



I-034 - A TAXA DE OCUPAÇÃO E O CONSUMO PER CAPITA

Eduardo Cohim⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista; Especialização em Engenharia de Irrigação; Mestre em Gerenciamento do Processo Produtivo, Ênfase em Tecnologias Limpas; Doutor em Energia e Meio Ambiente. Professor Adjunto do Curso de Engenharia Civil e do Programa de pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

Sérgio Ricardo dos Santos Silva

Engenheiro Civil, UEFS, 2000. Especialista em Construção Civil, FTC, 2006. Mestre em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa, UFBA, 2010. Professor do Curso de Engenharia Civil da UNIFACS. Engenheiro da Embasa ocupando a função de Gerente da Unidade Regional de Pirajá.

Alisson Meireles Brandão

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFBA - Universidade Federal da Bahia, 2007. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

Endereço⁽¹⁾: Av Transnordestina s/n – Novo Horizonte – Feira de Santana - BA - CEP: 44036-900 - Brasil - Tel: +55 (75) 3161 8056 - Fax: +55 (75) 31618056 - e-mail: edcohim@gmail.com

RESUMO

A água é o recurso menos substituível e mais essencial. Seu uso para as necessidades humanas já compromete 90% de sua disponibilidade global. As cidades representam demandas concentradas espacialmente com tendência de crescimento devido à crescente taxa de urbanização. Isso impõe a necessidade de se evoluir da gestão pela oferta para a gestão pela demanda, para o que será requerido um profundo conhecimento do comportamento do padrão de consumo. O consumo per capita é o principal indicador utilizado na elaboração de projetos e no planejamento de longo prazo para previsão dos volumes necessários para atendimento da demanda. Embora exista uma tendência de redução da taxa de ocupação domiciliar, pouco se tem estudado no Brasil sobre seu efeito no consumo per capita.

Para avaliar a importância desse fator, analisou-se o consumo de cerca de 35 mil residências em bairros populares de Salvador-BA.

Os resultados mostraram duas tendências absolutamente irreconciliáveis. Por um lado, o crescimento da população urbana e o aumento do consumo per capita e, por outro, a perspectiva de redução da oferta de água. Este trabalho chama, então, atenção para o impacto desse fato no planejamento futuro dos sistemas de abastecimento de água, o que por si só já justificaria uma preocupação maior com o fator taxa de ocupação na definição das demandas.

Dessa forma, este trabalho avaliou a influência da taxa de ocupação residencial no consumo per capita de água em domicílios situados no subúrbio da cidade do Salvador, Bahia. Oferecendo uma oportunidade única para avaliar, de forma isolada, a influência da taxa de ocupação no consumo per capita já que, praticamente, exclui a influência de outros fatores.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo per capita, taxa de ocupação, prédios populares, gestão pela demanda, oferta de água.

INTRODUÇÃO

A água é o recurso menos substituível e mais essencial. A humanidade já se apropria de cerca de 90% do fluxo global disponível (superficial e recarga dos aquíferos) que é da ordem de 9.500 km³ por ano. Entretanto, a água doce não é um recurso global, ela é distribuída de forma desigual por bacias hidrográficas, cujos limites apresentam características marcadamente regionais, Cohim (2011). E mesmo países de rico potencial hídrico como o Brasil, têm uma distribuição desigual da água através de seu território.

Sob o ponto de vista da disponibilidade da água, um fator ainda pouco levado em conta pelos responsáveis por sua gestão é a mudança na distribuição espacial e temporal da precipitação decorrente do aquecimento global.

Por exemplo, estudos apontam para reduções de cerca de 80% até 2050 nas vazões médias das bacias que abastecem Salvador (TANAJURA et al. 2007).

O abastecimento urbano é responsável no Brasil por 26% das retiradas de água (ANA, 2005). Além disso, as cidades representam demandas espacialmente concentradas que podem encontrar limites decorrentes tanto do excesso das demandas quanto pela escassez de água na proximidade, seja em quantidade, seja em qualidade.

Em se tratando de abastecimento urbano, o consumo per capita é o principal indicador utilizado para a elaboração de projetos de abastecimento de água, bem como o planejamento de longo prazo para previsão dos volumes necessários para atendimento da demanda doméstica.

No que concerne ao consumo per capita de água, a lista de fatores determinantes de sua magnitude varia de abrangência entre os diversos autores, havendo, entretanto, uma razoável coincidência entre eles. Para uma discussão desses fatores, ver, por exemplo, Matos (2007), Tsutyia (2006), Cheung (2009), etc.. Esses fatores podem ser agrupados em quatro categorias.

- 1- **Relacionados à gestão** – Preço e estrutura tarifária; campanhas educacionais; restrições de fornecimento; índice de micromedição; campanhas de melhoria das instalações hidráulicas (retrofit).
- 2- **Relacionados ao ambiente** – Temperatura; precipitação; evapotranspiração.
- 3- **Relacionados à residência** – tipo de residência (apartamento ou casa); idade da construção; tamanho da casa e do lote; tecnologias dos aparelhos hidráulicos.
- 4- **Fatores sócio-demográficos** – Renda familiar; idade dos moradores; taxa de ocupação.

Dentre os aspectos demográficos, talvez o mais importante e menos estudado seja o que relaciona o consumo per capita com a taxa de ocupação, isto é, o número de moradores por unidade de consumo. Alguns poucos exemplos vêm da Europa e da Austrália: POST (2000); Martínez-Espiñera (2002); Stewart et al (2005); Domene e Saurí (2006); Parsons (2007); Bartczak (2007); Schleich e Hillebrand (2009); Arbués et al (2010). Esses autores concordam que a taxa de ocupação, ou seja, o número de moradores por domicílio é um fator determinante do consumo per capita. Contudo, pouco se tem estudado acerca da influência desse fator nos valores de consumo per capita no Brasil.

Tal fato confere uma importância muito maior ao estudo mais detalhado da influência da taxa de ocupação visto que os dados demográficos indicam uma taxa de ocupação declinante ao longo dos últimos 40 anos, decorrência do envelhecimento da população e da queda de fecundidade, o que deverá ter um papel relevante nas políticas de gestão da demanda que deverão ser implantadas (**Figura 1**).

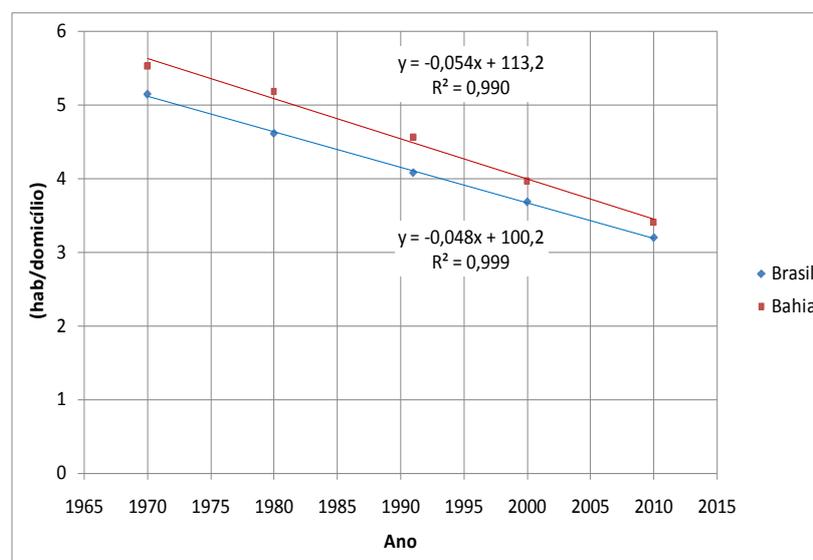


Figura 1: Evolução da taxa de ocupação por domicílio.

Tanto para o Brasil quanto para a Bahia, a cada dez anos a taxa de ocupação média cai 0,5 habitante por domicílio. Acrescente-se o processo de urbanização ainda em curso no Brasil que, em 2010, chegou a 84% e cuja previsão da Divisão de População da ONU é de que em 2050 atinja o percentual de 94%, conforme mostrado na **Figura 2**.

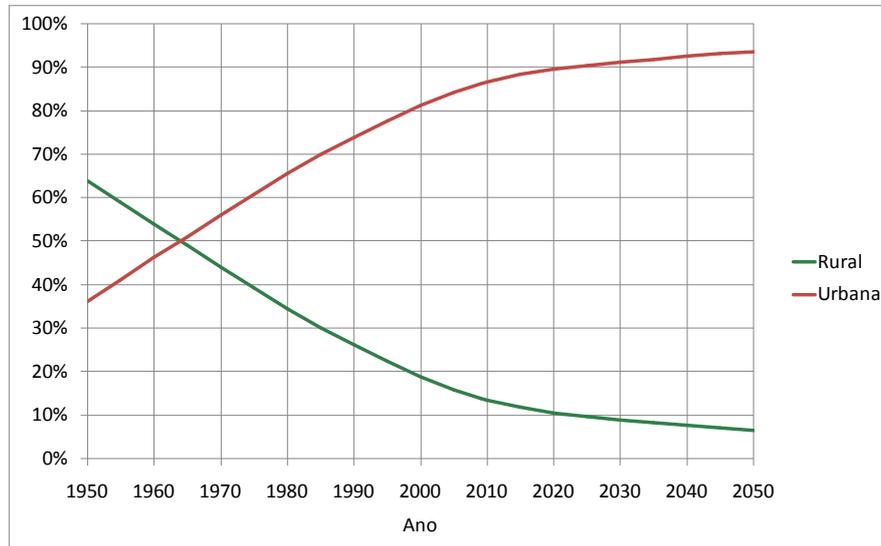


Figura 2: Urbanização no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo utilizou como amostra 1.695 apartamentos, que possuem ligações individualizadas, e 35.000 casas, todos com padrão construtivo popular, situadas em bairro do subúrbio de uma capital, cadastrados no Sistema Comercial da companhia de saneamento. Todos os imóveis têm seus consumos medidos individualmente há mais de dois anos.

Foram eliminados da amostra todos os registros de ligações cortadas ou inativas, bem como todos os que apresentaram consumo igual a zero nos últimos seis meses.

Os dados da amostra depurada foram agrupados segundo o número de residentes em cada unidade de consumo, sendo desprezados aqueles relativos a taxas de ocupação cujo número de ocorrências foi inferior a 30.

Os dados obtidos apresentam os consumos mensais medidos pela Embasa no período de doze meses consecutivos, com leituras dos hidrômetros e os respectivos números de moradores cadastrados no sistema comercial.

O consumo per capita em litros por pessoa e por dia foi calculado através da Equação 1, considerando o mês médio com 30 dias.

$$q = \frac{CM \times 1000}{30 \times N} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: q é o consumo *per capita*, L/hab.dia ;
 CM é o consumo médio com base nos registros do hidrômetro da casa, m³;
 N é o número de moradores da casa;

A análise estatística constou do cálculo das estatísticas descritivas, análises gráficas, teste de correlação, testes de hipótese para diferença entre as médias e análise de regressão.

RESULTADOS OBTIDOS

A **Figura 3** mostra a distribuição da frequência relativa simples da taxa de ocupação dos domicílios da amostra estudada. A média da amostra foi de 3,46 habitantes por domicílio, pouco maior que a média de Salvador no censo de 2010, IBGE (2011), igual a 3,21. Consta-se uma predominância de residências com 4 ocupantes ou menos, que representam mais de 80% das casas.

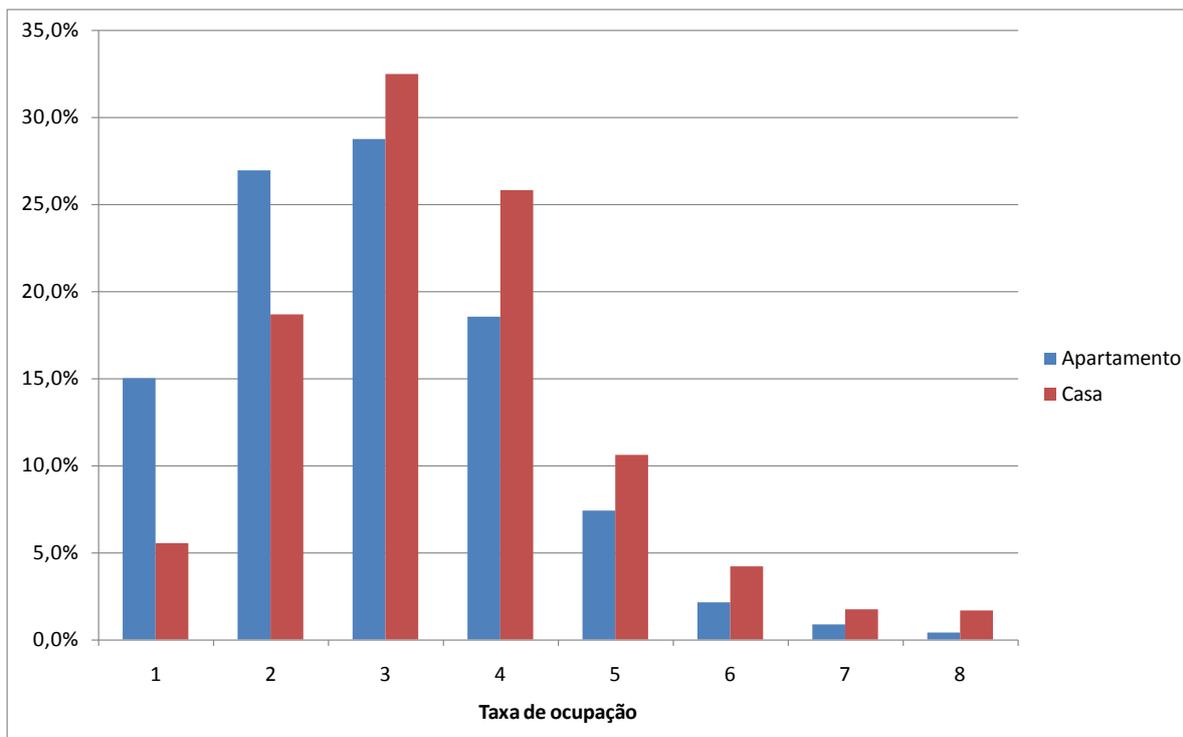


Figura 3 - Histograma da taxa de ocupação

No que concerne ao consumo *per capita*, objetivo principal deste artigo, a média da amostra foi de 125,8 L/hab.dia para casas e 150,8 L/hab.dia para os apartamentos, abaixo da média de Salvador para o ano de 2008, segundo dados do SNIS, de 154 L/hab.dia.

O consumo mensal médio por residência foi de 12,8m³, um pouco acima do volume mínimo da estrutura tarifária adotada pela companhia de saneamento de 10m³, inferior ao de Salvador que, segundo os dados do SNIS (2009) para o ano de 2008 de 14,1 m³.

Tabela 1 - Consumo de água em localidades de Salvador – BA

Nº Moradores	1	2	3	4	5	6	7	8
Cons. Per Capita	292,0	162,1	117,2	100,7	87,5	80,2	77,0	71,8
Cons. Médio Mensal	8,8	9,7	10,9	12,1	13,1	14,4	16,2	17,2

Foi observado que a medida que a taxa de ocupação aumenta, há também redução do consumo médio mensal, sem no entanto, representar uma redução de maiores proporções. Refletindo no aumento do consumo per capita quando da redução da taxa de ocupação em proporções elevadas, como pode ser observado na diferença de 130l/hab.dia entre residências com 2 ocupantes e um ocupante. (**Figura 4**)

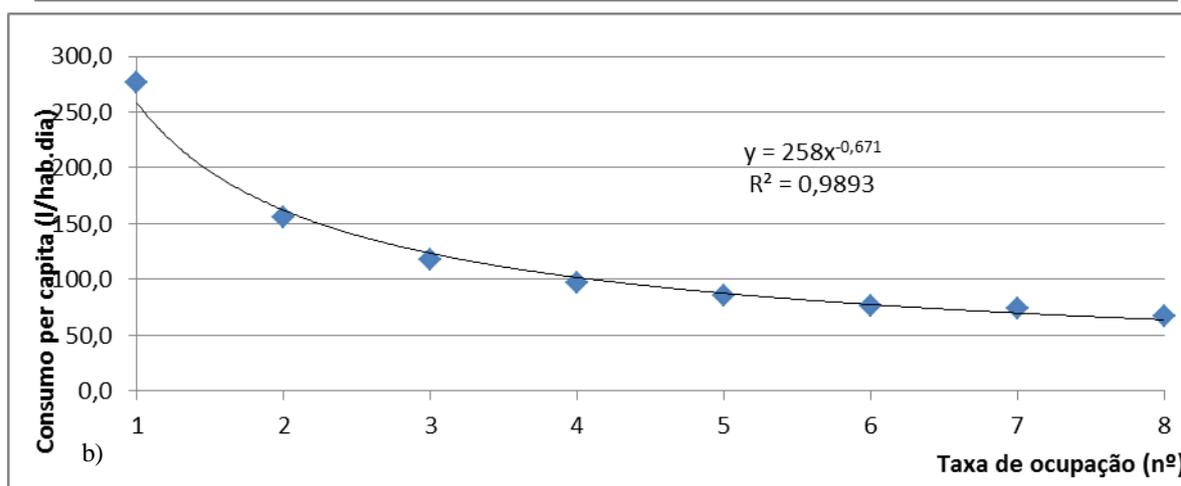
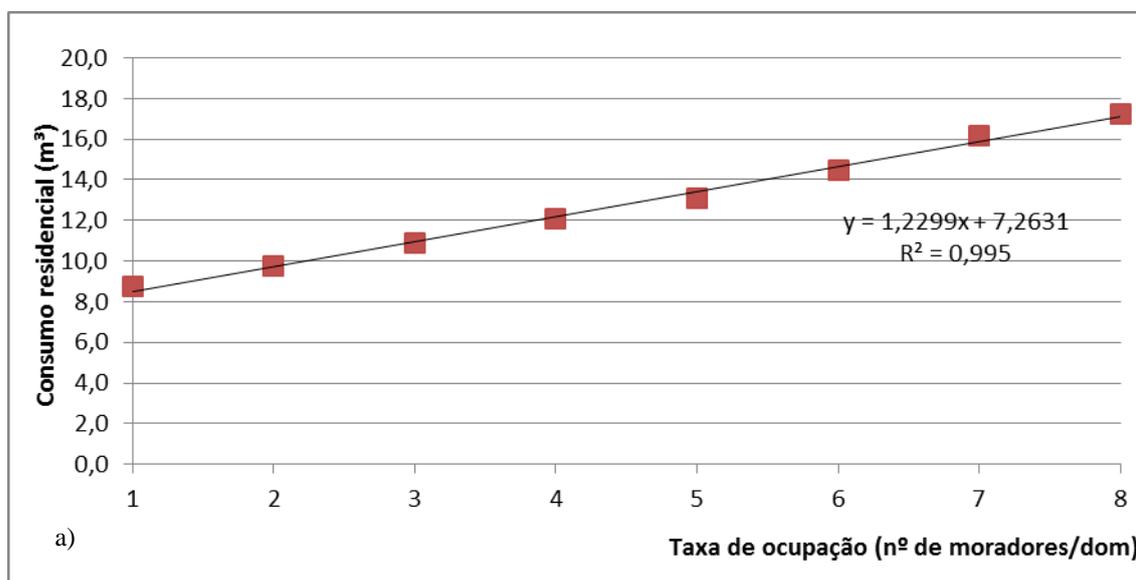


Figura 4 – a) Consumo médio mensal; b) Consumo Per Capita

Os gráficos mostram que as condições de demanda de consumo podem se elevar drasticamente pelo aumento de residências com 1 e 2 ocupantes que poderá se estabelecer com a confirmação da tendência de ocupação residencial mostrada na Figura 1.

O gráfico do consumo *per capita* médio em função da taxa de ocupação é apresentado na **Figura 5**. Observa-se a forte aderência dos pontos amostrais à curva ajustada, evidenciada pelo elevado do coeficiente de determinação, $R^2=0,9836$ e $0,998$ respectivamente para casas e apartamentos.

A equação da curva ajustada tem a forma geral mostrada na Equação 3:

$$q = a \cdot t^n$$

Equação (3)

Onde: q= consumo *per capita*, L/hab.dia
a= parâmetro da equação
t= taxa de ocupação, hab/domicílio
n= expoente de ajuste

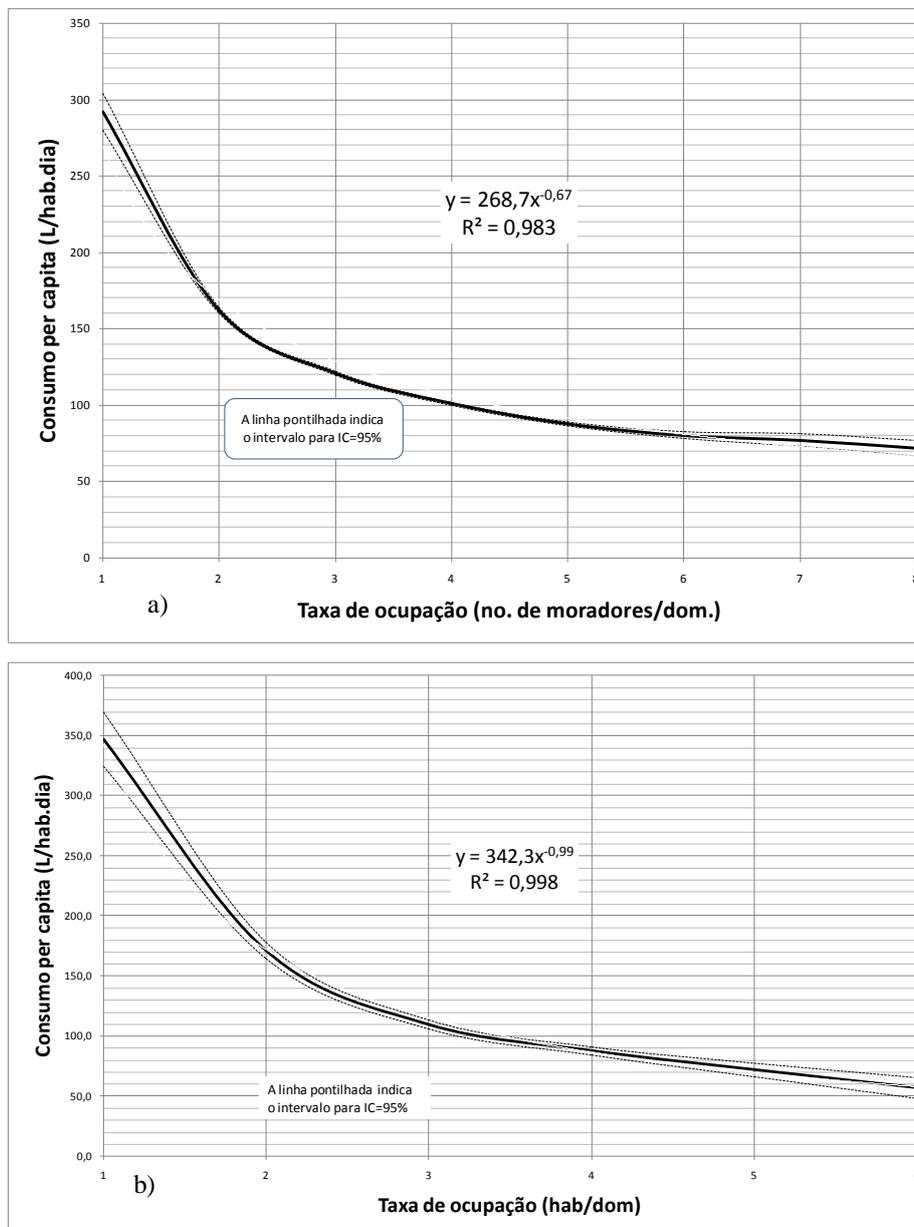


Figura 5 – a) Casas; b) Apartamentos

Conforme já referido, os estudos demográficos indicam uma queda consistente no número médio de moradores por domicílio. Os censos demográficos e contagens de população do IBGE revelam que esse número tem decrescido a uma taxa média de 0,5 habitante por domicílio a cada 10 anos, conforme se observa no gráfico da **Figura 3**. Com base nos resultados obtidos, e para a amostra estudada, um cenário tendencial para o ano 2030 indicaria uma taxa de ocupação média de 2,4 habitantes por domicílio com um consumo *per capita* 30% superior ao atual.

Esse aumento no consumo *per capita* associado ao aumento das populações urbanas define um cenário de demandas futuras que excede a simples extrapolação com os valores atuais. Tal fato ganha maior relevância quando analisado em conjunto com cenários que apontam reduções significativas da oferta de água, consequência da alteração do regime pluviométrico decorrente das mudanças climáticas.



CONCLUSÕES

Foi apresentado o estudo da influência da taxa de ocupação no consumo de água em casas de padrão popular em um bairro de Salvador, em que se conclui que o número de moradores por unidade representa um fator importante na formação do consumo.

O consumo domiciliar decresce com a redução da taxa de ocupação, embora não na mesma proporção, refletindo-se em consumos per capita cada vez maiores.

Com base nos resultados obtidos e na tendência demográfica de domicílios cada vez menores, uma extrapolação simples indica um aumento em 30% no consumo per capita para o ano 2030, além do aumento decorrente do crescimento da população urbana, cuja proporção deverá ultrapassar 90%.

Esse crescimento da demanda terá que ser gerenciado em um cenário de provável redução nas disponibilidades de recursos hídricos, seja por causa dos efeitos do aquecimento global, seja devido aos conflitos de uso com a indústria e, principalmente, com a produção de alimentos, seja, ainda, decorrente da deterioração da qualidade dos mananciais pela poluição.

Têm-se, assim, duas tendências absolutamente irreconciliáveis. Por um lado, o crescimento da população urbana e o aumento do consumo per capita e, por outro, a perspectiva de redução da oferta de água. Apenas uma política de efetiva gestão da demanda poderá ser capaz de resolver essa equação antes que se estabeleça o caos nos sistemas de abastecimento urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBUES, F.; GARCÍA-VALINAS, M.A.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics*, n. 32, p. 81-102, 2003.
2. ARBUES, F.; VILLANUA, I.; BARBERAN, R. Household size and residential water demand: an empirical approach. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54, pp. 61–80, 2010.
3. BARTCZAK, A.; KOPANSKA, A.; RACZKA J. Residential water demand in a transition economy: evidence from Poland. Warsaw Ecological Economics Center, Warsaw University, Warsaw, Poland, 2007.
4. BORJA, P. C. Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana - Uma Contribuição Metodológica. Salvador, 200p. 1997. Dissertação (Mestrado em Desenho Urbano) - FAU/UFBA.
5. CAMPOS, H.M.; VON SPERLING, M. Estimation of domestic wastewater characteristics in a developing country based on socio-economic variables. *Water Science and Technology*, vol.34, pp. 71-77, 1996.
6. CHEUNG, Peter B. et. al. Consumo de água. In: GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). *Uso racional das águas nas Edificações*. Projeto PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap. 2, p. 36-98.
7. COHIM, Eduardo et al. Perspectivas futuras: água, energia e nutrientes. In: GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). *Uso racional das águas nas Edificações*. Projeto PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap. 6, p. 36-98.
8. COHIM, Eduardo Henrique Borges Silva. Saneamento sustentável: enfoques de instrumentos para sua viabilização. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente, Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
9. CORBELLA, Hug March; SAURÍ, David Pujol. What lies behind domestic water use? A review essay on the drivers of domestic water consumption. Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Boletín de la A.G.E. N.º 50 - 2009, págs. 297-314.
10. DIAS, D. M.; MARTINEZ, C.B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental* v.15, n.2, p. 155-166, 2010.
11. DOMENE, Elena; SAURI, David. Urbanisation and Water Consumption: Influencing Factors in the Metropolitan Region of Barcelona. *Urban Studies*, Vol. 43, No. 9, 1605–1623, August 2006.
12. FERNANDES NETO, M.L.; NAGHETTINI, M.; VON SPERLING, M. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para municípios de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental* v.9, n.2, p. 100-107, 2003.
13. FOX, C.; McINTOSH, B.S.; JEFFREY, P. Classifying households for water demand forecasting using physical property characteristics. *Land Use Policy*, n. 26, p. 558-568, 2009.



14. GARCIA-VALINAS, Maria A. Efficiency and Equity in Natural Resources Pricing: A Proposal for Urban Water Distribution Service. *Environmental & Resource Economics* (2005) 32: 183–204.
15. GONÇALVES, Ricardo Franci (coordenador). *Uso racional de água e energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 2009
16. KLEIN, B.; KENNEY, D.; LOWREY, J.; GOEMANS, C. Factors influencing residential water demand: a review of the literature . Working paper version 1.12.07, 2007.
17. MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA , Roberto. Residential water demand in the Northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics*, n. 21, p. 161-187, 2002.
18. MATOS, JENNIFER CONCEIÇÃO CARVALHO TEIXEIRA DE Proposição de Método para a Definição de Cotas per capita Mínimas de Água para Consumo Humano [Distrito Federal] 2007.
19. MORAES, Luiz Roberto Santos. Fatores determinantes de consumo per capita de água em assentamentos humanos em áreas periurbanas: estudo de caso. 18o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador – BA, 1995.
20. PARSONS, J.; REES, P.; SIM, P.; MCDONALD, A. MACROWater: a Top-down, Policy-driven Model for Forecasting Domestic Water Demand. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, United Kingdom. April 2007.
21. POST, Water efficiency in the home. Parliamentary Office of Science and Technology Note 135. London, 2000.
22. SCHLEICH, Joachim; HILLENBRAND, Thomas. Determinants of residential water demand in Germany. *Ecological Economics* 68 (2009) 1756 – 1769.
23. SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série histórica 9. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2009.
24. STEWART, J.; TURNER, T.; GARDNER, T.; MCMASTER, J. Draft urban water use study of south eastern Queensland. November, 2005.
25. TANAJURA, C. A. S.; Genz, F.; Araújo, H. A. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: Validação da modelagem do clima presente. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais.
26. TSUTIYA, Milton Tomoyuki, *Abastecimento de Água – 3ª edição – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, 2006.
27. VON SPERLING, M.; SANTOS, A.S.P.; MELO, M.C.; LIBÂNIO, M. Investigação de fatores de influência no consumo per Capita de água em estados brasileiros e em cidades de Minas Gerais. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, I-004, Vitória-ES, 2002.