

I-110 - DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES DE CLASSE MÉDIA – ALTA NO MUNICÍPIO DE BELÉM/PA

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará.

Paula Danielly Belmont Coelho

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Victor Saré Ximenes Ponte

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Pará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Boaventura da Silva, 1035, apto 1402 – Nazaré – Belém – Pará - CEP: 66055-090 – Tel: +55 (91) 98842-8600 – e-mail: luiza.girard@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa buscou determinar o valor de consumo *per capita* de água em edifícios multifamiliares de classe média alta em Belém-PA. O trabalho foi dividido em cinco etapas distintas: levantamento bibliográfico, solicitação de autorização junto aos empreendimentos residenciais verticais para a realização de coleta de dados, caracterização da estrutura hidráulica das edificações, leitura dos hidrômetros individuais durante 9 meses e organização de dados e tratamento estatístico para obter o valor de coeficiente de consumo *per capita* médio nessas edificações, além da realização do estudo de influência da temperatura e precipitação no consumo hídrico médio. Foram estudados dois empreendimentos, A e B, com 44 e 58 apartamentos, respectivamente, hidrometrados. O presente trabalho apresenta as medições dos hidrômetros nos edifícios de classe média alta nos meses de outubro de 2017 a junho de 2018. Procedendo a medição nos meses de estudo e observando o contingente de habitantes por apartamento chegou-se a um valor médio de consumo *per capita* de 450,72 L/hab.dia. Os valores obtidos revelam a desigualdade entre os dados utilizados em diversos projetos de abastecimento de água com o que de fato é demandado, esta diferença pode ocasionar em problemas como interrupções do serviço, além de problemas ocasionados pelo sub ou superdimensionamento da rede.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, empreendimentos residenciais verticais, consumo per capita.

INTRODUÇÃO

De acordo com Tsutiya (2013) o dimensionamento do sistema de abastecimento de água é dependente “das vazões de água que, por sua vez, dependem do consumo médio por habitante, da estimativa do número de habitantes, das variações de demanda, e de outros consumos que podem ocorrer na área em estudo”. Nesse sentido, o consumo médio por habitante é um item importante a ser avaliado para o dimensionamento desses sistemas.

Conforme explicam Heller e Pádua (2006), a definição de consumo *per capita* é a representação do consumo médio diário, por pessoa, a partir dos volumes demandados para atender aos consumos doméstico, comercial, público e industrial, além das perdas que ocorrem ao longo do sistema, apresentando como unidade usual o L/hab.dia.

A medição do consumo de água pode ser feita de duas formas: micromedição e macromedição. Quando existem hidrômetros a concessionária deve proceder a leitura e posterior cobrança. De acordo com Wanghon e Ferreira (2016), os elementos a serem analisados na leitura são: consumo no período por tipo de economia (residencial, industrial, comercial ou público) e o número de cada tipo de economia (avaliar o número de habitantes atendido e o índice de atendimento). Enquanto que o conceito básico de macromedição, segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2013), a consiste na técnica de medição de grandes vazões e de volumes de água aportados. Quando não existe medição podem ser adotados valores estimados de consumo conforme a demanda *per capita* de água e os seus coeficientes de variação de vazão encontrados em medições de setores ou sistemas com características semelhantes a esta (TSUTIYA, 2006). Segundo dados do SNIS (2017), 65,7%

das ligações de abastecimento de água potável na região Norte não apresentam hidrômetros enquanto que a média nacional é de 93,2%.

A relação entre o uso de água para consumo doméstico em quantidade e qualidade deficientes com as possíveis ocorrências de doenças de veiculação hídrica fundamenta a importância de abastecimento hídrico de qualidade e em quantidade necessárias para a garantia de consumo e de práticas de higiene como medidas preventivas de doenças. Conforme Dalmônica (2014), a demanda de consumo de água é influenciada por diversos fatores, como a tarifa, as características dos equipamentos hidro sanitários, a administração do sistema de abastecimento, os aspectos climáticos e o nível sócio econômico da população. Segundo Santos (2011), além de variáveis diárias, horárias e instantâneas, o consumo de água tem variações que são anuais, em que o consumo tende a crescer com o decorrer do tempo devido ao aumento populacional; e mensais, com variações que ocorrem ao longo dos meses e estão intimamente relacionadas ao clima, ou seja, a sazonalidade. Heller e Pádua (2006) afirmam que a maior parcela do consumo é destinada para fins higiênicos, além disso, os mesmos autores citam que mesmo entre países industrializados, o consumo doméstico varia entre 130 a 239 L/hab.dia.

Silva *et al.* (2008) realizaram um estudo em Cuiabá-MT onde foi verificada a correlação entre variáveis socioeconômicas e climáticas na determinação do consumo *per capita* de água. Os resultados indicaram a não influência entre as variáveis, diferenciando-se da literatura clássica. Por outro lado, o consumo *per capita* e as variáveis sócio econômicas alcançaram uma correlação de $R^2=0,7947$. Já Dias *et al.* (2010) verificaram a interferência da renda familiar no consumo de água no município de Belo Horizonte, mostrando uma correlação íntima entre ambos com coeficiente de determinação superior a 0,8.

Por esse motivo, em face da necessidade de adequação de parâmetros de projeto mais adequados à realidade dos bairros e cidades, o objetivo do trabalho é determinar o consumo *per capita* de água de edifícios multifamiliares de classe média alta na cidade de Belém-PA com base em medições mensais dos hidrômetros das unidades habitacionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em dois edifícios de classe média-alta, localizados em bairros da zona central de Belém-PA.

A metodologia adotada foi dividida em cinco etapas distintas visando a melhor compreensão de como o trabalho foi realizado até que fosse possível a determinação de um coeficiente de consumo *per capita* de água potável para o público alvo:

- Etapa I: levantamento de dados bibliográficos quanto ao consumo *per capita* disponível em diversos estudos;
- Etapas II: contato nos empreendimentos residenciais verticais visando obter aprovação para a realização dos estudos;
- Etapa III: caracterização da estrutura hidráulica das edificações;
- Etapa IV: leitura dos hidrômetros individuais durante 9 meses;
- Etapa V: Organização de dados e tratamento estatístico para obter o valor de coeficiente de consumo *per capita* médio nessas edificações, além da realização do estudo de influência da temperatura e precipitação no consumo hídrico médio.

Durante os meses de outubro de 2017 a junho de 2018, foi realizada mensalmente a visita aos prédios para a realização da leitura dos hidrômetros, o que possibilitou o cálculo de consumo *per capita*. São apresentados valores quanto ao consumo médio de cada apartamento por dia, cuja metodologia adotada para o referido cálculo está apresentada na Equação 1.

$$\text{Consumo médio (L/apto.dia)} = ((\text{consumo atual} - \text{consumo anterior}) * 1000) / \text{intervalo de dias entre as medições}$$

(Equação 1)

Para a verificação do consumo média *per capita* (em L/habitante.dia), foi levado em consideração o consumo médio (em L/apartamento.dia) calculado por meio da Equação 1, porém observando a quantidade de moradores em cada apartamento, conforme a Equação 2.

$$\text{Cons. Médio per capita (L/apto.dia)} = ((\text{consumo atual} - \text{consumo anterior}) * 1000) / (\text{intervalo de dias entre as medições} * n^{\circ} \text{ de habitantes})$$

(Equação 2)

RESULTADOS

No presente estudo foram analisados dois empreendimentos residenciais verticais de classe média-alta, localizados em um bairro nobre do município de Belém-PA, no bairro de Nazaré. Foram intitulados os edifícios como A e B, em que cada um possui 44 e 58 apartamentos, respectivamente.

O edifício A possui 22 andares de apartamentos, sendo os apartamentos com área de cerca de 177m², sendo 2 apartamentos por andar, cada um possuindo sala, 3 suítes, 1 escritório, 1 lavabo, 4 banheiros, 1 copa-cozinha, 1 quarto de arrumos e varanda com churrasqueira individual.

O edifício B possui 29 andares, com 2 apartamentos por andar, com área de 156 m², sendo sala, 3 suítes, 1 lavabo, 4 banheiros, 1 escritório, 1 copa-cozinha, 1 lavanderia e 1 sacada com churrasqueira individual.

O sistema de abastecimento do prédio A utiliza água proveniente da concessionária de abastecimento local, enquanto que o prédio B possui um sistema de captação subterrânea com posterior cloração para abastecimento dos apartamentos além de abastecimento pela concessionária local para atender as áreas de uso comum do prédio e em casos excepcionais, para os apartamentos. Esta água, após captação, é encaminhada para cisternas e então bombeada para o reservatório superior que, por gravidade, distribui para todos os apartamentos.

Foi verificado que os dois edifícios possuem as mesmas características em relação ao quantitativo de pontos de consumo hídrico, como pode ser verificado a seguir: Edifícios A e B – 4 chuveiros, 5 vasos sanitários, 6 pias, 1 pia de cozinha, 1 tanque e 1 máquina de lavar roupas.

Alguns apartamentos estavam desocupados, não possuíam hidrômetros, ou apresentaram alguma irregularidade no aparelho medidor, logo, estes não foram levados em consideração para o cálculo de consumo. Desta forma o número de apartamentos avaliados no cálculo variou a cada medição mensal. Dentre os 9 meses de medição realizadas, considerou-se em média 40 e 51 apartamentos nos edifícios A e B, respectivamente, no qual a somatória de habitantes em cada um dos prédios é de 143 e 108 pessoas. Com este valor, é possível verificar que a densidade de ocupação é de 3,58 (edifício A) e 2,13 hab/apto (edifício B).

Os resultados obtidos de consumo por apartamento, calculados por meio da Equação 1, podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo por apartamento no período de outubro de 2017 a junho de 2018.

Mês de referência	Edifícios									
	Edifício A					Edifício B				
	Nº de apto.	Mínimo (l/apto.dia)	Média (l/apto.dia)	Máximo (l/apto.dia)	Desvio Padrão	Nº de apto.	Mínimo (l/apto.dia)	Média (l/apto.dia)	Máximo (l/apto.dia)	Desvio Padrão
Outubro/2017	40	156,1	850,1	2414,6	434,2	52	202,6	1039,7	2496,3	443,0
Novembro/2017	40	242,0	858,4	1992,6	335,7	52	206,9	1018,0	2517,9	464,3
Dezembro/2017	41	222,8	825,3	2013,1	347,5	50	200,7	975,4	2640,5	539,9
Janeiro/2018	40	283,5	856,8	2816,5	444,4	52	190,7	953,8	1937,8	409,1
Fevereiro/2018	37	234,1	791,3	1818,5	330,4	51	188,7	925,1	2339,7	469,1
Março/2018	39	244,7	838,0	2518,1	424,5	51	241,7	964,8	2351,1	472,1
Abril/2018	41	288,8	931,9	2982,1	457,8	49	228,4	979,6	2421,3	473,5
Mai/2018	41	250,0	840,8	1791,5	362,8	49	203,9	1055,5	5073,9	728,5
Junho/2018	40	56,4	632,0	1505,5	298,0	50	242,8	955,3	2625,2	421,1
Média Total (l/apto.dia)	-	219,8	825,0	2205,8	381,7	-	211,8	985,2	2711,5	491,2

Na Tabela 2, a seguir, estão relacionados os valores médios mensais de consumo *per capita* calculados por meio da Equação 2.

Tabela 2 - Consumo *per capita* no período outubro de 2017 a junho de 2018.

Meses	Edifício A		Edifício B	
	Nº de apto.	Média (L/hab.dia)	Nº de apto.	Média (L/hab.dia)
Outubro/2017	40	265,1	52	694,9
Novembro/2017	40	266,4	52	598,4
Dezembro/2017	41	260,2	50	662,5
Janeiro/2018	40	269,0	52	589,2
Fevereiro/2018	37	273,7	51	602,1
Março/2018	39	277,8	51	624,3
Abril/2018	41	318,9	49	614,2
Mai/2018	41	291,4	49	687,2
Junho/2018	40	206,9	50	589,3
Média Total (l/hab.dia)	-	269,9	-	629,1

Conforme pode ser observado mediante o presente estudo, os valores do coeficiente de consumo *per capita* observados nos dois edifícios variaram entre 206,86 e 318,88 L/hab.dia (*edifício A*) e 598,4 e 694,9 L/hab.dia (*edifício B*). Esse cenário está de acordo com o citado por Von Sperling (2014), onde cidades com mais de 250 mil habitantes, como é o caso do município de Belém, possuem coeficientes de consumo *per capita* de água potável que podem ultrapassar o valor de 300 L/hab.dia.

Além do fator supracitado, outros fatores podem influenciar no volume médio consumido diariamente por cada habitante de uma cidade, tais como a fonte de abastecimento de água, a renda média, a temperatura da região e a precipitação anual.

Quanto à fonte de abastecimento de água, sabe-se que quando o abastecimento é por meio de solução alternativa individual, como poço, há uma tendência de aumento no volume total consumido em comparação ao abastecimento por meio da concessionária pública, tendo em vista que a concessionária realiza cobrança do

volume de água consumido, seja por meio de estimativa do consumo (taxação) ou medição individualizada (tarifação em função do volume medido).

Segundo Tsutiya (2013), o custo é a variável que possui maior influência na demanda doméstica de água. O autor afirma que elevações ou reduções no preço da água causam diminuição ou aumento no consumo.

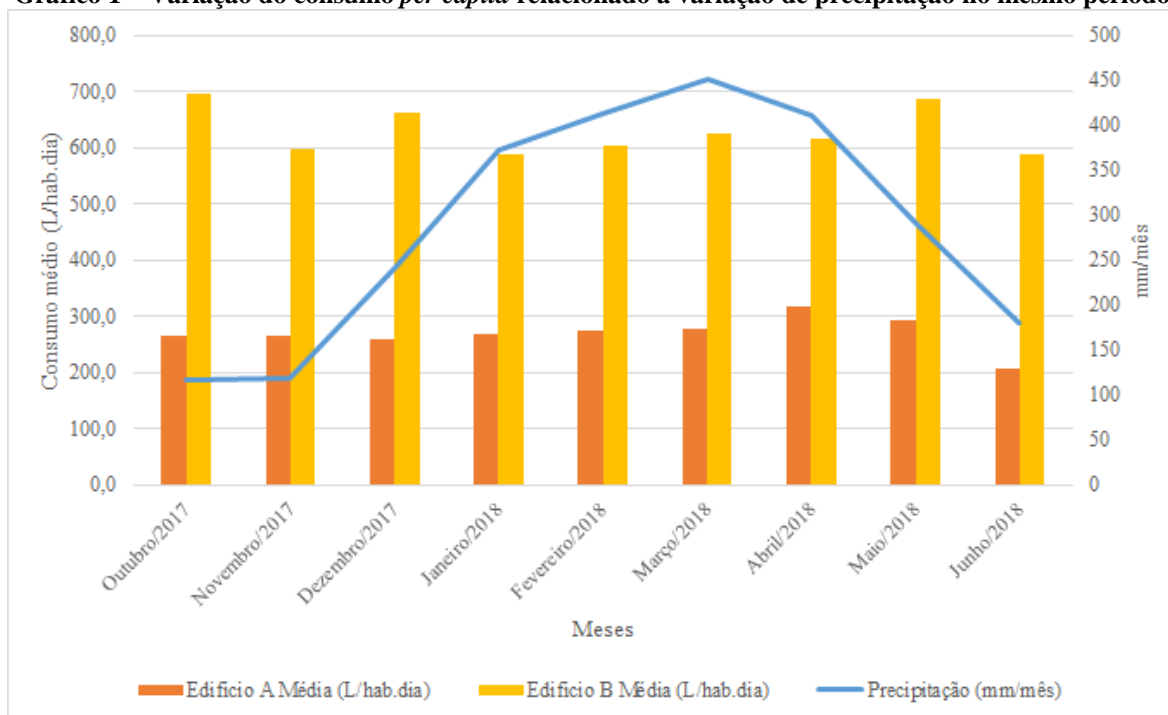
Essa hipótese é confirmada no presente trabalho, tendo em vista que o edifício B, que é abastecido por meio de poço, possui coeficiente de consumo *per capita* 2,3 vezes maior que o edifício A, que é abastecido exclusivamente pela concessionária pública.

No que tange a influência da precipitação e da renda média anual no consumo médio diário de água potável pela população, de acordo com Von Sperling (2014), considerando uma localidade com renda alta, o que pode ser contemplado tendo em vista o fato dos prédios analisados serem de alto padrão e precipitação também alta (acima de 1.350 milímetros anuais, como é o caso de Belém, cuja precipitação média anual é da ordem de 3.000 milímetros), o consumo diário tende a ficar em torno de 150 a 200 L/hab.dia, sendo que esses valores tendem a ser 10% maiores se a cidade considerada for de grande porte (mais de 250 mil habitantes).

Assim, observa-se que o edifício A, apesar de ter extrapolado esse intervalo, ficou relativamente próximo do limite superior do mesmo considerando o acréscimo de 10% em função do porte populacional do município. Enquanto que o edifício B, em função dos valores médios do coeficiente bem maiores, extrapolou consideravelmente esse intervalo, o que pode ser explicado parcialmente pela fonte de abastecimento de água do edifício.

Quanto à influência da precipitação no consumo de água, considerando que o município de Belém possui dois períodos distintos quanto a variação anual de precipitação, chuvoso entre os meses de dezembro a maio e de estiagem entre junho a novembro (HIDROWEB, 2016), foi determinado para o edifício A média de 281,8 L/hab.dia para o período chuvoso e 246,1 L/hab.dia para o período seco; para o edifício B, a média de 629,9 L/hab.dia para o período chuvoso e 627,5 L/hab.dia para o período seco. Desta forma, foi observado que não houve grande variação do consumo *per capita* em função a este fator. É importante ressaltar que a análise não conta com todos os meses do ano, visto que para o período seco só há 3 meses. Além disso, outro fato que pode explicar o período chuvoso apresentar maiores valores de consumo, é que no edifício A o mês de abril (318,9 L/hab.dia) e no edifício B o mês de maio (687,2 L/hab.dia), foram os meses que tiveram uma elevação do consumo, talvez pela transição de temperatura do período. O edifício A apresentou a maior variação (35,7 L/hab.dia), em comparação com o edifício B (2,4 L/hab.dia) no período de maior precipitação. Os resultados podem ser verificados no Gráfico 1.

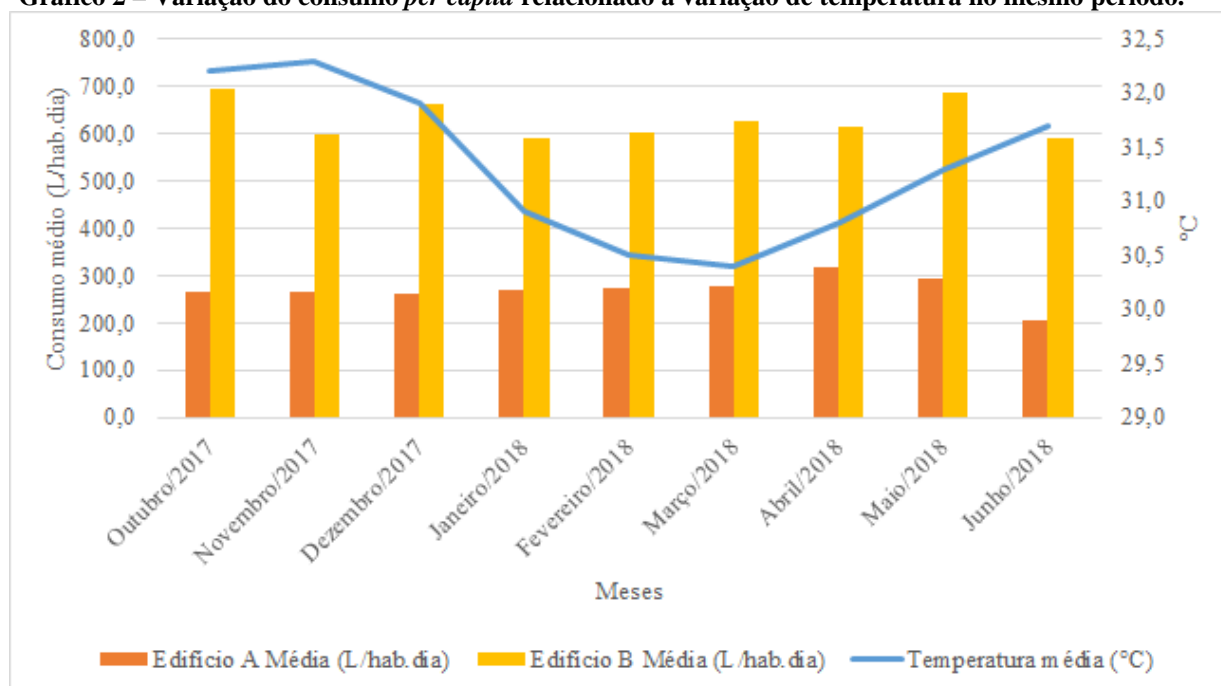
Gráfico 1 – Variação do consumo *per capita* relacionado à variação de precipitação no mesmo período.



Fonte: Hidroweb, Autora (2018).

Ao analisar as variações sazonais de temperatura na cidade de Belém, notou-se que, assim como a precipitação, no período com menores temperaturas, foram os que resultaram em maior média de consumo *per capita*. Porém a mesma explicação pode ser aplicada a este fator na que foi mencionado ao explicar os resultados correlacionados à precipitação. Por meio do Gráfico 2, observa-se que a medida que a temperatura aumenta, o consumo acompanha a curva, resultando nos meses de abril (*edifício A*) e maio (*edifício B*) de 2018 como os maiores consumos durante o período avaliado.

Gráfico 2 – Variação do consumo *per capita* relacionado à variação de temperatura no mesmo período.



Fonte: INMET, Autora (2018).

Outra questão a ser levantada dentre as edificações pesquisadas, é relacionado à densidade populacional em cada um. Conforme mencionado anteriormente, as ocupações nos dois prédios possuem taxas diferenciadas, de 3,58 (edifício A) e 2,13 hab/apto (edifício B). Tais valores demonstram que mesmo possuindo menor quantidade de pessoas por apartamento no edifício B, ainda assim, este apresenta consumo de água *per capita* significativamente superior.

Portanto, mediante o presente estudo, tendo em vista a necessidade de ajuste de parâmetro de projeto mais adequados à realidade dos bairros e cidades, por meio das medições mensais dos hidrômetros das unidades habitacionais investigadas, foi possível determinar o valor médio do coeficiente *per capita* de água potável de 450,72 L/hab.dia, que está próximo do intervalo estabelecido por Macintyre (2010) para esse tipo de empreendimento, da ordem de 300 a 400 L/hab.dia.

Esta determinação é importante para a comparação dos valores de consumo *per capita* obtidos em campo com os valores citados na literatura técnica, bem como na identificação de valor adequado para as condições climáticas, econômicas e sociais locais; contribuindo para que sejam evitados subdimensionamento das unidades de sistemas de abastecimento de água e, por consequência, a ineficiência do atendimento público por abastecimento de água, bem como superdimensionamentos, que encarecem as obras de engenharia.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos no presente estudo, foi possível atender os objetivos propostos neste trabalho, com os quais, constatou-se a importância de analisar os dados de consumo *per capita* de água potável em conjunto com diversos outros fatores capazes de influenciar diretamente e indiretamente no consumo.

Dentre os fatores mais relevantes para a variação do consumo hídrico está a fonte de abastecimento, entre concessionária e solução alternativa individual, como poço, pois observou-se a grande variação de consumo médio *per capita* entre os edifícios A (269,9 L/hab.dia) e B (629,1 L/hab.dia), que são abastecidos por concessionária e poço, respectivamente. O edifício B, abastecido por poço, apresentou um coeficiente de consumo *per capita* 2,3 vezes maior que o edifício A, que é abastecido exclusivamente pela concessionária pública.

Os parâmetros de temperatura e precipitação não mostraram grande influência na variação de consumo hídrico.

Com este estudo, foi obtido um coeficiente de consumo de água potável de 450,72 L/hab.dia, o que está significativamente superior ao estimado em estudos no estado do Pará (142,3 L/hab.dia). Este dado revela a disparidade de valores utilizados para muitos projetos de abastecimento de água com o que realmente é demandado, podendo ocasionar em interrupções do serviço, pelo menos no município de Belém, onde foi realizada a pesquisa.

O consumo *per capita* é um parâmetro essencial no processo de dimensionamento do abastecimento de água potável em uma determinada região, e por isso a importância da realização de um estudo detalhado da situação hídrica da localidade, com o objetivo de atender à demanda e para que não haja interrupções no abastecimento, tampouco problemas causados pelo sub ou superdimensionamento da rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – *Conjuntura dos Recursos hídricos no Brasil*, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf>. Acesso em: 18/09/2016.
2. CONEJO, J.G.L., LOPES, A.R.G. MARCKA, E. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. *Medidas de redução de perdas e elementos para planejamento*. Presidência da República – Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999.
3. DALMÔNIA, A. H. *Análise de fatores influenciadores do consumo de água em Uberlândia: o caso do setor sul*. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

4. DIAS, D.M. MARTINEZ, C.B. LIBÂNIO, M. *Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água*. In: *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.15, n.2, 2010, pp. 155-166.
5. HELLER, Léo. PÁDUA, Valter Lúcio de. *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
6. MACINTYRE, A. J. *Instalações Hidráulicas–Prediais e Industriais*. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
7. ROCHA, V.L. *Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações*. Florianópolis, 2012.
8. ROCHA FILHO, C.M. *Relatório Técnico*. Sabesp, 2002.
9. SANTOS. *Previsão de demanda de água na Região Metropolitana de São Paulo com redes neurais artificiais e condições socioambientais e meteorológicas*. 2011. 138 p. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade São Paulo, São Paulo, 2011.
10. SILVA, W.T.P.; SILVA, L.M.; CHICHORRO, J.F. *Gestão dos recursos hídricos: perspectivas do consumo per capita de água em Cuiabá*. In: *Eng. Sanit. Ambiental*. 2008, vol. 13, n.1, pp. 8-14.
11. SNIS. 2014 – *Diagnósticos de Água e Esgotos 2014*. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso: 31 jan. 2018.
12. SNIS. 2017 – *Diagnóstico de Águas e Esgoto 2017*. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>>. Acesso em: 29 mar. 2019.
13. TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de Água*. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
14. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
15. WANGHON, Y.D. S. FERREIRA, T. S.M. *Avaliação de indicadores de consumo per capita de água em uma edificação multifamiliar de alto padrão na cidade de Belém do Pará*. Belém, 2016.