

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS MUNICIPAIS NO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA

*Davi Santiago Aquino¹
Lorraine Kelly Alves Dias¹
Ísis Danielle Souza¹
Ana Paula Alves Cunha¹
Lilian Lopes Cordeiro²

INFLUENCE OF MUNICIPAL SOCIOECONOMIC VARIABLES ON PER CAPITA WATER CONSUMPTION

Recibido el 5 de mayo de 2016; Aceptado el 23 de marzo de 2017

Abstract

The government may utilize proper urban planning in order to universalize the public's access to safe, sanitary drinking water. In this planning, water consumption has an important role in the design of water supply systems, and this consumption can be influenced by municipal indicators of income and quality of life. This study analyzed the influence of municipal gross domestic product (GDP) and the human development index (HDI) on per capita water consumption in twenty-six cities located in the southwestern portion of the State of Goiás, Brazil using annual data from 2001 to 2011. This influence was analyzed by Pearson correlation and the results showed a moderately positive to strongly positive correlation between GDP and water consumption for most municipalities, suggesting that the higher the municipal wealth, the higher the per capita water consumption of the population. In contrast, the influence of HDI on said consumption was rated as poor. The analysis proved to be a simple and useful operational tool for agencies that are responsible for urban planning and sanitation studies.

Keywords: linear correlation, sanitation, socioeconomic indicators, urban planning, water supply

¹ Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Goiás, Brasil.

² ASPLAN Georreferenciamento e Projetos Ambientais Ltda., Rio Verde, Goiás, Brasil.

*Autor correspondiente: Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana Km 01 - Zona Rural, Rio Verde, Goiás, Brasil. CEP 75 900-970. Email: davi.aquino@ifgoiano.edu.br

Resumo

É cabível ao poder público o uso de planejamento urbano adequado a fim de universalizar o acesso de água potável sanitariamente segura à população atendida. Neste planejamento, o consumo de água possui papel importante no dimensionamento de sistemas de abastecimento de água e este consumo pode ser influenciado por indicadores municipais de renda e de qualidade de vida. Este trabalho analisou a influência causada no consumo per capita de água pelo produto interno bruto (PIB) e índice de desenvolvimento humano (IDH) municipais em vinte e seis municípios localizados no sudoeste do estado de Goiás, Brasil, utilizando dados anuais e abrangendo o horizonte temporal compreendido entre os anos de 2001 e 2011. Esta influência foi analisada pela correlação linear de Pearson e os resultados demonstraram haver correlação positiva classificada como moderada e forte entre PIB e consumo de água para a maioria dos municípios, sugerindo que quanto maior a riqueza municipal, maior o consumo per capita de água da população. Em contrapartida, a influência do IDH no referido consumo foi classificada como fraca. A análise mostrou-se como uma ferramenta de simplicidade operacional e de relevante utilidade aos órgãos responsáveis pela elaboração de estudos de planejamento urbano e saneamento básico.

Palavras chave: abastecimento de água, correlação linear, indicadores socioeconômicos, planejamento urbano, saneamento básico.

Introdução

A universalização dos serviços públicos de abastecimento de água é um dos desafios às municipalidades brasileiras, tendo em vista que o acesso da população aos adequados serviços de saneamento proporciona a melhoria do seu quadro nosológico, mas, em contrapartida, demanda adequados planejamento urbano e aplicação de recursos para construção, ampliação e manutenção de obras e serviços hidráulico-sanitários.

Os indicadores de saneamento básico são intrinsecamente correlatos a variáveis socioeconômicas, uma vez que quanto maior a população municipal, maiores deverão ser os volumes de água captada, tratada e distribuída e de esgotos coletado e tratado, assim como maiores serão as extensões das redes de abastecimento de água e de coleta de esgotos domésticos. Adicionalmente, a Organização Mundial de Saúde ressalta que, na média mundial, para cada US\$ 1.00 investido em saneamento, o retorno econômico global é de US\$ 5.50, principalmente com economia em medicina curativa. Especificamente para os países da América Latina e Caribe, este retorno é de US\$ 7.30 (WHO, 2012).

Diversos fatores podem influenciar o consumo de água de uma população. Estudo realizado na região metropolitana de Belo Horizonte, capital do estado brasileiro de Minas Gerais, resultou em fortes correlações entre consumo domiciliar de água e renda per capita, área do lote e quantidade de vasos sanitários (Campos e von Sperling, 1997).

A quantidade hídrica exigida por diferentes classes de consumidores constitui-se, dentre outros aspectos, como um fator essencial para o adequado dimensionamento dos sistemas municipais de abastecimento de água (ABNT, 1992). Parâmetros que expressam qualidade de vida da

população e riqueza do município, como, respectivamente, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o Produto Interno Bruto (PIB) podem influenciar na quantidade per capita de água consumida (von Sperling, 2005).

Libânio *et al.* (2005) abordam que os indicadores de saneamento básico, como a abrangência dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, se correlacionam com indicadores que expressam condições de qualidade de vida e de saúde pública da população atendida, tais como indicadores de desenvolvimento social, expectativa de vida e índices de mortalidade e de morbidade por doenças de veiculação hídrica.

Os órgãos públicos responsáveis pela elaboração de estudos de planejamento urbano, em parte voltados para expansão dos serviços de saneamento, como abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, frequentemente negligenciam em suas análises as variáveis socioeconômicas, dando maior atenção a índices de geração ou de consumo, bem como ao tamanho da população, fato que pode resultar em distorções e equívocos quanto às conclusões e recomendações dos referidos estudos.

Neste contexto, considerando ainda a escassez de dados consolidados tanto de saneamento quanto socioeconômicos municipais, este trabalho visou estudar o comportamento, via correlação linear de Pearson, da influência do IDH e do PIB municipais no consumo per capita de água para os municípios da região do sudoeste do estado de Goiás, Brasil, durante o horizonte temporal compreendido entre os anos de 2001 e 2011.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado nos vinte e seis municípios do sudoeste goiano, uma das dez regiões de planejamento com compõem o estado de Goiás, Brasil. (Figura 1). A referida região possui 61498.5 km² de extensão territorial, equivalente a 18.08% da área do estado e é formada pelos municípios de Acreúna, Aparecida do Rio Doce, Aporé, Cachoeira Alta, Caçu, Castelândia, Chapadão do Céu, Gouvelândia, Itajá, Itarumã, Jataí, Lagoa Santa, Maurilândia, Mineiros, Montividiu, Paranaiguara, Perolândia, Portelândia, Quirinópolis, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santa Rita do Araguaia, Santo Antônio da Barra, São Simão, Serranópolis e Turvelândia (SEPLAN, 2006).

Devido à atividade agroindustrial, principalmente aos segmentos de grãos e de processamento de alimentos, a região é destino de muitos emigrantes de outros estados brasileiros e de outras regiões de Goiás, fato que afeta os índices socioeconômicos dos municípios, podendo resultar em maiores demandas das municipalidades para os serviços de abastecimento de água. Desta forma, a análise de algumas variáveis socioeconômicas municipais pode subsidiar estudos de planejamento urbano acerca do consumo médio de água em cada município.

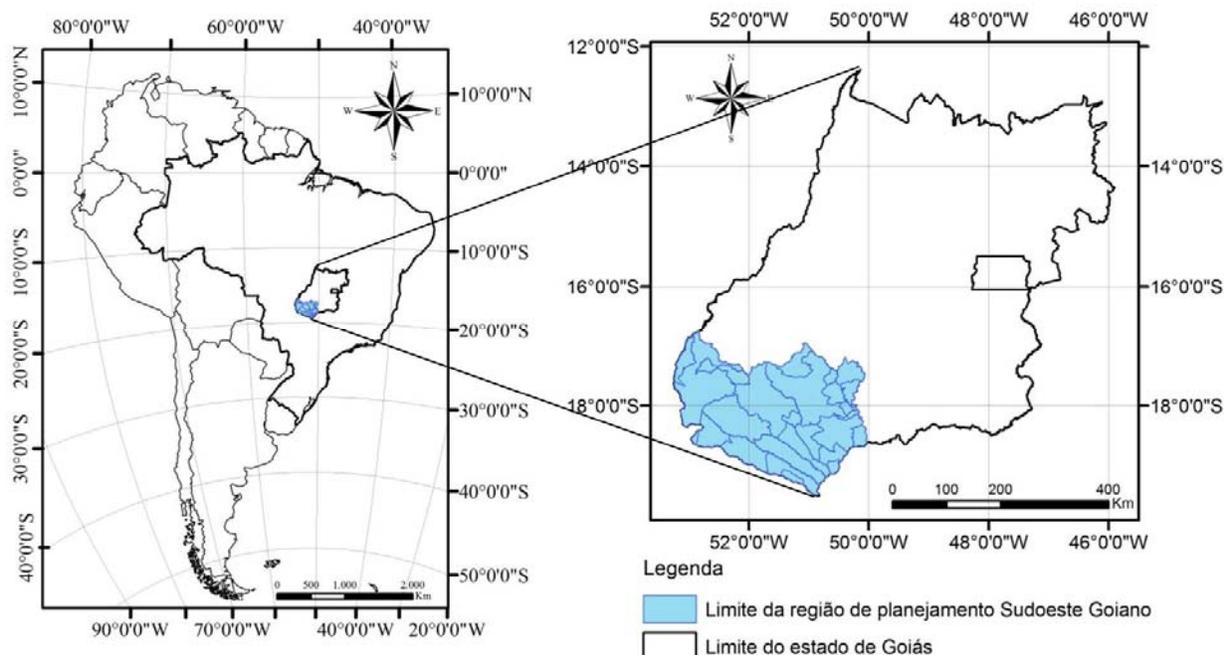


Figura 1. Localização da área de estudo: região de planejamento Sudoeste Goiano, estado de Goiás, Brasil

Para cada um dos vinte e seis municípios da região supramencionada foram levantados dados anuais de consumo per capita de água entre anos de 2001 e 2011. Para o mesmo período, levantaram-se também os dados anuais de produto interno bruto (PIB) de cada município. A série de dados levantada incluiu os anos de 2001 a 2011 objetivando a obtenção de pelo menos uma década de informações consolidadas, considerando para tal os dados disponíveis nas bases utilizadas. Adicionalmente, foram obtidos e sistematizados os valores do índice de desenvolvimento humano (IDH) de cada município abrangido pelo presente estudo para o ano de 2010, visto que este índice não é mensurado anualmente.

Os valores de PIB municipal foram obtidos do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (IBGE 2015a), enquanto os dados de IDH o foram por intermédio do banco de dados Cidades@ (IBGE 2015b). Por sua vez, os valores médios anuais do consumo per capita de água de cada município foram obtidos por intermédio do aplicativo Série Histórica, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, disponibilizado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNIS, 2015). Todos os dados obtidos foram sistematizados em planilha eletrônica utilizando o programa computacional Microsoft Excel® para posterior análise de correlação.

Adotou-se no presente trabalho a análise via coeficiente de correlação de Pearson (r) porque o mesmo é uma medida de associação bivariada do grau de relacionamento entre duas variáveis. Assim, esta correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas (Moore, 2007). O coeficiente de Pearson é estimado pela Equação (1) e foi calculado utilizando a função lógica <Pearson> disponibilizada pelo programa Microsoft Excel®.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Equação (1)

Onde

x : variável quantitativa independente

\bar{x} : média dos valores observados da variável x

y : variável quantitativa dependente

\bar{y} : média dos valores observados da variável y

Para cada município, os valores do coeficiente de Pearson obtidos da análise da associação entre PIB e consumo per capita de água foram interpretados de acordo com a classificação de Dancey e Reidy (2013), que hierarquiza a associação linear existente entre duas variáveis de acordo com este coeficiente. A mesma classificação foi utilizada para se interpretar o grau de relacionamento obtido entre o IDH e o consumo de água para o ano de 2010.

Resultados e discussão

Apresenta-se na Figura 2 a relação via dispersão dos dados de consumo per capita de água em função do PIB municipal para o ano mais recente da série estudada. Por não apresentarem dados consistentes para este ano, os municípios de Jataí, Mineiros, Rio Verde e São Simão não foram considerados na referida análise de dispersão.

Pode-se observar pela análise gráfica da Figura 2 que não há um nítido comportamento do consumo de água em função do PIB para os municípios estudados, considerando o ano mais recente da série estudada. Entretanto, como o conjunto de dados abrange 11 pares de valores de PIB e de consumo de água para cada um dos 26 municípios, uma análise de correlação estatística expressa informações mais consistentes do comportamento dos dados abordados.

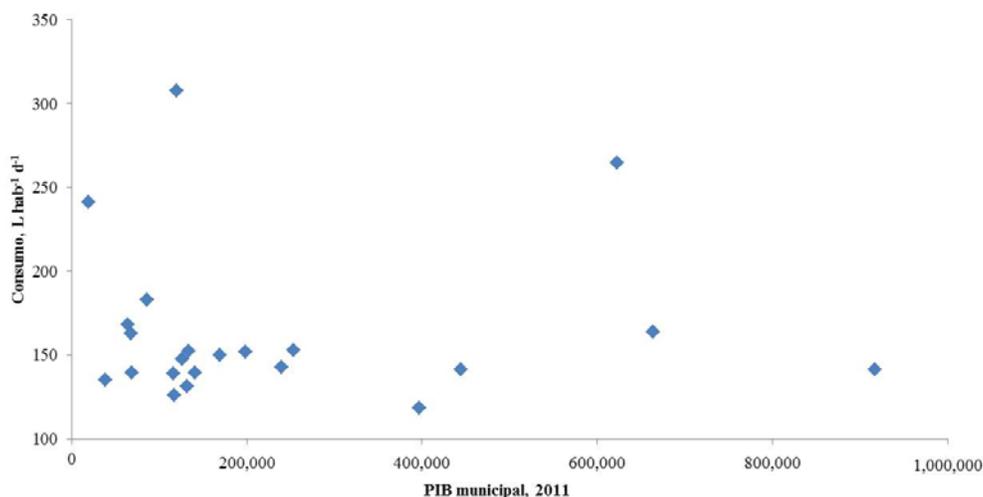


Figura 2. Dispersão dos dados de produto interno bruto (PIB) e de consumo per capita de água em 2011 dos municípios estudados

Tabela 1. Valores e classificação do coeficiente de Pearson (r) entre PIB e consumo per capita de água para os municípios estudados entre os anos de 2001 e 2011

r	Correlação	Quantidade de municípios	Município
-0.50	Negativa	4	Maurilândia
-0.36			Paranaiguara
-0.21			Acreúna
-0.19			Serranópolis
0.25	Fraca	2	Santa Helena de Goiás
0.33			Lagoa Santa
0.46	Moderada	11	Aparecida do Rio Doce
0.51			Gouvelândia
0.55			Rio Verde
0.56			Caçu
0.63			Santo Antônio da Barra
0.64			Cachoeira Alta
0.66			Aporé
0.68			Perolândia
0.68			Turvelândia
0.68			Quirinópolis
0.70			Santa Rita do Araguaia
0.72	Forte	6	Itajá
0.81			Montividiu
0.83			Castelândia
0.89			Portelândia
0.89			Jataí
0.94			Itarumã

Dentre os vinte e seis municípios estudados, três apresentaram menos de cinco anos de dados disponíveis para a variável consumo per capita de água e por isso foram descartados das análises de correlação. Tais municípios foram: Chapadão do Céu, Mineiros e São Simão. Quanto à correlação existente entre o PIB municipal e o consumo de água para os anos de 2001 a 2011, apresentam-se na Tabela 1 os valores obtidos do coeficiente de Pearson (r), bem como a classificação da correlação, de acordo com o critério proposto por Dancey e Reidy (2013).

Conforme se observa na Tabela 1, das 23 correlações obtidas, 19 foram positivas, evidenciando a tendência de que quanto maior o PIB municipal, maior o consumo per capita de água esperado. Adicionalmente, 17 das 19 correlações positivas foram classificadas como moderada ou forte, corroborando com a afirmação de que se espera um maior consumo per capita de água de um município à medida que o mesmo apresente elevação no valor de seu produto interno bruto. Tendência semelhante foi observada por Ferreira e Martins (2005) em levantamento realizado em diversos países com condições distintas de riqueza. Entretanto, fazendo um estudo específico para a cidade de Catalão, localizada no mesmo estado brasileiro ao qual pertence a região estudada pelo presente trabalho, Ferreira e Paiva (2013) observaram maior consumo de água para população de renda média, em detrimento da classe considerada como de renda alta para este município.

Quanto à análise de correlação entre os valores municipais de IDH 2010 e consumo per capita de água para este ano de cada município, obteve-se um valor de 0.19 para o coeficiente de Pearson, valor que qualifica a correlação como fraca, de acordo com o critério de Dancey e Reidy (2013). Esta fraca correlação fica evidenciada quando são observados os dados de IDH 2010 e de consumo de água nos municípios estudados, conforme apresentados na Figura 3.

De acordo com a interpretação da Figura 3, pode ser observada uma variação muito pequena do consumo de água a despeito da amplitude dos valores de IDH. Observa-se ainda a existência de um ponto discrepante, que embora tenha IDH de 0.711, apresentou consumo per capita de água de $319 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para o ano de 2010, valor este muito distante dos apresentados pelos outros municípios. Tal ponto representa o município de Paranaiguara. Desconsiderando o referido ponto, pode-se observar que embora o IDH dos municípios tenha variado de 0.654 a 0.757 os seus consumos per capita de água apresentaram coeficiente de variação de apenas 9.06%, tendo como média \pm desvio padrão os respectivos valores de $140.14 \pm 12.69 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Ressalta-se que todos os valores de IDH municipais para o ano 2010 analisados no presente estudo classificam-se como médio ou alto, de acordo com o critério de PNUD (2015) e que a comparação dos valores de consumo de água entre os grupos de IDH não fez parte dos objetivos deste trabalho.

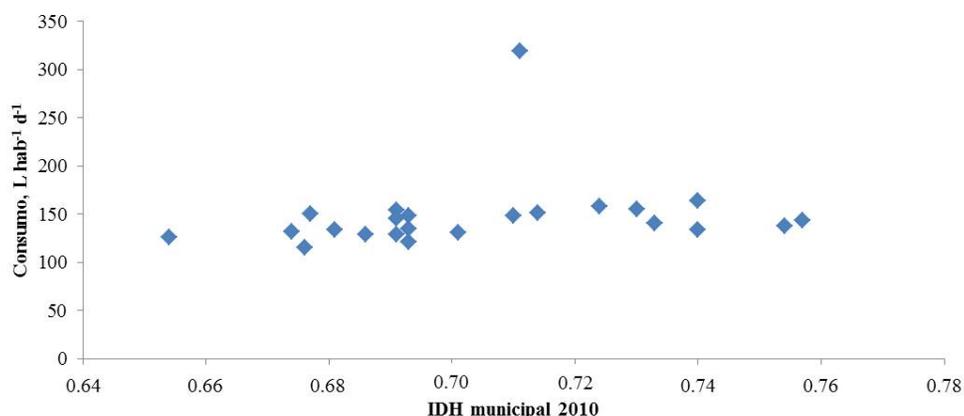


Figura 3. Dispersão dos dados de índice de desenvolvimento humano (IDH) e de consumo per capita de água em 2010 dos municípios estudados

Pela análise dos valores de correlação de Pearson obtidos tanto entre PIB e consumo per capita de água quanto entre IDH e o mesmo consumo, pode-se afirmar que o incremento destas variáveis socioeconômicas nos estudos de planejamento urbano com vistas à implantação ou à ampliação de serviços de saneamento básico possui significativa importância, pois como estas variáveis influenciam o consumo de água, este não pode ser estimado apenas por dados populacionais. Assim, a não utilização nos estudos de planejamento urbano de cunho sanitário de variáveis que expressam as condições socioeconômicas de uma população pode deturpar os resultados obtidos por tais estudos.

Aborda-se ainda que as considerações acima mencionadas embasam-se numa análise de correlação de ordem linear, visto que conceitualmente a correlação de Pearson mensura a relação linear entre duas variáveis, conforme já abordado no presente texto. Assim, é possível que haja outras correlações não lineares entre as variáveis estudadas, apresentando-se com intensidades distintas das observadas pelo presente trabalho.

Conclusões

A aplicação da análise de correlação de Pearson mostrou-se de grande utilidade para estudo da influência linear de variáveis socioeconômicas municipais, como PIB e IDH, no consumo per capita de água, apresentando-se, portanto, como uma ferramenta simples e útil para estudos de planejamento urbano.

Os municípios da região do sudoeste do estado de Goiás, Brasil, entre os anos de 2001 e 2011 apresentaram, em sua maioria, tendência linear direta de consumo per capita de água em função dos seus valores de PIB.

Embora os municípios acima referidos apresentem IDH 2010 que os enquadrem como médio ou alto, os respectivos consumos de água foram linearmente influenciados de maneira fraca pelos valores de IDH.

Referências bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992) *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água*. NBR 12.211, Rio de Janeiro, Brasil, 14 pp.
- Campos, H.M., von Sperling, M. (1997) Proposição de modelos para determinação de parâmetros de projeto para sistemas de esgotos sanitários com base em variáveis de fácil obtenção, *IXX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Dancey, C., Reidy, J. (2013) *Estatística sem Matemática para Psicologia*, 5ª ed., Penso, Porto Alegre, Brasil, 608 pp.
- Ferreira, P., Martins, J. (2005) Crescimento econômico e consumo de água – uma abordagem para planejamento de sistemas, *XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Campo Grande, Brasil.
- Ferreira, T.R., Paiva, E.C.R. (2013) Relação entre o consumo de água e a condição socioeconômica da população de Catalão-GO, *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Salvador, Brasil.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) *Sistema IBGE de Recuperação Automática*. Acesso em 19 mar. 2015, disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) *Cidades@*. Acesso em 10 abr. 2015, disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>.
- Libânio, P.A.C., Chernicharo, C.A.L., Nascimento, N.O. (2005) A dimensão da qualidade da água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **10**(3), 219-288.
- Moore, D.S. (2007) *The Basic Practice of Statistics*, 4ª ed., Freeman, New York, United States of America, 728pp.
- PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2015) *Desenvolvimento Humano e IDH*. Acesso em 20 abr. 2015, disponível em http://www.pnud.org.br/IDH/DH.aspx?indiceAccordion=0&li=li_DHHome.
- SEPLAN, Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento (2006) *Regiões de Planejamento do Estado de Goiás*, Goiânia, Brasil, 166pp. Acesso em 14 abr. 2015, disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/down/regplan2006.pdf>.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (2015) *Aplicativo Série Histórica*. Acesso em 22 abr. 2015, disponível em: <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>.
- von Sperling, M. (2005) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 3ª ed., Editora UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 452 pp.
- WHO, World Health Organization (2012) *Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage*. WHO/HSE/WSH/12.01, Geneva, Switzerland, 67 pp.