

## **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DA MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

*Erick Brizon D'Angelo Chaib<sup>1</sup>\* Diomira Maria C. P. Faria<sup>2</sup>; Nilo de Oliveira Nascimento<sup>3</sup>*

Em um cenário de relativa escassez hídrica, torna-se necessária a implementação de políticas públicas relacionadas à gestão hídrica objetivando a manutenção de níveis adequados de abastecimento de água potável. O uso de medição individualizada de água em edifícios pode ser uma importante possibilidade quanto à redução do consumo de água em áreas urbanas. O presente trabalho propõe uma metodologia de avaliação do potencial de economia de água potável, em larga escala, por meio do uso de medição individualizada em edifícios residenciais multifamiliares. Para tanto, foram realizadas análises hidráulicas e financeiras, tomando como estudo de caso o Município de Belo Horizonte, MG. Os resultados obtidos foram extrapolados em escala municipal e indicaram, na hipótese de uso generalizado de medição individualizada em todos os edifícios residenciais existentes no município, um potencial de economia na ordem de 16% em relação ao consumo anual total domiciliar de água potável. Os resultados financeiros apresentaram períodos de retorno do investimento de aproximadamente 2 anos, conforme o tipo de edificação residencial.

**Palavras-Chave** – *conservação de água; economia de água; medição individualizada de água.*

## **ASSESSMENT OF THE POTENTIAL TO REDUCE DRINKING WATER CONSUMPTION BY IMPLEMENTING WATER INDIVIDUAL METERING AT MULTIFAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS**

In a scenario of relative water scarcity, it is advisable to implement public policies aimed at maintaining adequate potable water supply. The use of water individual metering in buildings can be an important possibility in reducing water consumption in urban areas. The present work proposes a methodology for evaluating the potential of large-scale potable water savings through the use of water individual metering in multifamily residential buildings. For this, hydraulic and financial analyzes were carried out, taking as a case study the Municipality of Belo Horizonte, MG. The results obtained were extrapolated at municipal scale and indicated, in the hypothesis of generalized use of water individual metering in all existing residential buildings in the municipality, an economic potential in order of 16%, in relation to the total annual household consumption of drinking water. The financial results presented return periods of the investment of approximately two years, according to the type of residential building.

**Palavras-Chave** – *water conservation; saving water; water individual metering*

<sup>1</sup> \* Professor efetivo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), [erickbrizon@gmail.com](mailto:erickbrizon@gmail.com).

<sup>2</sup> Professor adjunta do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

<sup>3</sup> Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos / UFMG.

## INTRODUÇÃO

A ideia de abundância da água, considerada por longo tempo como recurso inesgotável, é desfeita a partir da verificação do crescimento de sua demanda, das variações geográficas e sazonais da oferta hídrica e da degradação dos mananciais (LIBÂNIO, 2006). São previstos expressivos aumentos na demanda urbana de água em nos próximos anos, bem como o agravamento de episódios de inundações e secas, decorrentes da interferência das mudanças climáticas sobre o regime de chuvas (DOMENECH e SAURI, 2011). Nas regiões metropolitanas, a expansão urbana não planejada pode ser considerada a origem de comprometimentos da qualidade de água de mananciais de abastecimento urbano (NASCIMENTO e HELLER, 2005).

Considerando a relativa escassez de água em áreas urbanas, a implementação de políticas públicas de gestão hídrica torna-se necessária, focando a oferta e demanda de água, no sentido de manter os níveis adequados de abastecimento para os diversos fins. Sharma *et al.* (2008), sob a ótica da gestão integrada de águas urbanas, indicam que o *WSUD – Water Sensitive Urban Design* representa importante aspecto dos modelos de gestão, abrangendo o conceito de sustentabilidade, nas dimensões econômicas, sociais e ambientais.

Visando à proteção e conservação dos mananciais de água, podem ser previstas diferentes medidas no contexto urbano, em âmbito domiciliar: (i) diversificação de oferta de água, citando-se o aproveitamento de água de chuva para atendimento às demandas não potáveis (GHISI, *et al.*, 2007; ROEBUCK *et al.*, 2011; BELMEZETI *et al.*, 2014) (ii) redução do consumo de água potável, citando-se o uso de aparelhos hidráulicos economizadores e de medição individualizada de água (GONÇALVES, 2009; GUEDES *et al.*, 2014).

O presente estudo é parte de uma pesquisa de doutorado que objetiva a avaliação do uso dos referidos dispositivos em edificações residenciais unifamiliares (casas) e multifamiliares (edifícios), proporcionando redução do consumo de água potável no âmbito domiciliar em grandes áreas urbanas (CHAIB, 2016). O foco do presente texto é a proposição de uma metodologia de avaliação, em escala municipal, do potencial de redução do consumo residencial de água potável por meio do uso de medição individualizada de água em edifícios de apartamentos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Diretrizes metodológicas

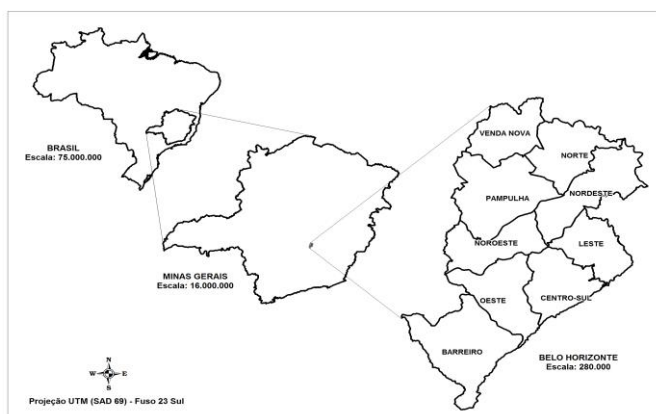
Conforme Chaib (2016), a avaliação do potencial de economia de água potável por meio do uso de medição individualizada em edifícios de apartamentos, tomando-se o município de Belo Horizonte como estudo de caso, foi realizada a partir das seguintes etapas, determinando-se:

- a. Os padrões de consumo residencial de água (em litros / habitantes x dia) considerando o perfil socioeconômico das famílias e os padrões construtivos das edificações residenciais. Foram utilizados no estabelecimento de comparativos entre o consumo domiciliar de água em edifícios que possuem e os que não possuem medição individualizada nos apartamentos;
- b. Projetos-padrão de edificações residenciais multifamiliares (edifícios) sobre os quais foram realizadas simulações de implantação de medição individualizada de água. O objetivo de tais projetos é a redução da variabilidade das características das edifícios existentes a um conjunto de dez projetos-padrão, obtidos, em grande parte, na NBR 12.721;
- c. Correlação entre os projetos-padrão e a distribuição das edifícios residenciais existentes no município, a partir do cadastro técnico municipal, organizando-as por suas características construtivas, permitindo a obtenção do número correspondente de edifícios existentes;

- d. Avaliação do uso de medição individualizada de água em edifícios, por meio de simulações hidráulicas e financeiras para cada um dos projetos-padrão, determinando-se o potencial de redução do consumo de água potável e o período de retorno do investimento (*payback*) a partir dos custos correspondentes (implantação, operação e manutenção);
- e. Extrapolação para o total de edifícios existentes em escala municipal, conforme base de dados, a partir dos resultados obtidos nas simulações individuais para os projetos-padrão, obtendo-se o potencial total de redução do consumo de água potável.

### Caracterização do estudo de caso

O município de Belo Horizonte, com população de cerca de 2,4 milhões de habitantes e área de 330 km<sup>2</sup>, localizado na região sudeste do Brasil (figura 1), foi escolhido como estudo de caso para esta pesquisa, devido à qualidade e disponibilidade de dados cadastrais sobre as edificações existentes e outros parâmetros. Além disso, os indicadores de renda, IDH e de saneamento representam valores médios similares aos de outras grandes cidades brasileiras.



**Figura 1.** Localização de Belo Horizonte e suas regiões administrativas

(Fonte: PRODABEL, 2013)

A Tabela 1 apresenta a distribuição em classes socioeconômicas – A1, B1, B2, C1, C2, D e E (D e E estão unidas devido ao tamanho reduzido de ambas) da população de Belo Horizonte segundo o critério de classificação contida em ABEP (2012), sendo agrupadas nas faixas AB, C e DE. A referida tabela também apresenta a distribuição populacional e o número de habitantes por domicílio conforme classes, verificando-se que, em média, há 3 moradores por domicílio. A base de dados tem como referência principal o recenseamento realizado pelo IBGE em 2010.

Tabela 1 – Classes socioeconômicas e distribuição populacional em Belo Horizonte

Classes socioeconômicas estratificadas e reagrupadas <sup>(1)</sup>	Renda familiar média <sup>(2)</sup> (R\$/mês)	Médias (à esquerda) e médias ponderadas (à direita)						
		Número de moradores por domicílio <sup>(2) (3)</sup>		Distribuição da população <sup>(2)(3)</sup>				
				Belo Horizonte (%)		Brasil (%)		
A1	9.263,00	3,29		4,0		4,5		
B1	5.241,00	3,20	3,35	9,6	35,5	10,0	36,3	
B2	2.654,00	3,42		21,9		21,8		
C1	1.685,00	3,27	3,15	26,7	50,2	26,3	48,8	
C2	1.147,00	3,02		23,5		22,5		
D/E	776,00	2,53	2,53	14,3	14,3	14,9	14,9	

(1) Estratificação conforme Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP, 2012)

(2) Fonte: IBGE (2010); (3) os valores à direita referem-se à média ponderada em relação à população em cada classe

## Consumo residencial de água

Os padrões de consumo residencial *per capita* de água foram estabelecidos em função da renda *per capita* no município de Belo Horizonte, por meio desenvolvido utilizando base de dados de 111 meses (agosto de 2003 a outubro de 2012) de consumo domiciliar de água fornecido pela COPASA, conforme metodologia detalhada em Dias *et al.* (2014) e Chaib (2016). O modelo foi desenvolvido processando-se o consumo residencial de água em conjunto com os microdados da Pesquisa Mensal de Emprego (PME) (IBGE, 2010), aplicando-se índices deflatores sobre a evolução tarifária e os rendimentos mensais, inferindo-se o real poder aquisitivo das famílias em relação ao custo da água.

O modelo de regressão logarítmica descrito na Figura 2 foi o que melhor representou a dispersão dos dados (DIAS *et al.*, 2014). Pode-se verificar que a curva possui boa aderência à dispersão dos dados, principalmente para rendas mais baixas, percebendo-se, para rendas elevadas, a saturação do consumo de água e a tendência inelástica em relação à renda, observadas na tendência assintótica da cauda direita. O aspecto logarítmico da curva também é abordado por Billings & Jones (2008) quanto à relação as variáveis *consumo residencial de água e renda*.

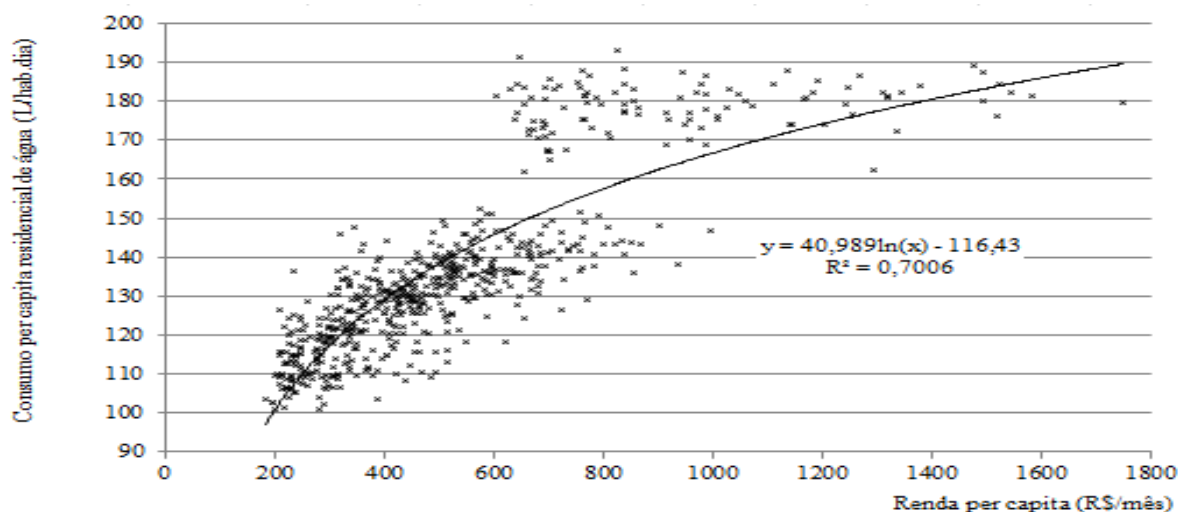


Figura 2 – Função consumo residencial de água *versus* renda familiar. Fonte: Dias, *et al.* (2014)

A partir do referido modelo foi possível a determinação dos padrões de consumo residencial de água em função das classes socioeconômicas da população, definidas por meio da renda familiar (ver Tabela 1). Os padrões de consumo estão sintetizados na Tabela 2:

Tabela 2 – Padrões de consumo *per capita* residencial de água para o município de Belo Horizonte

Classes socioeconômicas	Consumo per capita diário (litros/hab x dia)	Classes socioeconômicas	Consumo per capita diário <sup>1</sup> (litros/hab x dia)
A	213		
B1	190	AB	175
B2	162		
C1	143	C	136
C2	127		
D/E	111	DE	111

(1) Calculados pela média ponderada entre o consumo e a população das classes socioeconômicas agrupadas, para série histórica que abrange o período de agosto de 2003 a outubro de 2012.

## Projetos-padrão

As edificações residenciais multifamiliares (edifícios) existentes no município foram agrupadas conforme a equivalência com projetos-padrão, de acordo com a NBR 12721:2006 (ABNT, 2006), que estabelece oito tipos de projetos-padrão residenciais, caracterizados por diferentes parâmetros – área, número de cômodos e padrão de acabamento (B– Baixo / N– Normal / A– Alto). Adotaram-se os oito projetos mencionados, acrescentando-se ainda outros dois (elaboração própria), conforme descrito na Tabela 3, com vistas à obtenção de melhor correlação com a base cadastral de edifícios existentes.

Tabela 3 – Projetos-padrão multifamiliares – nomenclatura e características gerais

Nomenclatura <sup>(1)</sup> e características	Número de unidades	Áreas (m <sup>2</sup> )	
		Total construída	Unidade <sup>(2)</sup> residencial
PIS Projeto de interesse social: térreo e 4 pavtos-tipo	20	991,45	43,32
PP-B Prédio popular padrão baixo: Térreo e 3 pavtos-tipo	16	1.415,07	48,04
PP-N Prédio popular – padrão normal : pilotis e 4 pavtos-tipo	16	2.590,35	77,70
R8-B Prédio padrão baixo: Térreo e 7 pavtos-tipo	32	2.801,64	48,04
R8-N Prédio padrão normal: garagem, pilotis e oito pavtos-tipo	32	5.998,73	77,70
R8-A Prédio padrão alto: garagem, pilotis e oito pavtos-tipo	16	5.917,79	171,02
R8-X Prédio padrão alto: garagem, pilotis e oito pavtos-tipo	32	9.500,00	171,02
R8-Y Prédio padrão normal: garagem, pilotis e oito pavtos-tipo	64	12.600,00	77,70
R16-N Prédio padrão normal: Garagem, pilotis e 16 pavtos-tipo	64	10.562,07	77,70
R16-A Prédio padrão alto: Garagem, pilotis e 16 pavtos-tipo	32	10.461,85	171,02

(1) Fonte: NBR 12.721:2006 (ABNT, 2006), excetuando-se R8-X e R8-Y (elaboração própria).

(2) Área privativa dos apartamentos, conforme o tipo de projeto-padrão.

## Cadastro de edifícios existentes no município de Belo Horizonte

A base de dados geoprocessados utilizada na pesquisa foi fornecida pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e é composta pela restituição aerofotogramétrica realizada em 2008 e base cadastral do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) atualizada em 2013. Os dados foram processados nos softwares MapInfo 11.0, da Geograph e no Microsoft Excel 2007. Foram compatibilizados com os parâmetros de ABNT (2006), gerando a classificação: Edifícios P1P2, Edifícios P3 e Edifícios P4P5, equivalentes aos padrões baixo, normal e alto, respectivamente.

A Figura 3 apresenta o histograma de frequência acumulada com a distribuição dos edifícios existentes em Belo Horizonte quanto às áreas de projeção de cobertura e classes construtivas, destacando as áreas de 1.000 m<sup>2</sup>, para as classes P1P2 e P3 e 1.400 m<sup>2</sup> para P4P5, a partir das quais os dados (edifícios) foram descartados. Visando obter melhor representatividade dos edifícios existentes, foram incluídos os projetos R8-X e R8-Y, com áreas de cobertura de 750 m<sup>2</sup> e 1.400 m<sup>2</sup>.

A Tabela 4 apresenta a distribuição das edificações residenciais multifamiliares existentes em Belo Horizonte, agrupadas segundo os padrões construtivos e classes socioeconômicas das famílias, correlacionando-as aos projetos-padrão apropriados, em função das áreas de cobertura e da altura dos edifícios.



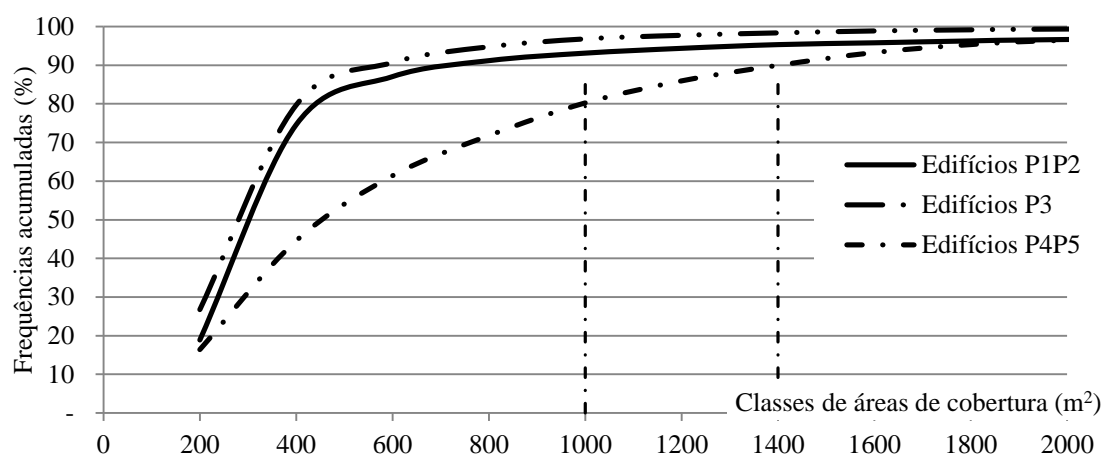


Figura 3 – Frequências acumuladas de edificações multifamiliares em Belo Horizonte em 2013

Fonte: Elaboração própria, baseada no cadastro de edifícios existentes no município de Belo Horizonte

Tabela 3 – Projetos-padrão multifamiliares – características gerais

Projetos-Padrão (ABNT, 2006), classes socioeconômicas e padrões construtivos	Número total		População distribuída conforme classe socioeconômica <sup>(2)</sup>		
	Edifícios	Apartamentos <sup>(1)</sup>	AB	C	DE
Classe DE / Padrão Baixo Projetos: PIS / PP-B / R8-B	2.718	54.756			169.690
Classe C / Padrão Normal Projetos: PP-N / R8-N / R8-Y / R16-N	9.340	272.768		845.581	
Classe AB / Padrão alto Projetos: R8-A / R8-X / R16-A	7.150	149.248	462.669		
Total	19.208	476.772	462.669	845.581	169.690

(1) Conforme projetos-padrão multifamiliares; (2) Estimativa para 3 habitantes por domicílio

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Buscou-se estabelecer parâmetros comparativos (coeficientes) entre os edifícios com e sem medição individualizada. Assim, levantaram-se dados na pesquisa bibliográfica e em análises de condomínios residenciais existentes em Belo Horizonte e na região metropolitana, no ano de 2015, obtendo-se um total de 3.534 registros de consumo domiciliar total mensal de água. Nos referidos condomínios, verificaram-se coeficientes de redução do consumo convencional variando de 18% a 35% em relação ao consumo em edifícios com medição individualizada.

A partir da revisão de literatura realizada (OLIVEIRA e PERES, 2009; SOUZA FILHO *et al.*, 2006) e dos resultados obtidos a partir da análise do consumo de água dos edifícios residenciais existentes, optou-se pela adoção de coeficiente de redução do consumo de água na ordem de 25%, no qual foram baseadas as simulações. A Tabela 4 apresenta a redução do consumo para cada classe socioeconômica, em função do consumo convencional, estimado conforme a Tabela 2.

A partir das informações contidas nas Tabelas 3 e 4, o potencial de redução do consumo de água por meio do uso de medição individualizada em edifícios foi extrapolada em escala municipal, considerando a hipótese de uso generalizado do sistema em todos os edifícios residenciais do município de Belo Horizonte. A Tabela 5 apresenta . Ressalta-se que os cálculos foram realizados

para cada um dos projetos-padrão e transcritos agrupando-os em função dos padrões de acabamento – AB (alto), C (normal) e DE (baixo).

Tabela 4 – Consumo domiciliar convencional e redução do consumo a partir do uso de medição individualizada de água

Classe socioeconômica	Consumo per capita <sup>(1)</sup> (litros/hab x dia)	Consumo domiciliar <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> /mês)	Redução do consumo domiciliar <sup>(3)</sup> (m <sup>3</sup> /mês)
AB	175	15,7	3,9
C	136	12,2	3,1
DE	111	10,0	2,5

(1) Dados obtidos na Tabela 2;

(2) Considerando 30 dias por mês e média de 3 habitantes por apartamento (domicílio), conforme Tabela 1;

(3) Redução do consumo a partir de aplicação de coeficiente de 25%.

Tabela 5 – Potencial de redução do consumo de água em escala municipal, por meio do uso de medição individualizada de água em edifícios (redução de consumo de 25%)

Projetos-Padrão (ABNT, 2006), classes socioeconômicas e padrões construtivos <sup>(1)</sup>	Potencial de economia de água potável por classe socioeconômica (m <sup>3</sup> /mês)			%
	AB	C	DE	
Classe DE / Padrão Baixo Projetos: PIS / PP-B / R8-B	-	-	136.890	8,7
Classe C / Padrão Normal Projetos: PP-N / R8-N / R8-Y / R16-N	-	845.581	-	54,2
Classe AB / Padrão alto Projetos: R8-A / R8-X / R16-A	582.067	-	-	37,1
Total		1.564.538		100,0

No cenário adotado – uso generalizado de medição individualizada em todos os edifícios residenciais do município de Belo Horizonte –, o potencial total de economia de água é da ordem de  $1,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/mês ( $18,8 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano), equivalente a cerca de 16% em relação ao consumo total domiciliar de água potável, conforme dados obtidos junto à COPASA.

Considerando taxa de desconto na ordem de 12% a.a., os períodos de retorno do investimento (*payback*) referentes ao uso de medição individualizada em edifícios residenciais representados pelos projetos-padrão multifamiliares foram de aproximadamente 2 anos, levando-se em conta os custos correspondentes à implantação, operação e manutenção.

Os resultados obtidos confirmam que o uso de medição individualizada em edifícios residenciais é uma alternativa viável, sob o ponto de vista do potencial de economia de água e o prazo de retorno do investimento. Contudo, são necessárias normas mais específicas que regulamentem o assunto.

## REFERÊNCIAS

ABEP – Associação Brasileira de Empresas Pesquisa. São Paulo. Disponível em: <http://www.abep.org/default.aspx?usaritem=arquivos&iditem=23>, acesso em 25/11/2012.

- ABNT – Associação Brasileira Normas Técnicas – NBR 12.721:2006 – *Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária*. Rio de Janeiro, 2006.
- BRASIL. Lei nº 13.312 de 12/07/2016. Altera a Lei n. 11.455 de 05/01/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, para tornar obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais. Acesso em 13/07/2016. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13312.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13312.htm).
- BELMEZITI, A.; COUTARD, O.; de GOUVELLO, B. How much drinking water can be saved by using rainwater harvesting on a large urban area? Application to Paris Agglomeration. *Water Science and Technology*, 2014, (In Press, Uncorrected Proof, Available online 14 June 2014).
- BILLINGS, R. B.; JONES, C. V. *Forecasting Urban Water Demand*. 2. ed. Denver: American Water Works Association, 2008. 350 p.
- CHAIB, E. B. D. *Avaliação de estratégias para a redução do consumo de água de abastecimento como meio de diminuição da pressão sobre os recursos hídricos*. 2016. 233 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – UFMG, Belo Horizonte, 2016.
- DIAS, D. M.; CHAIB, E.; LIBÂNIO, M.; MARTINEZ, C.; NASCIMENTO, N. *Economic Influence on Household Water Consumption in Metropolitan Area, a Reference for Water Saving Policies*. In: 13<sup>o</sup> International Conference on Urban Drainage. Malaysia, 2014.
- DOMENECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal Of Cleaner Production, Barcelona*, 2011.
- GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*. V. 42, p. 1654-1666, 2007.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). *Racionalização do uso de água e conservação de energia em sistemas de abastecimento públicos e em edificações*. PROSAB, Rio de Janeiro, 2009. 352 p.
- GUEDES, M. J.; RIBEIRO, M. M.; VIEIRA, Z. M. Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 2, n. 19, p.123-134, jun. 2014.
- LIBÂNIO, P. A. C. *Avaliação qualitativa do modelo de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos: Interfaces com o Sistema Ambiental e com o Setor de Saneamento*. 318 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Belo Horizonte, 2006.
- NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, Tecnologia e Inovação na Interface entre as Áreas de Recursos Hídricos e Saneamento. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 36-48, jan-mar, Belo Horizonte, 2005.
- OLIVEIRA, E. F. C.; PERES, L. A Economia Gerada pelo Uso Integrado da Medição Individualizada de Água e o Aproveitamento de água da Chuva em Prédio residencial. In. XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Campo Grande, 2009.
- PRODABEL – Empresa de Processamento de Dados de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2013.
- ROEBUCK, R. M.; OLTEAN, C.; TAIT, S. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. *Water and Environment Journal*. Vol. 25, 2011.
- SHARMA, A. K.; GRAY, S.; DIAPER, C.; HOWE, C. Assessing integrated Water Management Options for Urban Developments – Canberra Case Study. *Urban Water Journal*, Canberra, 2008.
- SOUZA FILHO, A.F., CAVALCANTI, D.J.H; *A hidrometração individualizada como disciplinador de consumo*. 23<sup>o</sup> Congresso Brasileiro da ABES, Campo Grande, dez 2005.