamento de um sistema de distribuição de água consiste na utilização de equações empíricas que podem ser encontradas na literatura internacional (HARMON, 1918; BABBITT, 1928; METCALF, L.; EDDY, 1935; JOHNSON, 1942; GIFFT, 1945; DE MARINIS, G.; GARGANO, 2004; BALACCO *et al.*, 2017). As equações apresentadas por estes autores foram desenvolvidas com base em regiões de diversos países,



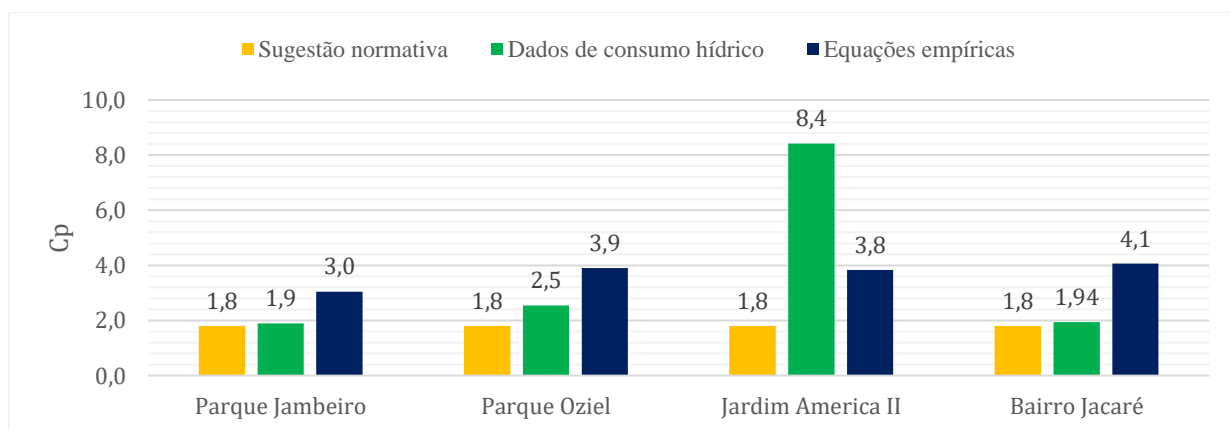
que possuem condições climáticas e sociais divergentes entre si e das regiões brasileiras, o que pode conduzir a incertezas nos resultados obtidos a partir da aplicação de uma destas equações a uma localidade brasileira. A fim de minimizar estas incertezas, pode-se recorrer ao cálculo da média dos resultados obtidos pela aplicação de todas estas equações a um determinado território, excluindo possíveis *outliers*, facilmente identificáveis a partir de elementos visuais como gráficos.

Este trabalho apresenta os resultados dos valores de coeficientes de pico de consumo hídrico gerados a partir da aplicação de sete equações empíricas disponíveis na literatura para as regiões abastecidas pelo reservatório Irerê (Várzea Paulista/SP), para os bairros Parque Jambuí e Parque Oziel (ambos em Campinas/SP) e para o bairro Jacaré (Cabreúva/SP). Também é desenvolvida uma análise comparativa entre os valores obtidos a partir da aplicação das equações, com os valores obtidos a partir da análise dos dados de consumo hídrico para estas quatro regiões, observando a concordância com os valores recomendados pela NBR 12218/2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017). A metodologia aplicada pode ser verificada acessando-se o relatório final de pesquisa correspondente a este resumo.

### 3. RESULTADOS E ANÁLISE

Este estudo determinou os coeficientes de pico diário (K1) e horário (K2) e o valor de  $C_p$  (produto entre K1 e K2) para quatro diferentes regiões: Parque Jambuí, Parque Oziel, Jardim América II e Bairro Jacaré, utilizando três métodos diferentes: Adoção do valor sugerido pela referência normativa, avaliação de dados de consumo hídrico e aplicação de equações empíricas.

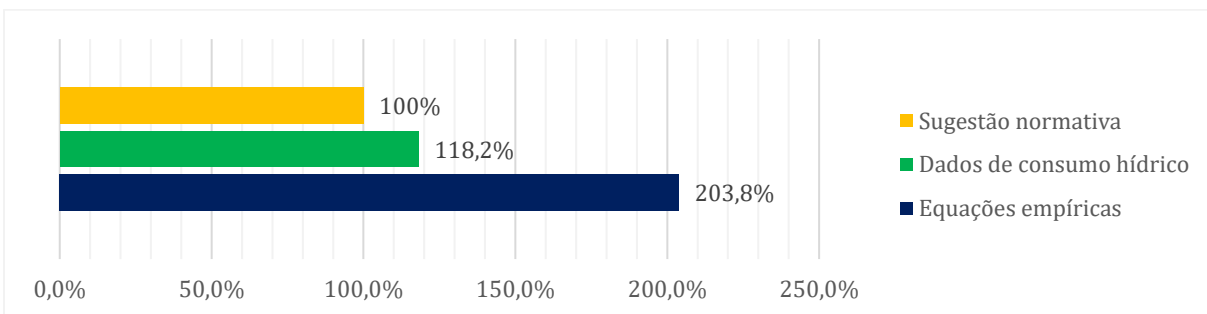
Os valores utilizados como base para as análises fazem referência a média dos resultados obtidos. Desta maneira, em uma mesma região, no caso dos dados de consumo hídrico, foram utilizadas as médias dos valores obtidos ao longo dos anos para K1 e K2, obtendo um  $C_p$  médio. Semelhantemente, no caso da aplicação das equações empíricas, foi utilizada a média dos sete valores encontrados a partir das sete equações. A Figura 01 apresenta os valores encontrados para cada método em cada uma das regiões avaliadas, por meio de um gráfico de barras.



**Figura 01:** Valores de  $C_p$  obtidos através de três diferentes métodos para as quatro regiões avaliadas



A Figura 01 mostra que, em todas as regiões estudadas, o valor de  $C_p$  indicado pela referência normativa foi superado tanto pelo valor obtido através da avaliação dos dados de consumo hídrico quanto pelo valor sugerido pela aplicação das equações empíricas, o que pode indicar subdimensionamento das redes de adução e de distribuição das regiões correspondentes. Tomando como base os valores médios em relação as regiões, construiu-se um gráfico de barras, apresentado na Figura 02, que exibe a relação entre o resultado de cada método e a sugestão normativa, dada pelo quociente dos resultados entre os métodos correspondentes pelo 1,8 correspondente à indicação da norma.



**Figura 02:** Relação entre os valores obtidos através dos diferentes métodos e a sugestão normativa

A Figura 02 permite concluir que, em relação a média dos valores, a sugestão normativa incorre em subdimensionamento da rede, haja visto que os dados de consumo hídrico indicam a utilização de um  $C_p$  aproximadamente 1,2 vezes maior do que o sugerido pela norma.

#### 4. CONCLUSÕES

A aplicação das equações empíricas nos quatro diferentes territórios resultou em um valor de  $C_p$ , em média, aproximadamente duas vezes maior do que o valor de  $C_p$  sugerido pela NBR 12218/2017. Em se tratando da utilização dos dados de consumo hídrico, obteve-se um  $C_p$  aproximadamente 1,2 vezes maior do que o recomendado pela norma.

Em todos os bairros avaliados a sugestão normativa foi superada tanto pela aplicação das equações empíricas quanto pela avaliação dos dados de consumo hídrico, não havendo, desta maneira, nenhum ano dentre os avaliados em que a referência normativa tenha sido adequada ou suficiente para descrever o consumo hídrico. Estes resultados indicam que pode estar ocorrendo o subdimensionamento das redes de distribuição de diversos sistemas de abastecimento de água, tendo em vista a ampla utilização do valor recomendado pela NBR 12218/2017 na concepção e no dimensionamento das redes, sendo está uma das poucas referências que falam a respeito de um valor a ser adotado para o  $C_p$ .

Conclui-se também que, como a vazão de demanda  $Q_d$  depende do coeficiente de pico, e a perda de carga nas tubulações depende de  $Q_d$ , o subdimensionamento pode resultar em eventual falta de recurso



hídrico nos dias em que forem verificados os picos de consumo (principalmente se a capacidade de oferta do manancial em que se é feita a captação não for elevada).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2017.

BABBITT, H.E. Sewerage and Sewage Treatment. **Wiley: New York**. 3 ed, p. 20-33. Nova Iorque, Estados Unidos da América, 1928.

BACCI, D.; PATACA, E. Educação para a água. **Revista Estudos Avançados**. Vol.22, No. 63. p. 211-226, 2008. Disponível em <<http://www.periodicos.usp.br/eav/article/view/10302>>. Acesso em 10/04/2019, 12:32.

BALACCO, G. *et al.* Evaluation of Peak Water Demand Factors in Puglia (Southern Italy). **Water**, vol. 9, p. 96. 2017.

BALACCO, G. *et al.* Influence of COVID-19 Spread on Water Drinking Demand: The Case of Puglia Region (Southern Italy). **Sustainability**, vol. 12, 2020.

DE MARINIS, G.; *et al.* La richiesta di portata per piccoli agglomerati residenziali. **Proceedings...** In: 23° Convegno Di Idraulica E Costruzioni Idrauliche. Trento, Italia, 2004.

GIFFT, H. M. Estimating Variations in domestic Sewage Flows. **Water Works Sewerage**, vol 92, p. 175-177. 1945.

HARMON, W.G. Forecasting sewage at Toledo under dry weather conditions. **Eng. News Rec.** Vol.80, p. 1233. Estados Unidos da América, 1918.

HELLER, L.; PADUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

JOHNSON, C. F. Relation between average and extreme sewage flow rates. **Eng. News Rec.** Vol 129, p. 500-501. Estados Unidos da América, 1942.

METCALF, L.; EDDY, H.P. American Sewerage Practice, Volume III: Design of Sewers. **McGraw-Hill**. Vol I, 3 ed., Nova Iorque, Estados Unidos da América, 1935.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica básica**. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006.

TRIFUNOVIC, N. **Introduction to urban water distribution**. Unesco-IHE Lecture Note Series. CRC Press, 2006. 528 p.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), e à Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A - Sanasa Campinas pela disponibilização de dados. Agradecemos também à FAEPEX-UNICAMP, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa. Agradecemos também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP, processo 2017/09921-2 pelo apoio financeiro. Agradecemos também ao BWRC- Brazilian Water Reseach Center - Fapesp n ° 2019/11353-8.