

Estimativa do consumo *per capita* de água tratada para uso doméstico por meio de ferramentas estatísticas: estudo de caso da cidade de Ariquemes (RO)

Consumption estimate per capita water treated domestic for statistics tools media: case study of Ariquemes (RO) city

- **Data de entrada:**
24/02/2015
- **Data de aprovação:**
03/07/2015

Vanessa Piffer | Ana Lúcia Denardin da Rosa* | Bruno Soares de Castro | Caryne Ferreira Ramos | Gerson Flôres Nascimento | Gislayne Alves Oliveira | Jordana Georgin

DOI 10.4322/dae.2015.009

Resumo

O dado de consumo de água de um município é pré-requisito para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, pois subsidia a elaboração de projetos de saneamento básico. Este artigo tem como objetivo calcular o consumo *per capita* de água tratada para uso doméstico na cidade de Ariquemes (RO). Verificou-se que 58,6% das residências possuem uma média mensal de consumo de água durante o ano de no máximo 15 m³/mês. A média encontrada para o consumo *per capita* na cidade de Ariquemes foi de 166,37 L.(hab.dia)⁻¹. O setor censitário que apresentou maior consumo *per capita* de água tratada foi aquele representativo da classe econômica alta, com 188,9 L.(hab.dia)⁻¹, e o que teve menor consumo foi aquele representativo da classe econômica baixa, com 139,06 L.(hab.dia)⁻¹.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Consumo doméstico de água. Cota *per capita* de água.

Abstract

The data of water consumption of a city is a prerequisite for planning and management of water resources, since it provides the drafting of basic sanitation. This work aims to calculate the per capita consumption of treated water for domestic use in the city of Ariquemes-RO. It has been found that 58.6 % of households have a monthly average consumption water during the year in the maximum of 15 cubic meters. The average found for the per

Vanessa Piffer – Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia. Especialista em Engenharia e Segurança no Trabalho pela Faculdade Santo André. *E-mail:* vanessinhapiffer@gmail.com.

Ana Lúcia Denardin Da Rosa* – Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Engenharia Civil pela mesma universidade. Atualmente, é professora assistente da Universidade Federal de Rondônia. *E-mail:* eng.analucia@yahoo.com.br.

Bruno Soares De Castro – Graduado em Estatística pela Universidade Federal de Rondônia. Atualmente, é professor do curso de Estatística da mesma universidade. *E-mail:* bruno.castro@unir.br.

Caryne Ferreira Ramos – Graduada em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Rondônia. Técnica em Floresta pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia. *E-mail:* caryne12@gmail.com.

Gerson Flôres Nascimento – Doutor em Geociências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Atualmente, é professor adjunto II da Universidade Federal de Rondônia. *E-mail:* gersonfn@gmail.com.

Gislayne Alves Oliveira – Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia. Atualmente, é mestranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Maria. *E-mail:* gislaynealvesoliveira@gmail.com.

Jordana Georgin – Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente, é mestranda em Engenharia Ambiental na mesma universidade. *E-mail:* jordana.gin@hotmail.com.

***Endereço para correspondência:** Rua José Manhago, 183 – Camobi – CEP 97105-430 – Santa Maria-RS

capita consumption of the city of Ariquemes was 166.37 L.(hab.day)⁻¹ the census tract that had higher per capita consumption of water was a representative of high economic classes with 188.9 L.(hab.day)⁻¹, and had minor per capita consumption of water was representative of low socioeconomic classes with 139,06 L.(hab.day)⁻¹.

Keywords: Water. Household consumption of water. Per capita share of water.

INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se em uma situação privilegiada quanto aos recursos hídricos quando comparado aos demais países pela Organização das Nações Unidas (ONU), pois possui uma satisfatória disponibilidade hídrica *per capita* (ANA, 2012). No entanto, é evidenciada uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos pelo seu território, uma vez que cerca de 80% deles estão concentrados na Amazônia. Já em outras áreas do país, existem cenários críticos de indisponibilidade hídrica, como é o caso da região Nordeste (GEO BRASIL, 2007).

As peculiaridades das diferentes regiões do país fazem com que o consumo *per capita* de água nas cidades seja significativamente desigual. Os principais fatores que influenciam o consumo *per capita*, de forma positiva ou negativa, são: a disponibilidade hídrica e o clima da região, o porte, as condições econômicas e o grau de industrialização das comunidades, a existência de medição de consumo residencial, o custo da água e a pressão com que ela chega às residências (SPERLING, 2005).

Quantificar o consumo *per capita* de água de uma cidade é de suma importância para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, além de subsidiar a elaboração de projetos que necessitam desse dado para sua projeção e instalação de forma correta e eficiente, como as obras de saneamento básico. Contudo, historicamente no Brasil, por não haver dados de medições sistemáticas e seguras nesse sentido, a elaboração de projetos é realizada com base em números consagrados de consumo médio presentes na literatura ou em in-

formações de prestadores de serviços com experiência na área (MATOS, 2007). Esse procedimento faz com que, muitas vezes, haja um super ou subdimensionamento desse valor, encarecendo e causando problemas na execução dos diversos projetos de saneamento que necessitam desse dado para ser executados. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é o cálculo do consumo *per capita* de água tratada para uso doméstico na cidade de Ariquemes, utilizando ferramentas de geoprocessamento, métodos estatísticos, pesquisa de campo e dados obtidos pela companhia responsável pelo abastecimento público de água.

METODOLOGIA

A área em estudo compreende o perímetro urbano da cidade de Ariquemes, que se localiza na porção centro-norte do estado de Rondônia, região Norte do Brasil. Possui uma população de 90.353 habitantes e está inserida no bioma amazônico (IBGE, 2010a), no qual predomina clima tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca.

O cálculo do número de domicílios que compuseram a amostra foi feito tendo como população o número de ligações ativas de água existentes na cidade no ano de 2013 (Equação 1). Adotou-se um intervalo de confiança de 95%, arredondando o valor obtido para o número inteiro imediatamente superior (LUIZ; MAGNANINI, 2004 apud MATOS, 2007).

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 [p(1-p)]N}{Z_{\alpha/2}^2 [p(1-p)] + (N-1)I_c^2}$$

(Equação 1)

Em que:

- N é o tamanho da população;
- n é o tamanho da amostra;
- I_c é o intervalo de confiança - 95%;
- p é a proporção do atributo na população (quando desconhecido, adota-se $p = 0,50$);
- $Z_{\alpha/2}$ é a distribuição normal para um intervalo de confiança de 95%.

Considerando a característica heterogênea da população em questão, foi utilizada uma amostragem estratificada, tendo sido o valor da amostra dividido em três partes iguais para cada estrato, que representa as classes sociais alta, média e baixa dentro do perímetro urbano. Assim, os valores das rendas *per capita* contidos nas variáveis foram agrupados considerando o salário-mínimo referente a 2010, seguindo a classificação socioeconômica apresentada para o Brasil, em que o domicílio com renda *per capita* inferior a R\$ 290,00 é considerado classe baixa, de R\$ 290,00 a R\$ 1.019,00, classe média e superior a R\$ 1.020,00, classe alta (SAE/PR, 2012).

Para caracterizar os bairros da cidade, segundo as classes sociais, foram confeccionados mapas temáticos utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG), Spring 5.2., a partir da planta da cidade disponibilizada pela Secretaria de Planejamento do município de Ariquemes. O SIG foi alimentado com informações dos domicílios cadastrados no programa federal Bolsa Família e dos setores censitários, obtidas, respectivamente, na Secretaria de Assistência Social do município e no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Para selecionar os bairros que participariam da pesquisa, foram sobrepostas informações da rede de abastecimento de distribuição de água tratada da Companhia de Águas e Esgoto do Estado de Rondônia (CAERD) nos mapas temáticos das classes sociais anteriormente confeccionados. A

partir da análise dos mapas gerados, foram selecionados o setor com maior número de domicílios com renda baixa e maior número de domicílios cadastrados no programa Bolsa Família, o setor com maior número de domicílios com renda média e intermediário número de domicílios cadastrados no programa e o setor com maior número de domicílios com renda alta e menor número de domicílios cadastrados no programa, sendo que os três setores escolhidos continham rede de abastecimento de água da CAERD. Para cada setor, foi selecionado o mesmo número de famílias para aplicação do formulário de caráter socioeconômico ambiental.

O formulário foi elaborado segundo modelos aplicados em outras pesquisas (MATOS, 2007; GARCIA et al., 2013; ABEP, 2012; SAE/PR, 2012), contendo questões relacionadas às características dos moradores e das residências e questões referentes às opiniões e conhecimento dos moradores a respeito dos recursos hídricos, de modo a compreender a realidade da população que habita o local estudado.

As informações coletadas dos moradores por meio do formulário foram referentes ao ano de 2011, que, segundo a CAERD, corresponde ao ano mais recente em que não ocorreram problemas significativos na distribuição de água à população e na leitura dos hidrômetros nas residências. Dessa forma, foram obtidas junto à CAERD as leituras mensais dos hidrômetros das residências participantes da pesquisa para o ano de 2011.

Os valores de consumo foram organizados em um banco de dados, utilizando o Excel 2010. Para o cálculo do consumo em $L.(hab.dia)^{-1}$, foi obtida a média de consumo para cada residência, posteriormente dividida por 365 e pelo número de moradores. O consumo médio do município foi obtido pelos consumos médios das classes. A fim de obter a média de consumo por período, foi calculada a média por mês, considerando janeiro, fevereiro e mar-

ço um período de alta pluviometria e julho, agosto e setembro característico de baixa pluviometria.

De posse dessas informações, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade das variáveis estudadas, utilizando o *software* R Core Team (2012). Com o resultado, foi possível saber quais técnicas de estatística paramétrica ou não paramétrica deveriam ser empregadas para realizar o teste de correlação entre as variáveis.

Para análise da diferença significativa do consumo entre o período de alta pluviometria (chuvoso) e de baixa pluviometria (seco), foi utilizado o teste de Wilcoxon pareado. Para análise da diferença significativa do consumo médio mensal de água entre as classes sociais, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis e, para análise da correlação entre o consumo médio mensal de água e os dados obtidos por meio da aplicação dos formulários, a matriz de correlação de Spearman.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tamanho da amostra obtida para o município de Ariquemes, que apresenta 9.915 residências recebendo água da rede geral de abastecimento, segundo a Equação 1, deve ser de no mínimo 370 domicílios. Para que a quantidade de domicílios de cada setor censitário utilizado na composição da amostra fosse a mesma para os três estratos, adotou-se o valor de 372 para o tamanho da amostra, o que corresponde a 124 domicílios para cada setor, tendo sido a escolha dos domicílios que compuseram a pesquisa feita de forma aleatória.

A média encontrada para o consumo *per capita* da cidade de Ariquemes foi de 166,37 L.(hab.dia)⁻¹. O setor censitário com maior consumo *per capita* de água foi aquele representativo da classe econômica alta, com 188,9 L.(hab.dia)⁻¹, e o que teve menor consumo foi aquele representativo da classe econômica baixa, com 139,06 L.(hab.dia)⁻¹ (Gráfico 1).

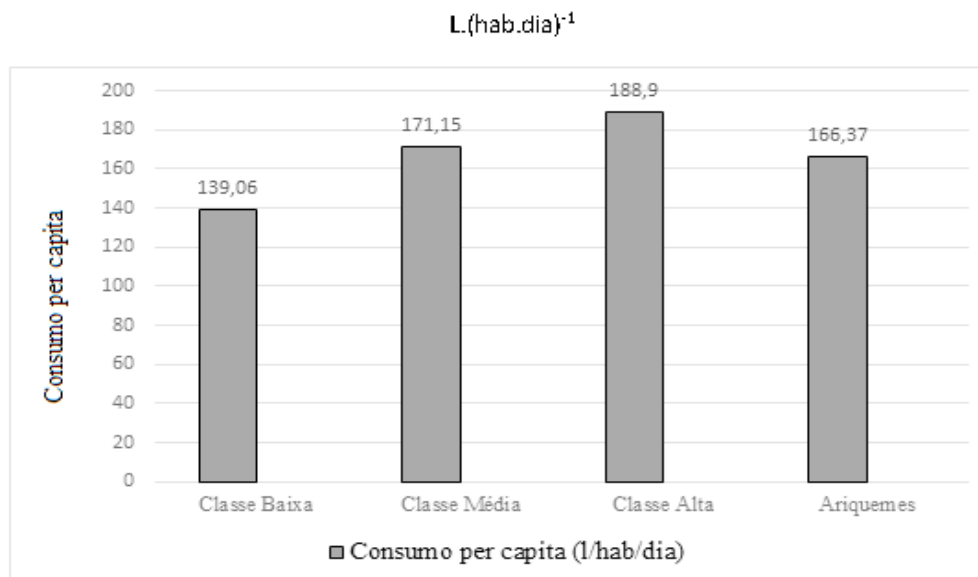


Gráfico 1 – Consumo *per capita* de água nos setores censitários e na cidade.

O consumo médio *per capita* identificado para a cidade de Ariquemes de $166,37 \text{ L.}(\text{hab.dia})^{-1}$ está contido no intervalo de consumo médio identificado para cidades em Sperling et. al. (2002), porém está acima do consumo médio *per capita* de água do país ($162,6 \text{ L.}(\text{hab.dia})^{-1}$) e da região Norte ($151,2 \text{ L.}(\text{hab.dia})^{-1}$) e abaixo do consumo médio *per capita* do estado de Rondônia ($177,1 \text{ L.}(\text{hab.dia})^{-1}$), todos calculados com dados de 2011 pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2013). Ademais, o valor encontra-se abaixo do intervalo de consumo para populações de 30.000 até 100.000 habitantes (200 a 250 $\text{L.}(\text{hab.dia})^{-1}$) (BRASIL, 2006) e no intervalo para populações de 50.000 até 250.000 habitantes (120 a 220 $\text{L.}(\text{hab.dia})^{-1}$) (SPERLING, 2005), ambos para habitações com ligações domiciliares de água.

Para aplicação das análises estatísticas, inicialmente foi verificada a existência de normalidade dos dados por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e concluiu-se que em nenhum caso analisado os dados mostraram normalida-

de, sendo, assim, necessária a aplicação de testes não paramétricos. Dessa forma, para verificar a existência de uma diferença significativa entre o consumo de água no período de alta (janeiro, fevereiro e março) e baixa pluviosidade (julho, agosto e setembro), foi aplicado o teste de Wilcoxon, com um nível de confiança de 95%, sendo observada que há diferença entre os períodos chuvoso e seco. Acredita-se que ocorra maior demanda de água nesse período, em razão do aumento da necessidade de consumo dos usuários, devido ao clima seco, para fins de uso como ingestão, banho, lavagem de roupas, limpeza da casa, aguar jardins e hortas, entre outros, e pelo fato de não ocorrer reúso da água da chuva para limpeza nas residências.

Para realizar a correlação entre o consumo de água e as classes sociais, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis, com um nível de confiança de 95%, concluindo-se haver diferenças entre os setores censitários representativos das classes sociais no consumo de água, conforme mostrado no Gráfico 2.

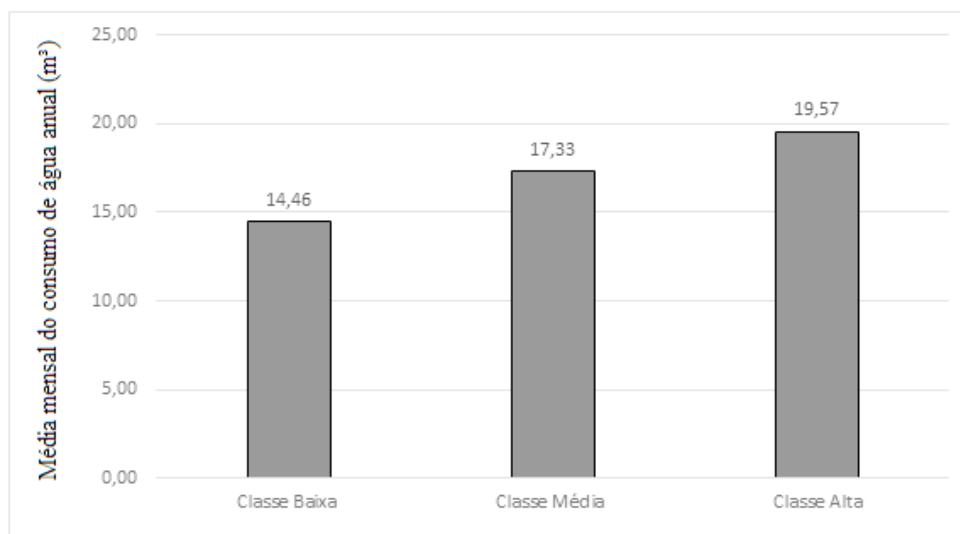


Gráfico 2 – Média mensal do consumo de água anual nos setores censitários.

Isso pode ser explicado pelo fato de o consumo doméstico de água aumentar conforme maiores forem a renda familiar, o poder aquisitivo e, consequentemente, a classe social das residências (DIAS et al., 2010).

Para análise da correlação entre o consumo médio mensal de água das residências e as informações obtidas por meio dos formulários, foi utilizado o método de Spearman. Observou-se que todas as variáveis estudadas – quais sejam: total de moradores; número de empregados domésticos; escolaridade do responsável pela residência; renda familiar; área construída da residência; número de cômodos; número de banheiros; presença de ar no encanamento; opinião a respeito da qualidade da água fornecida pela empresa; principal objetivo quando se pensa em economizar água; participação em campanhas, eventos, palestras ou reuniões referentes ao tema consumo e preservação dos recursos hídricos; pontos internos de consumo de água; e pontos totais de consumo de água – apresentaram correlação fraca, porém significativa, com a média mensal do consumo domiciliar de água, salvo as exceções das variáveis presença de ar no encanamento; opinião a respeito da qualidade da água fornecida pela empresa; principal objetivo quando se pensa em economizar água; e participação em campanhas, que mostraram correlação negativa e não significativa com o consumo médio mensal domiciliar de água, de acordo com seu p-valor. Esse resultado pode ter ocorrido devido a essas variáveis estarem relacionadas com questões que envolvem as opiniões e observações dos entrevistados e não dados mensuráveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostrou-se relevante, apresentando resultados importantes para o desenvolvimento de projetos relacionados ao sistema de saneamento básico, sendo possível ser aplicada em outras regiões brasileiras.

A média encontrada para o consumo *per capita* da cidade de Ariquemes foi de 166,37 L.(hab.dia)⁻¹. Por meio dos testes de correlação de Wilcoxon e de Kruskal-Wallis, foi possível afirmar, com 95% de confiança, que há diferença no consumo domiciliar de água nos períodos chuvoso e seco, assim como há diferenças entre os setores censitários representativos das classes sociais estudadas.

Quando testada a correlação, utilizando o método de Spearman, entre o consumo médio mensal de água das residências e as informações obtidas por meio dos formulários, observou-se que quase todas as variáveis apresentaram correlação fraca, porém significativa, com a média mensal do consumo domiciliar de água, podendo-se concluir, com 95% de confiança, que, quanto maior o número de moradores na residência, maior o número de empregados domésticos, maior a escolaridade do responsável pela família, maior a renda mensal da familiar, maior a área construída, maior o número de cômodos e banheiros, maior o número de pontos internos e totais de consumo de água, como também maior o consumo residencial de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAERD pelas informações fornecidas, bem como ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos financeiros.

REFERÊNCIAS

- ABEP- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. **Critério de classificação econômica Brasil**. São Paulo: 2012. 5 p. <<http://www.abep.org/novo/Content.aspx?ContentID=835>> Acesso em: 08 de ago. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial – Brasília: ANA, 2012. 215 p. ISBN 978-85-89629-89-8. Disponível em: <http://www.arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura_2012.pdf>. Acessado em: 02 mar. 2013.
- BRASIL. **Manual de Saneamento**. 3 ed. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2006. 408 p. ISBN: 85-7346-045-8. Disponível em:

<<http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files.mf/eng.saneam2.pdf>>Acessado em: 04 mar. 2013.

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro**, v. 15, n. 2, p. 155-166, abr/jun 2010. ISSN 1413-4152. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000200008>. Acesso em: 21 mar. 2013.

Garcia, A. P. A. ; ESQUERRE, K. ; MELLO, M. ; KIPERSTOK, A. . **Consumo de água em residências de baixa renda: análise dos fatores intervenientes sob a ótica da gestão da demanda**. Bahia Analise & Dados, v. 23, p. 317-333, 201

GEO Brasil. **Recursos Hídricos: Componente da Série de Relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente; Agencia Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. Disponível em: <<http://www.arquivos.ana.gov.br/isntitucional/sge/CEDOC/Catalogo/2007/GEOBrasilRecursos>>. Acesso em: 22 mar. de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Banco de dados. 2010a. Disponível em:<<http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=110002&search=rondonia|ariquemem|infograficos:-evolucao-populacional-e-piramide-etaria>>. Acesso em 20 mar. 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse por setores. 2010b. Disponível em:<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em 7 set. 2013.

MATOS, J. C. C. T. **Proposição de método para a definição de cotas per capitamínimas de água para consumo humano**. Brasília: UnB, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Recursos Hídricos), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://bdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/34/TDE-2007-09-24T131856Z-1802/Publico/Dissert_Jennifer%20Conceicao.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2013.

SAE/PR- Secretaria de Assuntos Estratégicos do Estado do Paraná. **Perguntas e respostas sobre a definição da classe média**. Paraná: 2012. 12 p. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Perguntas-e-Respostas-sobre-a-Defini%C3%A7%C3%A3o-da-Classe-M%C3%A9dia.pdf>>. Acesso em: 08 de ago. 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos-2011**. Brasília: SNIS, 2013. 432 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=101>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Ed UFMG, 2005.

SPERLING, M. V.; 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. In: **SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 6., 2002, Vitória. Anais Eletrônicos... Vitória: ABES, 2002. p. 01-07. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/dos.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2013