



**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade**  
**Mestrado Interdisciplinar**

**Sálvio Luiz de Figueiredo**

**ESTIMATIVA DA DEMANDA RESIDENCIAL URBANA DE ÁGUA:**  
**O caso da cidade de Teófilo Otoni**

**Teófilo Otoni**  
**2017**



**Sálvio Luiz de Figueiredo**

**ESTIMATIVA DA DEMANDA RESIDENCIAL URBANA DE ÁGUA:  
O caso da cidade de Teófilo Otoni**

Dissertação apresentada ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTE E SOCIEDADE – STRICTO SENSU, nível de MESTRADO como parte dos requisitos para obtenção do título de MAGISTER SCIENTIAE EM TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE.

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Raquel de Souza Pompermayer

**Teófilo Otoni  
2017**

Ficha Catalográfica  
Preparada pelo Serviço de Biblioteca/UFVJM  
Bibliotecário responsável: Gilson Rodrigues Horta – CRB6 nº 3104

F475e Figueiredo, Sálvio Luiz de.  
2017 Estimativa da demanda residencial urbana de água: o caso da cidade de Teófilo Otoni. / Sálvio Luiz de Figueiredo. Teófilo Otoni: UFVJM, 2017.  
76 f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade, 2017.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Raquel de Souza Pompermayer.

1. Demanda de água. 2. Preço em blocos. 3. Mínimo quadrado de dois estágios. 4. Elasticidade da demanda. 5. Gestão de recursos hídricos. I. Título.

**CDD: 330**

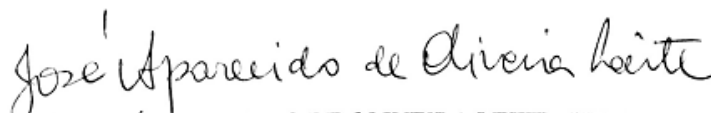
SÁLVIO LUIZ DE FIGUEIREDO

**ESTIMATIVA DA DEMANDA RESIDENCIAL URBANA DE ÁGUA:  
O caso da cidade de Teófilo Otoni**

Dissertação apresentada ao PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
TECNOLOGIA AMBIENTE E  
SOCIEDADE – STRICTO SENSU, nível de  
MESTRADO como parte dos requisitos para  
obtenção do título de MAGISTER  
SCIENTIAE EM TECNOLOGIA,  
AMBIENTE E SOCIEDADE

Orientador: Dr.<sup>a</sup> Raquel de Souza  
Pompermayer

Data da aprovação: 11/02/2017



Prof. Dr. JOSÉ APARECIDO DE OLIVEIRA LEITE - UFVJM



Prof. Dr. WEDERSON MARCOS ALVES - UFVJM



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> RAQUEL DE SOUZA POMPERMAYER - UFVJM

TEÓFILO OTONI



## RESUMO

O trabalho tem como objetivo estimar a demanda de água do sistema de abastecimento público da Cidade de Teófilo Otoni – MG, bem como examinar os efeitos das variáveis determinantes em seu comportamento. Permite ainda uma compreensão do cenário pesquisado, possibilitando, deste modo, analisar a magnitude de possíveis políticas tarifárias utilizadas, sendo capaz de sustentar no processo decisório sobre a necessidade de investimentos, por meio de projeções do consumo. Para esse fim, utilizou-se técnicas de análise exploratória temporal de dados, considerando o período de setembro de 2012 a dezembro de 2014, dividida em duas categorias de consumo: social e normal. O modelo de demanda de água apoiou-se na estrutura tarifária da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG), visando avaliar aspectos importantes tanto para o serviço de abastecimento de água quanto de consumidores. Ressalta-se a importância das variáveis preço médio, renda e clima, objetivando-se substancialmente em encontrar os parâmetros de elasticidade. A compreensão desses parâmetros viabiliza uma análise do impacto de políticas tarifárias e possibilita a projeção do consumo futuro de água no longo prazo. Os resultados encontrados destacam a inelasticidade preço da demanda de água para ambas as categorias estudadas, apresentando coeficientes significativos para o preço marginal e a variável diferença. A quantidade de água defasada e a renda para ambas as categorias estudadas, não apresentaram o sinal esperado pela literatura; já o clima, na categoria normal, o coeficiente não foi significativo estatisticamente; e na categoria social, o coeficiente mostrou-se significativo. Portanto, presume-se um maior conhecimento na estrutura tarifária da cidade, além da busca por variáveis que expliquem melhor a demanda de água.

**Palavras-chave:** Demanda de água. Preço em blocos. Mínimo quadrado de dois estágios. Elasticidade da demanda. Gestão de recursos hídricos.





## **ABSTRACT**

The objective of this work is to estimate the water demand of the Teófilo Otoni - MG public water supply system, as well as to examine the effects of the determinant variables on its behavior. It also allows an understanding of the researched scenario, thus making it possible to analyze the magnitude of possible tariff policies used, being able to sustain in the decision making process on the need for investments, through consumption projections. For this purpose, we used techniques for exploratory temporal data analysis, considering the period from September 2012 to December 2014, divided into two categories of consumption: social residential and normal residential. The water demand model was based on the tariff structure of the Minas Gerais Sanitation Company (COPASA-MG), in order to evaluate important aspects for both the water supply service and consumers. The significance of the variables average price, income and climate is emphasized, aiming substantially at finding the parameters of elasticity. The understanding of these parameters enables an analysis of the impact of tariff policies and enables the projection of future water consumption in the long term. The results found highlight the price inelasticity of water demand for both categories studied, presenting significant coefficients for the marginal price and the difference variable. The coefficient was not statistically significant, in the social category, the coefficient showed to be highly significant. The coefficient was not statistically significant, in the social category, the coefficient showed to be highly significant. Therefore, it is assumed a greater knowledge in the tariff structure of the city, besides the search for variables that better explain the water demand.

**Key words:** Water demand. Price in blocks. Minimum two-stage square. Elasticity of demand. Management of water resources.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.2 OBJETIVOS .....	11
1.2.1 Objetivo Geral .....	11
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 ÁGUA E ECONOMIA.....	13
2.2 A PRECIFICAÇÃO DA ÁGUA NO CONTEXTO DAS TARIFAS EM BLOCOS .....	16
2.3 A ESTRUTURA TARIFÁRIA DA COPASA .....	19
2.4 DETERMINANTES DA DEMANDA DE ÁGUA .....	21
2.5 PRINCIPAIS MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO UTILIZADOS.....	23
2.6 ELASTICIDADE PREÇO DA DEMANDA RESIDENCIAL.....	24
2.7 EFEITOS ESPACIAIS SOBRE A DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA.....	25
2.8 ESTIMATIVAS INTERNACIONAIS DA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA .....	30
2.9 ESTIMATIVAS NACIONAIS DA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA .....	32
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
3.1 CARATERIZAÇÃO DA REGIÃO ESTUDADA .....	39
3.2 AMOSTRA.....	41
3.3 ESPECIFICAÇÃO DOS DETERMINANTES NA DEMANDA DE ÁGUA.....	42
3.4 ESPECIFICAÇÃO DA FUNÇÃO DA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA .....	45
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>72</b>
APÊNDICE A – RESIDENCIAL SOCIAL.....	72
APÊNDICE B – RESIDENCIAL NORMAL .....	73



## 1 INTRODUÇÃO

As primeiras pesquisas realizadas na segunda metade do século XX sobre a estimação da demanda de água, evoluíram do pressuposto de que o aumento da população e a evolução urbana definiriam a quantidade de água necessária. Conseqüentemente, admite-se implicitamente que o preço da água e a renda do consumidor não influenciariam na sua demanda. Todavia, nos últimos anos, a escolha do preço como método de gerenciamento do consumo de água tem sido assunto significativo entre os responsáveis por decisões das empresas públicas e privadas.

Até meados dos anos de 1950, as políticas de luta contra escassez da água destacavam o lado da oferta, estas tinham como ponto central a criação e ampliação de reservatórios, resultando na multiplicação da oferta de água potável (ARBUÉS *et al.*, 2003).

Dziegielewski (2003) afirma que a melhor utilização sustentável dos recursos hídricos para atender as carências da população não pode ser competente sem que haja uma gestão e um entendimento da demanda de água. Situação que estimula inúmeros economistas a estimarem a demanda de água desde a década de 1960, visto que a gestão dessa demanda fundamenta-se nos modelos consistentes de projeção a longo prazo para a investigação do comportamento do consumo (HADDAD, 1999).

O gerenciamento dos recursos hídricos resulta nas mais controversas decisões do ponto de vista socioeconômico. Nesse contexto o conhecimento das características da curva de demanda urbana de água pode ser uma informação útil para a definição de taxas ótimas para o serviço de abastecimento (FORTUNATO, 2005).

No entanto, a pesquisa, justifica-se por analisar, avaliar e obter os determinantes da demanda de água, permitindo uma compreensão de possíveis políticas tarifárias utilizadas na cidade de Teófilo Otoni – MG, posto isso, capaz de sustentar no processo decisório em relação à necessidade de investimentos para a melhoria no gerenciamento hídrico da cidade, por meio de projeções do consumo, fundamentado no período de setembro de 2012 a dezembro de 2014.

Esta proposta é um desdobramento do projeto intitulado “Percepção do preço da água nos sistemas de abastecimento da Cidade de Teófilo Otoni, no Estado de Minas Gerais (MG), Brasil”, desenvolvido nos anos de 2013 a 2015, publicado na Revista Vozes dos Vales nº09, Ano V, de 05/2016. Os dados empregados nas estimativas dos parâmetros da função de demanda foram levantados por meio de pesquisa de campo considerando-se apenas a dimensão espacial.

O estudo foi realizado nos cinco bairros mais populosos segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/2010), da cidade de Teófilo Otoni – MG, atendidos pelo sistema de abastecimento público da COPASA/MG. Um total de 140 questionários socioeconômicos foram aplicados em cada bairro no mês de março de 2014, num total de 700 residências no intuito de capturar as particularidades dos consumidores.

Ao estimar a função de demanda de água para uma determinada região, significativos instrumentos para a produção e execução de políticas que visam à regulação, ampliação e modernização do setor de abastecimento de água brasileiro são fornecidos. Referindo-se a política de regulação tarifária, é essencial obter padrões de elasticidade, como o preço e renda, da demanda de água, visto que esses padrões explicam o comportamento do consumidor frente às modificações nessas variáveis (MELO; JORGE NETO, 2007).

Realça-se a importância desta pesquisa por meio de revisões teóricas internacionais e nacionais, a especificação da magnitude dos efeitos das variáveis determinantes da demanda de água nas diversas áreas estudadas.

Os parâmetros extraídos da COPASA/MG, no que se refere a comercialização da água na categoria urbano, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente ao clima, e do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), para estimar a renda dos consumidores, permitem uma avaliação da sensibilidade da demanda, face aos seus condicionantes.

A área de estudo é considerada problemática por apresentar uma densidade populacional significativa, aliada às poucas oportunidades econômicas consistentes e aos baixos índices de desenvolvimento humano.

Tais condições configuram o cenário de degradação ambiental na bacia do Rio Mucuri, onde atividades de exploração de madeira e plantio de pastagens têm levado à supressão da cobertura vegetal em áreas de floresta nativa, reserva legal, área de preservação permanente e matas ciliares.

No estudo realizado em 2008 sobre a Proposta de Instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri (MU – 1), Godinho *et al.* (2008) afirmam que, o desmatamento avança em direção às nascentes dos mananciais de abastecimento urbano. Seus efeitos sobre a qualidade e disponibilidade hídrica atual e futura para o abastecimento da população urbana é, ainda, desconhecido.

A falta de um conhecimento da estrutura da demanda de água nos sistemas de abastecimento tem levado a um desinteresse em relação implementação de mecanismos para a

conservação e o uso racional da água, visando que esta é essencial ao desenvolvimento humano, com isso faz-se necessário este estudo.

Neste contexto, qual seria a percepção do consumidor quanto ao preço da água, considerando fatores socioeconômicos da cidade de Teófilo Otoni para a sua racionalização?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Evidenciar a demanda de água do sistema de abastecimento público da Cidade de Teófilo Otoni, bem como analisar os efeitos das variáveis determinantes em seu comportamento.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Descrever a partir da revisão de literatura os determinantes da demanda de água do sistema de abastecimento público;

Determinar o preço percebido pelos consumidores e o efeito renda na mudança entre classes de consumo da estrutura tarifária;

Estimar a função de demanda de água a partir das variáveis escolhidas na área de estudo;

Analisar a magnitude dos efeitos das variáveis determinantes no comportamento da demanda.





## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Água e economia

Grande parte da inquietação da humanidade é sobre a possibilidade da falta de água. Estudos revelam que, em 2025, três bilhões de pessoas não terão disponível a água potável, o que consiste em 40% da população do planeta (FAO, 2011). A necessidade deste bem necessário proporciona uma consequência avassaladora sobre a humanidade. Conforme o Parlamento Europeu (2009), o aumento de doenças por meio de águas contaminadas consiste em 80% do número de enfermos e de morte nos países em desenvolvimento.

A falta deste recurso na agricultura provoca uma condição de carência de alimentos, ocasionando uma situação de insegurança alimentar (GLENN, 2009). O crescimento demográfico, a má gestão dos recursos hídricos existentes, as mudanças climáticas, a poluição dos mananciais e o gasto exagerado da água, são razões que podem levar o mundo a essa situação desesperadora que é a falta da água potável.

Acreditava-se que a água era um recurso natural inesgotável, situação que leva a consumi-la de forma incoerente, desperdiçando este recurso imprescindível para a continuidade da vida no planeta. O relatório publicado pelo Instituto Sócio Ambiental / ISA (2007), estima-se que no Brasil, em 2004, o desperdício resulta-se por meio de vazamentos na rede de distribuição, submedição nos hidrômetros ou por trapaça, representando cerca de 45% do volume total de água retirada diariamente dos mananciais que abastece as cidades do Brasil.

Ainda segundo a ISA (2007), a cada 100 litros de água retirada dos mananciais e tratada, 45 litros são extraviados da rede de distribuição, um número significativo comparado aos países desenvolvidos, onde a quantidade de água extraviada é de 12 e 9 litros, respectivamente. Uma dimensão mais precisa deste extravio, esses 45% são equivalentes a seis milhões de litros de água por dia, o que daria para suprir 38 milhões de pessoas. O desperdício não está apenas na rede de distribuição, o uso indevido da água nas residências é um dos fatores que acabam favorecendo o gasto excessivo.

A Organização das Nações Unidas (ONU), estipulam um gasto *per capita* de 110 litros de água diários. No Brasil, o consumo médio é de 150 litros diários, alcançando a marca de 220 litros diários consumidos nas capitais.

A cultura empregada nas comunidades são um dos motivos dos gastos excessivos da água, a falsa sensação de que a água é inesgotável e a constituição do planeta (70% do planeta

constituído por água). Apesar da grande quantidade de água no planeta, cerca de 95% é água salgada, inapropriada para consumo humano. Há tecnologias para dessalinização da água, porém o processo é muito caro e inviável, gerando um gasto de dois dólares por metro cúbico (PEREIRA JÚNIOR, 2005).

Estima-se que no mundo tenha 2,5% de água doce para o consumo humano. Parte dessa água encontra-se em forma de geleiras e em lençóis freáticos restando cerca de 1% de água doce disponível para consumo. Subentende-se que a oferta de água para consumo humano é limitada uma vez que não pode ser expandida. Entretanto, a água pode ser reduzida, principalmente pelas mudanças climáticas e a degradação desenfreada da natureza

Contendo 12% das reservas mundiais de água doce, o Brasil ainda enfrenta transtornos referentes a falta de água, um dos motivos é a má distribuição deste recurso nas regiões em virtude das diferentes concentrações populacionais. A região norte possui aproximadamente 6,98% da população brasileira, concentrando 68,5% de toda água doce do país, enquanto as outras regiões mais populosas possuem uma menor quantidade de água doce conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Distribuição dos Recursos Hídricos e Densidade Demográfica do Brasil**

<b>REGIÃO</b>	<b>DENSIDADE DEMOGRÁFICA (HAB/KM<sup>2</sup>)</b>	<b>CONCENTRAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO PAÍS</b>
Norte	4,12	68,5 %
Nordeste	34,15	3,3 %
Centro-Oeste	8,75	15,7 %
Sudeste	86,92	6 %
Sul	48,58	6,5 %
Total	100	100 %

Fonte: IBGE / AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2016.

O crescimento demográfico e financeiro são os principais fatores que tem elevado a demanda de água nos últimos anos. A relação entre oferta em declive e a demanda em expansão eleva a carência deste recurso, e para o longo prazo, com nenhuma medida a ser tomada, a falta de água afetará boa parte do planeta. Sendo assim, necessitou-se adotar políticas que visem prevenir essa possível escassez de água no planeta (ANDRÉ, 2012).

Na década de 1950, as políticas voltadas para o combate de escassez da água destacavam o lado da oferta, tais políticas, tinham como objetivo amplificar os reservatórios, deixando o tema da demanda para segundo plano (ARBUÉS *et al.*, 2003). A partir dos anos de 1960, com as publicações dos trabalhos de Gottlieb (1963), Howe e Linaweaver (1967),

compreende-se que a melhor forma de evitar a falta de água seria por meio de um controle sobre a demanda, para pôr fim no mau uso e consumi-la de forma eficiente.

Milutinovic (2006) afirma que encontram-se três métodos para controle da demanda de água. Primeiro seria via preço, ou seja, quanto mais caro as pessoas pagassem pela água, mais a utilizariam de forma racional. O segundo seria através de políticas públicas, programas de conscientização da população para um melhor consumo da água, etc. E, terceiro, a ciência e tecnologia desenvolvendo novos métodos que elevassem a eficiência do uso da água, reduzindo o consumo.

Noutro, a água não obtinha um preço, era considerada um bem comum e acessível a todos. A economia clássica diz que não só a água, mas todos os recursos naturais eram fatores determinantes para a produção, apoiando-se em três pilares: trabalho, capital e terra (BARROS; AMIN, 2008). Os autores afirmam que a falta dos recursos naturais reduz o crescimento econômico e com o progressivo aumento na produção esgotaria os recursos naturais e a economia paralisaria. Apesar dessa afirmação, admitindo-se que a falta dos recursos naturais estagnaria a economia, a escola clássica via os recursos naturais como bens comuns de livre acesso.

Já na economia neoclássica, os recursos naturais não são vistos como limitadores para o crescimento econômico. Para os economistas neoclássicos, a gradual inserção da tecnologia nos processos produtivos resolveria o problema da escassez dos recursos naturais, fazendo que o crescimento econômico fosse contínuo e indefinido (BARROS; AMIN, 2008).

Tais economistas neoclássicos, afirmavam que os recursos naturais eram inalteráveis, nunca havendo sua falta, considerando um bem sem valor econômico e disponível para o uso de todos, o tanto que necessitassem. Sendo assim, os recursos naturais, mais precisamente a água, estavam propícios a tragédia dos comuns, situação na qual um recurso é usado de forma indevida, causando inutilidade e, conseqüentemente, a falta do bem (BARROS; AMIN, 2008).

Na segunda metade do século XX, tornou-se mais evidente que a água deve ser vista como um bem econômico, tendo um determinado valor. O valor econômico da água está associado à sua escassez, uma vez que a precificação do bem foi umas das formas de conservação e proteção do recurso natural, tal situação foi esclarecida na declaração de Dublin em 1992 (ARAUJO, 2007).

A água tem um valor econômico nas várias formas do seu uso e deve ser reconhecida como tal. No passado, quando a água não era dotada de valor econômico, conduziu ao seu uso exagerado e a danos ambientais decorrentes desse desperdício. A gestão da água, como um

bem econômico, é uma significativa forma de conseguir a eficiência e a igualdade no seu uso e de ocasionar a sua conservação e proteção (ARAÚJO, 2007).

A lei federal nº 9433/97 determina a política nacional dos recursos hídricos. Nesta lei estabelece que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, decreta que a cobrança pelo uso da água atinja três propósitos: identificar a água como um bem econômico apresentando aos usuários um esclarecimento do seu valor; conscientizar o melhor uso da água; e conquistar fundos financeiros para o financiamento dos programas mediadores contemplados nos planos de recursos hídricos. Logo, o Brasil também trata a água como um bem econômico, reconhecendo que a cobrança é um importante instrumento econômico de política ambiental, induzindo a sua racionalização pela cobrança da tarifa.

A fim de entender como a cobrança da água afeta o seu consumo, deve-se conhecer os fatores que determinam a demanda de água. Segundo Gonçalves (2009, p. 352), “a caracterização do consumo numa residência é fundamental na determinação das ações prioritárias na busca pelo uso racional da água”. Ou seja, quanto mais detalhado o conhecimento do consumo, mais eficiente a gestão da demanda.

## **2.2 A precificação da água no contexto das tarifas em blocos**

A atual ideia com relação ao preço da água, revelou-se a necessidade de criar um novo método de cobrança para o seu uso. A estrutura tarifária é definida como um conjunto de regras praticadas para definir as condições do serviço e a cobrança mensal dos consumidores de água em várias categorias ou classes.

No entanto, para pôr em prática uma estrutura tarifária que cumpra com os objetivos apresentados, o regulador deve estar concentrado a inúmeros fatores para que a estrutura tarifária apresentada por ele obtenha sucesso. Dentre os requisitos, uma estrutura tarifária deve ter aceitabilidade do consumidor, ser simples e confiável, de fácil implementação e estável na receita líquida das empresas fornecedoras de água (BOLAND; WHITTINGTON, 2000). Ainda segundo Boland e Whittington (2000), existem duas formas de cobrança pelo uso da água: a primeira seria pelo pagamento de uma taxa fixa, no qual o usuário paga um certo valor independentemente da quantidade de água consumida, no mesmo momento em que na segunda, o usuário paga um valor pelo volume de água consumido.

A tarifa de água é uma ferramenta significativa e flexível, preparada para atingir uma série de objetivos, apesar de que possa ocorrer uma relação *trade-off*<sup>1</sup> entre eles. Dos importantes objetivos que podem ser alcançados, podemos mencionar a suficiência de receita das empresas fornecedoras de água, eficácia econômica, equidade e justiça, a redistribuição de renda e a preservação do recurso natural (ANDRÉ, 2012).

Na segunda maneira de cobrança pelo uso da água, conseguimos separar a tarifa em duas categorias: a tarifação linear e a tarifação não linear. A tarifação linear, a cobrança é equivalente à quantidade de água consumida. Nesta estrutura de cobrança o preço médio e o preço marginal são iguais e a restrição orçamentária é linear.

Um exemplo de tarifação linear, podemos mencionar: a tarifa volumétrica uniforme, no qual o usuário paga o mesmo valor por cada unidade consumida, e a tarifa linear crescente, onde o preço de cada unidade consumida aumenta linearmente com o aumento da demanda consumida (DESALVO; HUQ, 2002).

A tarifação não linear é qualquer política de valor onde o preço médio varia conforme a quantidade consumida e, portanto, o preço médio e o preço marginal irão diferir e a limitação orçamentária poderá ser não linear. Um exemplo de tarifação não linear, é a tarifação em blocos de consumo, onde o usuário paga um valor constante por cada unidade consumida dentro de um determinado bloco, esse valor pode mudar de acordo o maior consumo do bem, fazendo que o usuário mude para outros blocos mais elevados de consumo.

De acordo com esta mudança de taxa, a tarifação em blocos é classificada em dois tipos: tarifação em blocos decrescentes e tarifação em blocos crescentes. A tarifação em blocos decrescentes, o valor cobrado diminui conforme os blocos de consumo mais elevados são alcançados. Esse método de tarifação foi elaborado para mostrar o fato de que quando a oferta de água é elevada, os principais clientes industriais estabelecem um baixo custo médio, visto que permitem que as empresas fornecedoras de água possuam economias de escalas no progresso das fontes de água, transmissão e tratamento (WHITTINGTON, 2002).

Ramse (2003) afirma que, se a demanda é mais inelástica nos primeiros blocos, logo os valores ótimos implicariam valores mais elevados nos primeiros blocos, do conceito da conservação ele é falho, visto que há uma possibilidade de estímulo para o uso excessivo da água; uma vez que cada unidade adicional permanece acessível monetariamente.

---

<sup>1</sup>Segundo André (2012), seria o ato de escolher uma coisa em detrimento de outra, muitas vezes é traduzida como uma relação de perde-e-ganha.

Além disso, pela ótica política, este método de tarifação não é atrativo, uma vez que os grandes consumidores pagam valores médios menores. Logo, esse método de tarifação vem perdendo espaço e o pequeno número de regiões que ainda o adota, vêm substituindo por outros métodos de tarifação (WHITTINGTON, 2002).

Hoje, a tarifação em blocos crescentes tornou-se a mais usada tanto nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) quanto nos países em desenvolvimento, fez com que inúmeros reguladores do setor assumissem que esse método de tarifação era sempre o mais pertinente, apesar de que nem sempre ele seja o mais adequado.

Há cinco motivos frequentemente utilizados para justificar o uso de tarifas em blocos crescentes de consumo. O primeiro motivo é o método de tarifação que força a promoção da igualdade, visto que quanto mais ricas as pessoas, mais elas consomem água nos blocos na qual o valor é maior. Consequentemente, pagam um preço médio maior subsidiando o consumo das famílias mais pobres na qual a maior parte do consumo acontece no bloco inicial onde o preço é menor. O segundo motivo trata-se de elevadas taxas cobradas pelo uso industrial e comercial da água que subsidiam o consumo residencial, mais uma vez ocasionando a igualdade.

O terceiro motivo é que como o preço cobrado eleva nos blocos mais altos, esse método de tarifação coíbi o desperdício de água, propiciando a conscientização e o uso sustentável da água. O quarto motivo é que algumas vezes a tarifação em blocos crescentes é indispensável para a implementação do princípio de preço de custo marginal, em ocorrências em que o custo marginal da oferta de água é crescente. O quinto e último motivo é de que há externalidades favoráveis associadas à oferta de água potável.

Esse pressuposto defende que a provisão de água potável diminui o risco de epidemias nas comunidades, possibilitando externalidades favoráveis para a saúde pública. Então, é indispensável internalizar os benefícios desta externalidade, subsidiando o preço da água nos blocos iniciais (BOLAND; WHITTINGTON, 2000).

Mesmo que haja todos estes motivos a favor do uso da tarifa em blocos crescentes de consumo, na prática aparecem algumas adversidades que causam sérias imperfeições na estrutura tarifária. Quando a estrutura tarifária não é bem elaborada, ela deixa de cumprir três objetivos: o acesso à água potável aos mais pobres, a eficiência econômica e a retomada dos custos da empresa fornecedora de água.

Ainda de acordo os mesmos autores, há poucos casos em que a água para as classes baixas pode ser mais cara do que para as residências ricas, visto que as residências pobres em

algumas cidades compartilham a ligação de água. A respeito da eficiência e a recuperação dos custos, os autores alegam que se os blocos de consumo de nível maior forem precificados em um nível suficientemente alto e/ou primeiro bloco for muito maior, de forma que grandes quantidades dos consumidores nunca consomem nos blocos seguintes, a tarifa irá descumprir com seu objetivo de eficiência e recuperação de custos.

### **2.3 A estrutura tarifária da COPASA**

Instituída em 05 de julho de 1963, através da Lei Estadual nº 2.842, a Companhia Mineira de Água e Esgotos (COMAG), encarregada em gerir o saneamento básico do Estado de Minas Gerais. Na década de 1970, o Governo Federal criou o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), à mesma época, o Departamento Municipal de Águas e Esgoto de Belo Horizonte (DEMAE), responsável pela prestação desses serviços na cidade, integrou-se à COMAG. Deste modo, a COMAG passou por inúmeras alterações para ajustar às solicitações da Política de Saneamento Básico do Estado de Minas Gerais, dentre elas, a modificação de seu nome para Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA/MG), por meio da Lei 6.475/74 (COPASA, 2014).

Atualmente, a COPASA/MG é uma empresa pública, regulamentada pela Lei das Sociedades Anônimas, estruturada sob forma de empresa de economia mista, objetivando-se a minimizar as discrepâncias em regiões e municípios, por meio da execução de políticas e programas públicos de integração territorial e desenvolvimento regional e urbano (COPASA, 2014).

Atendendo à Lei Federal nº 11.445/2007 e à Lei Estadual nº 18.309/2009, estabelecendo normas relativas aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, instituiu-se a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG), autarquia especial vinculada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana (SEDRU) (COPASA, 2014).

Em 2006, a Companhia formalizou a sua Oferta Inicial de Ações (*Initial Public Offering* - IPO), integrando o novo mercado da BM&FBOVESPA (Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo), segmento diferente que necessita absoluta transparência e regras mais rígidas de governança corporativa. Em abril de 2008, realizou-se uma oferta secundária de ações em que o acionista Município de Belo Horizonte alienou a totalidade de

suas ações, e o acionista Estado de Minas Gerais vendeu parte de suas ações, sem perder o controle acionário da Empresa (COPASA, 2014).

Tendo em vista reforçar a presença no mercado e beneficiar das oportunidades de negócios, em 2007, criou-se três Subsidiárias integrais: Copasa Águas Minerais de Minas, Copasa Serviços de Irrigação e a COPASA Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais (COPANOR). A estrutura acionária da COPASA/MG, apresenta as participações das duas economias, com destaque para a as ações do governo do Estado, representando 51,1%, enquanto as participações privadas correspondem a 48,9% das ações (COPASA, 2014).

Com a missão de ser um agente do desenvolvimento econômico e social do Estado de Minas Gerais, em 2014, a COPASA/MG expandiu e garantiu o serviço nas áreas já atendidas além de ampliar o seu mercado, firmando novas concessões para o fornecimento de serviços de esgotamento sanitário em inúmeras sedes municipais (COPASA, 2014). No mesmo ano, de maneira equilibrada, logrou o fornecimento de serviços de água em 635 municípios e de esgotamento sanitário em 288 municípios, conforme ilustra a Tabela 2 das concessões e operações de água e esgoto a seguir:

**Tabela 2 – Concessões e Operações de Água e Esgoto**

<b>TIPO DE SERVIÇO</b>	<b>QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS ATENDIDOS</b>
Concessão de água	635
Concessão de esgoto	288
Operação de água	618
Operação de esgoto	233

Fonte: ADAPTADO A PARTIR DE COPASA, 2014.

A COPASA/MG agrega seus consumidores residenciais nas seguintes categorias de tarifação: Social, sendo um benefício para as pessoas de baixa renda que reduz em até 40% as tarifas dos serviços de água e esgoto, e o residencial normal, ambas divididas em seis blocos crescentes de consumo.

Nesse método de tarifação, o valor pago pelo usuário é calculado de acordo com a quantidade de água consumida e o bloco de consumo que se enquadra o consumidor. Independentemente da quantidade total consumida, o mesmo é dividido em blocos de consumo, sendo cada parte cobrada segundo a tarifa estabelecida para aquele bloco (ANDRADE *et al.*, 1995 *apud* PIZAIA; ALVES, 2008).

Como o serviço de distribuição de água tratada e tratamento de esgoto é uma atividade regulada, por ser um monopólio natural e ser uma atividade essencial à saúde, a adesão de



uma estrutura tarifária necessita ser aprovada pelos órgãos reguladores do setor. Nos municípios na qual a COPASA/MG atende, a (ARSAE-MG) é o órgão responsável por regulamentar e fiscalizar a prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário dos municípios atendidos pela companhia e de outros municípios do Estado de Minas Gerais ou consórcios públicos que expressamente concedem autorização (COPASA, 2014).

Assim, como a maioria das empresas que atuam nesse setor, a COPASA/MG pratica um sistema de tarifação não linear, com a tarifa crescente em blocos de consumo. De acordo com a empresa, a estrutura tarifária aplicada por ela tem como meta atingir os seguintes objetivos: conceder a todos os cidadãos o acesso aos serviços, estimular o uso racional da água, dar continuidade na prestação de serviços possibilitando investimentos para a ampliação do serviço (COPASA, 2014).

Citado em momento anterior, cada conjunto de consumidores atendidos pela COPASA/MG possui uma categoria de consumo específica, de acordo com a companhia, tem como objetivo principal: subsidiar a tarifa paga pelos consumidores com baixo poder aquisitivo e de incentivar o consumo sustentável (COPASA, 2014).

## **2.4 Determinantes da demanda de água**

No início dos anos 1960, os estudos sobre a demanda foram remontados por trabalhos elaborados por Gottlieb (1963), Howe e Linaweaver Jr. (1967). Esses trabalhos foram os precursores em utilizar o preço como fator determinante na escolha dos agentes pela quantidade de água consumida. Assim, inúmeros trabalhos têm surgido para definir os fatores que são significativos a demanda de água em diversas partes do mundo e aperfeiçoar as técnicas utilizadas nessas análises.

Arbués (2003) resume o estado da arte da literatura a respeito da demanda residencial de água. No seu estudo, o autor aponta as principais variáveis que têm sido correlacionada com o consumo de água durante essa temporada de estudo a respeito do tema, como o preço da água, a renda familiar, variáveis climáticas, composição familiar e características do imóvel.

Referente ao preço, a água se comporta como um bem normal: à medida que o preço torna-se maior, a quantidade demandada diminui. Então, o objetivo de promover uma redução no consumo, faz com que inúmeras empresas fornecedoras de água adote a tarifação crescente em blocos de consumo, já representada anteriormente (PIZAIA; ALEVES, 2008).

Em virtude desse método de tarifação não linear, surgiu o debate sobre qual a variável mais significativa para representar essa estrutura de tarifação. Gottlieb (1963) defende o uso do preço médio como o melhor para avaliar o custo da água neste esquema de tarifação, já Howe e Linaweaver Jr. (1967), argumentam, que a utilização do preço marginal como mecanismo chave para a escolha da quantidade de água consumida pelos usuários.

Em seu estudo sobre a demanda da energia elétrica, Taylor (1975), criticou o uso do preço médio, visto que, em equilíbrio os consumidores igualavam o custo marginal e o benefício marginal. Ainda segundo Taylor (1975), ao utilizar apenas o preço marginal desconsiderando o efeito-renda de modificações no preço marginal, apresentando como sugestão a incorporação de outra variável, além do preço marginal que seria uma espécie de imposto de entrada, no caso de tarifa em blocos decrescentes, de maneira que era adotada para eletricidade nos Estados Unidos da América (EUA), ou um subsídio, no caso de tarifas em blocos crescentes.

Tal variável seria nomeada diferença, sendo calculada a partir da diferença entre o total da conta paga e o total que a conta seria se todas as unidades consumidas fossem cobradas pelo preço marginal, tendo a finalidade de representar o efeito renda neste método de tarifação (TAYLOR, 1975).

A respeito da renda, quanto maior a renda maior o consumo de água. O elevado consumo dos usuários mais ricos se dá pelo desconhecimento da estrutura tarifária, visto que o valor total da conta representa apenas uma pequena proporção da sua renda.

Outro motivo que explica o elevado consumo de água devido ao aumento da renda é a relação positiva entre a renda e o tamanho da residência. Supõe-se que as pessoas mais ricas residem em casas maiores, assim demandando mais água (ARBUÉS, 2003).

Em relação as características do imóvel, inúmeras medidas foram utilizadas ao longo dos anos, o número de cômodos e banheiros, o tamanho da área construída, o tamanho da área externa à casa, presença ou não de jardim e o seu tamanho médio, existência de piscina, dentre outras. Todas essas variáveis são significativas em relação a água demandada (MELO; JORGE NETO, 2007).

Já as variáveis climáticas, as mais significativas são a temperatura e o volume de precipitação. Al-Qunaibet (1985) propôs outras variáveis alternativas, como a velocidade do vento e os minutos de luz solar. Geralmente a temperatura é positivamente correlacionada com a quantidade de água consumida, enquanto o volume de precipitação é negativamente correlacionado e, não tendo efeito linear, e sim dinâmico, reduzindo a demanda de água no início e, à medida que o tempo passa, o efeito vai diminuindo (MAIDMENT, 1986).

Na composição familiar, as variáveis significativas são a quantidade de pessoas residentes no imóvel e a idade dos residentes do imóvel. A quantidade de pessoas residentes é positivamente correlacionada com a quantidade de água consumida ao mesmo tempo que a idade dos residentes atua da seguinte forma. Uma residência que possua muitas pessoas jovens, a tendência é que consuma mais água, pois as crianças e jovens usam mais a lavanderia e costumam desperdiçar mais água, ao mesmo tempo que pessoas mais velhas tendem a utilizá-la de forma mais racional (ROSA *et al.*, 2006).

## 2.5 Principais métodos de estimação utilizados

As técnicas econométricas adotadas nos primeiros trabalhos realizados, utilizaram a abordagem clássica do método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), conforme os trabalhos de Howe e Linaweaver Jr. (1967), Hanke e Mare (1982), dentre outros. Ao utilizar o mecanismo de tarifação em blocos crescentes, o preço a ser pago é determinado pela quantidade consumida, ocasionando um problema de endogeneidade.

O problema da endogeneidade indica que o termo erro é correlacionado com as variáveis explicativas, no caso o preço. O resultado deste problema para os estimadores dos (MQO), mesmo em amostras maiores, as estimativas encontradas a partir de tal método serão inconsistentes. Deste modo, houve a necessidade de se utilizar outras técnicas econométricas que contornassem esse problema e fornecessem estimadores com as propriedades desejadas de eficiência e consistência (SALAZAR; PINEDA, 2010). De todas as principais técnicas aplicadas para contornar o problema da endogeneidade para obtenção de estimadores eficientes e consistentes, podemos citar o uso de variáveis instrumentais, os mínimos quadrados de dois estágios, mínimos quadrados de três estágios, o método da máxima verossimilhança e técnicas alternativas criada por McFadden (ANDRÉ, 2012).

O método da variável instrumental (IV), empregado por Agthe *et al.* (1986), Nieswiadomy e Molina (1989), Hewitt e Hanemann (1995), Binet *et al.* (2005), dentre outros, baseia-se em estimar o modelo usando, ao contrário da variável original endógena, uma variável instrumental ou um instrumento. Um instrumento é seguro quando correlacionado com a variável endógena, e não correlacionado com o erro. A existência da endogeneidade, quando utiliza-se instrumento válido, as estimativas da (IV) serão consistentes e, quanto maior for a correlação do instrumento com a variável endógena, maior será a exatidão das estimativas da (IV) (BINET *et al.*, 2005).

Outro método que tem sido muito utilizado na literatura econômica sobre estimação de demanda residencial de água para sanar o problema da endogeneidade é o método dos mínimos quadrados de dois estágios (MQ2E) (NIESWIADOMY; MOLINA, 1989; HEWITT; HANEMANN, 1995). O método tem o objetivo em estimar os parâmetros do modelo em dois estágios. No primeiro estágio, estima-se, via (MQO), uma regressão tendo como variável dependente a variável endógena e, como variáveis independentes, uma constante e as variáveis exógenas. Estimados os valores da variável endógena adquiridos no primeiro estágio, estima-se a regressão original, substituindo os valores da variável endógena pelos seus valores estimados (HAYASHI, 2000).

Outro método utilizado em alguns estudos sobre a demanda residencial de água é o método criado por McFadden (1977), que consiste em estimar a função de demanda em sua forma estrutural e, como os valores estimados da quantidade consumida obtidos na primeira regressão, estima-se uma variável proxy para o preço. Calculado a variável proxy para o preço, reestima-se a função de demanda, fazendo uso da variável proxy obtida na segunda regressão no lugar da variável do preço original (ANDRADE *et al.*, 1995). O método dos mínimos quadrados de três estágios (MQ3E) e o método da máxima verossimilhança são outras técnicas utilizadas para contornar o problema da endogeneidade. Contudo, alguns estudiosos utilizam esta técnica em suas análises (RIETVELD *et al.*, 1997).

Lemos e Mynbaev (2004), asseguram que o método dos mínimos quadrados de três estágios (MQ3E) é um questionamento metodológico que une o questionamento proposto pelo método dos mínimos quadrados de dois estágios (MQ2E) e o método de regressões aparentemente não relacionadas (SUR), objetivando um estimador eficiente para um sistema de equações simultâneas. Agora o método da máxima verossimilhança já é um método amplamente utilizado pela literatura econômica, consiste em estimar os parâmetros de modo que a probabilidade de se obter a amostra já obtida seja a maior possível.

## **2.6 Elasticidade preço da demanda residencial**

O valor da elasticidade para o consumo residencial provém, entre inúmeros fatores, da técnica de estimativa, da estação do ano, da renda do usuário, da estrutura de preço, do padrão de uso da água. A respeito do padrão do uso da água, este relaciona ao fato da água está sendo direcionada a consumos mais ou menos conscientes, se há perdas físicas na residência, se existem ou não dispositivos mais eficientes.

Nos países em desenvolvimento, as pesquisas apontam que o consumidor doméstico tem a demanda inelástica<sup>2</sup> por representar uma pequena percentagem do orçamento da residência, nestes países acredita-se que o preço da água não é significativo nas demandas, uma vez que, a oferta de água é altamente subsidiada pelo poder público por intermédio de baixas tarifas, desestimulando o consumidor efetuar o pagamento da conta.

No estudo realizado por Briscoe *et al.* (1990), foi oferecido valores fictícios para uma tarifa de água para a ligação de regiões rurais no Brasil (no Ceará, norte de Minas Gerais e no Paraná), averiguando se existia disposição a pagar pela oferta.

Na região do Paraíba do Sul, a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), realizou uma pesquisa de disposição a pagar pelo conjunto de vantagens consequentes da implementação dos projetos de investimentos tendo como objetivo de aprimorar a oferta de água e reduzir a poluição. O valor encontrado nesta pesquisa para a disposição de pagamento é de R\$ 6,13 por residência.

No Estado do Pernambuco, mais precisamente na região metropolitana do Recife - RMR, a intensiva venda de água em carros pipa é motivada por um severo racionamento do seu sistema de abastecimento de água. Em janeiro de 1999, os preços praticados chegavam a R\$ 8,10/m<sup>3</sup>. A população carente compra água por meio de depósitos pagando um valor de R\$ 16,67 por m<sup>3</sup> com a inserção do transporte. Apesar dos números estar condicionados a uma situação de escassez extrema (na qual a água teria o seu maior valor) eles são indícios de que existe disposição a pagar pela água incremental na RMR.

## **2.7 Efeitos espaciais sobre a demanda residencial de água**

No momento em que lida-se com um componente locacional, aparece dois tipos de adversidades, se descartados, provocam sérios problemas às estimativas obtidas pelas técnicas adotadas na econometria tradicional, são eles: a dependência espacial e a heterogeneidade espacial. Compreendemos por dependência espacial uma situação onde uma observação de uma determinada variável em um local X depende das observações em outros locais  $Y \neq X$ . Segundo Lesage (1999), há duas razões para existir dependência espacial em uma amostra.

---

<sup>2</sup>A elasticidade preço da demanda mede o quanto a quantidade demandada muda devido a uma alteração nos preços. Se a curva de demanda é elástica, receita total cai quando o preço aumenta. Se a curva de demanda é inelástica, receita total aumenta quando o preço aumenta.

A primeira seria o erro de medida. Uma amostra é produzida a partir de observações associadas a unidades espaciais, como municípios, estados, divisões censitárias, etc., os limites administrativos podem não refletir de forma espacial associado ao erro de medida, sendo o caso da taxa de desemprego. Visto que existe mobilidade entre os trabalhadores de áreas vizinhas, a taxa de desemprego pode não incidir o real desemprego daquela região, em razão de existir empregados daquela região trabalhando em áreas vizinhas e empregados de regiões vizinhas trabalhando naquela região.

O outro fator que causa dependência espacial em uma amostra segundo Anselin (1988), é a essência da ciência regional e da geografia humana é que a localização e a distância são importantes, e o resultado é uma porção de relações de interdependência no espaço e no tempo.

Dessa forma, busca-se dependência espacial em condições como as características sócio demográficas, econômicas e a atividade regional presente importante aspecto na modelagem do problema (LESAGE, 1999).

Um exemplo de associação entre dependência espacial associada à localização é o caso dos distritos industriais onde existe uma inovação no processo produtivo que eleve a produtividade em uma região e que repasse as regiões vizinhas, por meio da imitação, elevando a produtividade de áreas vizinhas (ANSELIN, 1988).

Em relação ao termo heterogeneidade espacial, onde as relações entre as variáveis variam no espaço, isto é, existe uma relação distinta em cada ponto do espaço o (LESAGE, 1999). De acordo com Anselin (1988), além da falta de estabilidade nas relações por meio do espaço, a heterogeneidade das regiões em geral, existem diferentes características socioeconômicos são calculados no erro, o que pode causar heterocedasticidade.

A causa da dependência espacial e da heterogeneidade espacial sobre os estimadores conquistados com as técnicas econométricas tradicionais, principalmente o (MQO), e a violação do teorema de Gauss-Markov<sup>3</sup>, visto que este presume que as variáveis explanatórias são fixas em amostras repetidas e que a variância da amostra é constante, o que não ocorre na presença destes dois efeitos (LESAGE, 1999).

Segundo Anselin (1988), mesmo que, como consequência da dependência espacial, traduzida pela auto correlação espacial dos erros, os estimadores do (MQO) do parâmetro

---

<sup>3</sup>Segundo Stigler (1986), é uma técnica de otimização matemática que procura encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados.

auto regressivo, apesar de não continuarem não viesados e consistentes, não serão mais eficientes, em virtude da estrutura não diagonal da matriz de variância dos erros. Dessa maneira, as estimativas atingidas pelo (MQO) não serão precisas, podendo tanto superestimar quanto subestimar os efeitos das variáveis independentes sobre a variável dependente.

Dessa maneira há necessidade de uma nova abordagem teórica buscando modelar problemas onde a questão espacial tem uma função preponderante na explicação dos fenômenos estudados. Assim, o instrumental teórico fornecido pela econometria tem sido adotado para explanar diversos problemas socioeconômicos, desde que problemas de desenvolvimento regional, criminalidade, epidemia e, obvio, a demanda residencial de água, uma vez que a demanda de água na literatura internacional e nacional é pequena (ANSELIN, 1988).

House-Peters *et al.* (2010), afirma sobre a demanda residencial de água, que o consumo residencial de água não é afetado apenas pelas variáveis socioeconômicas, climáticas e físicas da residência, mas também pela localização geográfica da região e a sua relação com as outras regiões adjacentes. Como resultado, residências próximas tendem a apresentar um consumo de água semelhante. Deste modo, a expectativa é que o consumo de água apresente dependência espacial.

A vinculação da dependência espacial no consumo de água com o fato de que as variáveis que determinam o consumo de água, como variáveis de infraestrutura, socioeconômicas e climáticas encaminha-se para apresentar um padrão de distribuição espacial. Dessa forma, tais variáveis acabam afetando o consumo de água não apenas pelo seu efeito direto, mas, indiretamente, através do efeito deste padrão de associação espacial, representando a correlação espacial dos erros (ANDRÉ, 2012).

Alguns autores conhecedores disto, incorporam o efeito espacial em suas análises e procuram explicações para esse padrão de associação espacial do consumo de água. Guhathakurta e Gober (2007), mesmo não tendo adotado técnicas de econometria espacial, pesquisavam o efeito das ilhas de calor sobre a demanda residencial de água na cidade de Phoenix, no estado do Arizona, EUA. Como resultado, apresentou-se uma correlação positiva entre as ilhas de calor e a demanda de água, estimando um aumento de 1096 litros de água para um aumento de 1,8 °C na temperatura.

Novamente cidade de Phoenix, Wentz e Gober (2007), realizaram um estudo aplicando o modelo da Regressão Geograficamente Ponderada (GWR) para averiguar se existia alguma contribuição adicional do efeito espacial sobre os resultados obtidos pelo modelo do (MQO). Por meio do modelo (GWR), verificou-se a significância do efeito

espacial para duas variáveis que determinam a demanda de água, sendo: o tamanho da residência e a presença de piscina na residência. Isto é, como há um padrão espacial da distribuição de residenciais que essas características, elas mostram um consumo de água.

Conforme Wentz e Gober (2007), qualquer política que vise diminuir o consumo de água controlando a construção de piscinas, o tamanho da residência e o tipo de vegetação dos jardins das residências terão variados efeitos em várias partes da cidade. Concluiu-se que o modelo (GWR) estimou um coeficiente diferente para cada região da cidade (WENTZ; GOBER, 2007).

No Estado do Oregon (EUA), o crescimento populacional e econômico não são as únicas variáveis que explicam a demanda de água, mas também por outros fatores biofísicos e socioeconômicos que, em geral, apresentam dependência espacial. Desse modo, eles utilizaram além do modelo clássico do (MQO), o modelo de erros espaciais (SEM), integrando os efeitos da auto correlação espacial no problema. Apresentou-se na sua pesquisa, através da estatística *I* de Moran, existindo uma dependência espacial dos erros e que a integração deste efeito eleva o poder de explicação dos fatores que determinam a demanda de água, demonstrado pelo  $R^2$  do modelo (SEM) maior do que o do (MQO) (FRANCZYK; CHANG, 2008).

Já na cidade de Portland (Oregon, EUA), Chang *et al.* (2010), identificaram um padrão de associação espacial para a demanda de água. Constatou-se que as zonas onde o consumo de água era maior coincidiam com as zonas nas quais o tamanho das residências eram grandes e com as zonas onde a densidade de construção e a idade dos imóveis eram baixas.

A respeito das técnicas econométricas adotadas, apesar dos modelos (MQO) e (SEM), utilizou-se o modelo de regressão linear por partes (PWLRL), na qual eles dividiam o tamanho da residência e a densidade de construção em dois intervalos. Deste modo, a pesquisa de Franczyk e Chang (2008), o modelo (SEM) foi o que melhor explanou a variabilidade do consumo de água (FRANCZYK; CHANG, 2008).

Analisando os efeitos climáticos sobre a demanda de água, através de técnicas de análise espacial, House-Peters *et al.* (2010), em uma pesquisa para a cidade de Hillsboro (Oregon, EUA) constataram que apesar da área de estudo como um todo não ser sensível a condições de seca, algumas áreas apresentavam um maior consumo de água nestas condições. Percebeu-se que as áreas onde a demanda de água é mais sensível, evidenciou-se elevada concentração de residências novas e amplas, com alto valor e com consumidores de elevado grau de escolaridade.



Em Ipswich (Massachusetts, EUA), Ramachandran e Johnston (2011), investigaram se o efeito espacial influenciava a demanda residencial de água para uso externo, na ocasião em que estava em vigor uma política de restrição ao uso. Alegou-se que as definições sobre o jardim da casa, e conseqüentemente do uso de água para conservar essa paisagem, dependiam de elementos econômicos, como por exemplo, se a paisagem influenciava significativamente no valor da residência, e de fatores sociais, conforme a imitação, visto que as pessoas tendem a copiar o formato e a vegetação utilizada nos jardins das casas mais próximas as suas.

O estudo resultou-se que no período em que a restrição estava em vigor, o efeito espacial não afetava o uso de água, apontando que as pessoas empenhavam-se particularmente para não copiar o padrão de consumo de água dos vizinhos. No período em que a restrição não estava imposta, o efeito espacial mostrou-se estatisticamente significativo para explicar o padrão de consumo de água (RAMACHANDRAN; JOHNSTON, 2011).

A literatura brasileira é limitada sobre os efeitos espaciais sobre a demanda de água. Uma pesquisa realizada por André (2012), estimou um modelo de demanda residencial de água para a cidade de Fortaleza. A base de dados utilizados neste trabalho foi do ano de 2006, feito para a (CACEGE) por um grupo de pesquisadores da Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade Federal do Ceará (UFC) e o Núcleo de Projetos em Tecnologia da Informação (NPTEC). Na pesquisa utilizou-se um questionário, feito pela empresa DataSensus e pela (CAGECE), na qual era composto por perguntas sobre dados socioeconômicos e de características físicas da residência dos entrevistados.

O questionário foi aplicado em 12 unidades de negócio onde a área de atuação da (CACEGE) está dividida, sendo quatro delas para a cidade de Fortaleza e o restante para o interior do estado. Estimou-se um tamanho ótimo para cada unidade de negócio, e para os questionários nas cidades do interior, foram escolhidos os municípios de modo que os somatórios de suas economias representassem 70% do total da economia da sua unidade.

No mês de fevereiro de 2007, realizou-se no total 5.444 entrevistas em 56 municípios do estado do Ceará. Para uma melhor formação da base de dados, a (CACEGE) acompanhou o consumo de água das residências que responderam o questionário no tempo de dez meses, entre agosto de 2006 a maio de 2007. Os resultados obtidos por André (2012), apresentou-se que os coeficientes estimados de todas as variáveis apontaram sinais esperados e estatisticamente significativos. Foi encontrado um valor negativo para o preço médio, confirmando a teoria que prevê uma relação negativa entre o preço e a quantidade demandada (ANDRÉ, 2012).

O coeficiente estimado da variável preço médio representa a elasticidade preço da demanda. Então, a significância de  $-0,6175$  indica que uma variação de 1 ponto percentual no preço médio resulta na variação em sentido oposto na quantidade demandada de água no valor de  $0,6175$  ponto percentual. O valor estimado, em módulo, menores que 1 confirma a hipótese de que a água possui uma demanda inelástica.

## 2.8 Estimativas internacionais da demanda residencial de água

Na cidade de Tucson, Arizona (EUA), Agthe *et al.* (1986), propuseram um modelo onde a demanda de água era função do preço marginal, da diferença, da renda familiar e de uma variável climática definida como a evapotranspiração menos a precipitação em polegadas. Os estudos foram realizados a partir de dados de séries temporais obtidas no período de janeiro de 1974 a dezembro de 1980. Com a finalidade de contornar o problema da endogeneidade, confirmada posteriormente a realização do teste de Hausman utilizando método das variáveis instrumentais.

O resultado encontrado por Agthe *et al.* (1986), com exceção da variável renda familiar, todas as outras variáveis analisadas se mostraram significantes. Sobre a elasticidade preço da demanda, encontrou-se um valor estimado de  $-0,624$ , mostrando que a água é um bem com demanda inelástica e que, se o preço da água elevar em 10%, a demanda irá diminuir em 6,24%. Além disso os autores perceberam que a água apresenta uma elasticidade preço da demanda maior no longo prazo do que no curto prazo, assim como a maioria das commodities.

Na Indonésia, um estudo realizado por Rietveld *et al.* (1997), fez o uso do método de Burtless e Hausman, estimado a partir do método da máxima verossimilhança, estimou-se a função de demanda residencial de água na cidade de Salatiga, Indonésia. Os autores utilizaram como variáveis dependentes, o preço marginal, o número de residentes, uma variável *dummy* que verificava a presença de uma fonte alternativa de água, a renda virtual, o produto de renda virtual e do preço marginal, que tem como principal objetivo tornar a elasticidade preço variável. Os mesmos autores encontraram que a única variável que não era estatisticamente significativa era a renda virtual, e que a demanda de água na cidade de Salatiga é muito sensível ao preço da água, visto que o valor estimado médio da elasticidade preço da demanda de água é de  $-1,176$ , apontando que a demanda de água é elástica naquela região.

No continente africano, mais especificamente na cidade de Ilorin, Nigéria, Ayanshola *et al.* (2010), estimaram uma função de demanda residencial de água. Ao contrário dos outros estudos apresentados, Ayanshola *et al.* (2010), não fizeram uso do preço como variável fundamental para explicar o consumo de água, sendo utilizado as seguintes variáveis: se o entrevistado era o chefe da residência, sexo, idade, tempo que moravam na residência, tipo da residência, renda, nível de escolaridade e a ocupação do entrevistado.

Utilizou-se o método dos mínimos quadrados como mecanismo de estimação, visto que não há problema de endogeneidade, em razão da ausência do preço na função de demanda. Os resultados obtidos por Ayanshola *et al.* (2010), mostraram que o modelo é conveniente para explicar o consumo de água naquela região e que o modelo será um bom previsor para a demanda de água para região e em regiões com características demográficas e socioeconômicas a regiões de estudo.

Na cidade de Tóquio e Chiba, Japão, Miyawaki *et al.* (2011), estimaram a demanda residencial de água. As variáveis explicativas adotadas foram: o preço marginal, a renda virtual, o número de pessoas da residência, o número de cômodos da residência e o espaço total da residência. A respeito da técnica de estimação, foi utilizado o método de máxima verossimilhança.

Os resultados dos estudos realizados por Miyawaki *et al.* (2011), apresentaram que o número de pessoas e o número de cômodos tem correlação positiva com o consumo de água, enquanto que o espaço total não interferiu sobre a demanda de água. A respeito à elasticidade preço da demanda<sup>4</sup>, os autores encontraram um valor estimado de -1,09. Conclui-se que no Japão a água parece ser um bem com demanda elástica.

No continente americano, mais precisamente na América do Sul, na Argentina, Bachrach e Vaughan (1994), estimaram uma função de demanda de água, utilizando como variáveis explicativas o preço marginal, a diferença, a renda, o número de adultos na residência, a conta de energia como proxy da riqueza, o número de torneira presentes na residência e o número médio de interrupções no abastecimento de água.

Estimaram-se a partir dos métodos dos (MQO) e do (MQ2E), cinco modelos de distintas especificações e com a amostra dividida em duas partes: a completa e uma com consumidores que consumiam acima do mínimo.

---

<sup>4</sup>Segundo Krugman (1980), a elasticidade preço da demanda mede a intensidade da variação da quantidade demandada de um bem diante da variação do seu preço.

O resultado obtido por Bachrach e Vaughan (1994), apresentou-se que o valor estimado para a elasticidade preço da demanda para a amostra completa varia entre -0,04 a -0,012 quando estimado pelo (MQ2E), ao mesmo tempo que a amostra contendo somente os consumidores que consumiam acima do nível mínimo o valor estimado da elasticidade preço da demanda variava em um intervalo entre -0,2 a -0,4.

Além disso, conforme os mesmos autores, o problema da endogeneidade existe e que o preço médio não pode ser significativo, visto que o preço marginal é o mais significativo na maioria dos casos. Foram apresentados alguns trabalhos relacionados a estimação da demanda residencial de água da literatura internacional.

## **2.9 Estimativas nacionais da demanda residencial de água**

A literatura brasileira sobre a demanda residencial de água ainda é incipiente. Os pioneiros a abordarem sobre o tema foram Andrade et al. (1995). Neste estudo, eles estimaram a demanda residencial de água para o estado do Paraná. Utilizou-se a base de dados disponibilizada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), no ano de 1986, onde foram entrevistadas 5417 residências em 27 municípios paranaenses.

Andrade *et al.* (1995) utilizaram as seguintes variáveis para determinar os fatores que influenciam a demanda de água, sendo: o preço marginal, diferença, a renda e o número de pessoas residentes no domicílio. Depararam-se com o problema de endogeneidade devido a (SANEPAR) adotar na época uma estrutura tarifária em blocos crescentes.

Para solucionar tal problema, utilizou-se o método de McFadden, que consiste em gerar uma variável proxy para o preço marginal, não correlacionada ao erro aleatório e assim gerando estimativas do (MQO) com boas propriedades (ANDRADE *et al.*, 1995).

O resultado encontrado por Andrade *et al.* (1995), apresenta que a elasticidade preço marginal da demanda é inelástica com uma elasticidade preço estimada de -0,24, indicando que a redução do consumo de água ocorre em proporção menor do que o aumento do preço. A respeito da elasticidade diferença, encontrou-se uma elasticidade estimada de 0,05, sendo o valor positivo indicando um subsídio embutido para as famílias que consumiram a partir de 10 m<sup>3</sup>, ou melhor, que consumiam a partir do segundo bloco de consumo.

Em relação à renda e ao número de pessoas, encontraram que a renda não é significativa para afetar o consumo da água, da mesma maneira que o número de pessoas residentes. O esclarecimento para a segunda variável seria a falta de variabilidade no tamanho das famílias presentes na amostra (ANDRADE *et al.*, 1995).

Segundo Mattos (1998), a demanda residencial de água para a cidade de Piracicaba no estado de São Paulo, adotando as seguintes variáveis para determinar a demanda residencial de água naquela cidade, sendo: o preço marginal, a diferença, o número de residentes, a renda familiar, a temperatura e a precipitação. Como técnicas de estimação, o autor utilizou o modelo do (MQO), (IV), o método de McFadden e o (MQ2E).

Os resultados encontrados por Mattos (1998), mostram que apenas o preço marginal e a diferença foram significativas, explicando 71% da variação do consumo de água. A respeito da demanda, o autor encontrou um valor estimado de -0,21, similar ao valor encontrado por Andrade *et al.* (1995).

Pizaia e Alves (2008) estimaram a demanda residencial de água no Estado do Paraná. Foram utilizados dados da (SANEPAR) do ano de 2007, além de pesquisas em campo, para estimar uma demanda de água para o município de Cambé.

As variáveis explicativas utilizadas por Pizaia e Alves (2008) foram o preço marginal, diferença a renda, o número de residentes e o número de cômodos da residência. Novamente, surgiu o problema da endogeneidade. Para solucionar tal problema, e verificar impactos da endogeneidade sobre os estimadores dos (MQO), adotou-se, além dos (MQO), os métodos de McFadden, (MQ2E) e o (IV) (PIZAIA; ALEVES, 2008).

O trabalho de Pizaia e Alves (2008), resultaram na significatividade de todas as variáveis em todos os modelos, como exceção da variável número de cômodos para o modelo do (MQO) e o (IV). Além disso, os efeitos da endogeneidade sobre as estimativas dos parâmetros foram confirmados, apresentando a estimativa do preço marginal positivo ao invés de negativo.

Na região nordeste, Melo e Jorge Neto (2007), utilizando os dados do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), estimaram uma função de demanda residencial de água. Os autores, adotaram as variáveis determinantes para explicar a demanda de água, sendo: o preço marginal, a renda, o tempo de moradia no domicílio, o número de cômodos da residência e a idade média do chefe da casa.

Solucionando o problema da endogeneidade, devido a tarifação em blocos crescentes, Melo e Jorge Neto (2007), usaram o método de Burtless e Hausman (1995), estimado a partir da técnica de verossimilhança, que inclui a informação sobre todas as restrições orçamentárias do consumidor, mudando o seu problema de maximização, tornando as restrições orçamentárias não lineares e, assim, excluindo o viés causado pelos métodos.

No trabalho realizado por Melo e Jorge Neto (2007), identificou-se também que quando a função era estimada com intercepto, o acréscimo de qualquer outra variável que não

fosse a renda e o preço bloqueava o processo de maximização da função de verossimilhança. A razão era pela irrelevância das variáveis ou apresentavam uma correlação com a renda.

Experimentando um modelo alternativo, sem o intercepto, os autores conseguiram maximizar a função de verossimilhança com a adição das seguintes variáveis: número de cômodos, o tempo de moradia do chefe da casa, está última tomada ao quadrado.

Argumentando a utilização do segundo modelo, os autores asseguram que o fato da água ser um bem essencial, o modelo alternativo identifica melhor com o comportamento do consumidor em assegurar um abastecimento mínimo de água para qualquer que seja o seu preço cobrado.

Finalmente, a respeito dos parâmetros Melo e Jorge Neto (2007), constataram que apenas a variável *dummy* semiárido e o tempo de moradia, no primeiro e no segundo modelo, nesta ordem, apresentaram não significativas. Agora no tocante da elasticidade preço da demanda, eles encontraram valores negativos próximos da unidade para ambos os modelos, superior ao estudo de Andrade *et al.* (1995), similar ao de Hewitt e Hanemann (1995), que adotaram o mesmo método de máxima verossimilhança.

Fazendo uso dos dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CACEGE), Rosa *et al.* (2006), estimaram uma função de demanda residencial de água no Estado do Ceará. Os dados utilizados no estudo foram obtidos a partir da aplicação de um questionário que entrevistou 1.438 famílias em 38 municípios cearenses. No modelo estimado, eles propuseram que as variáveis que determinavam a quantidade de água sendo: a renda, a tarifa que o consumidor estava disposto a pagar para manter um abastecimento regular, número de cômodos, número de pessoas residentes e três variáveis *dummies*, indicando se a residência é ligada a rede de esgoto, se consumia até 20 m<sup>3</sup> e se consumia mais de 50 m<sup>3</sup>.

Percebe-se que, diferente dos outros estudos já mencionados, os autores não levaram em consideração a estrutura tarifária em blocos crescentes adotada pela (CACEGE). Então, eles não tiveram que lidar com o problema da endogeneidade e, deste modo, adotaram o método dos mínimos quadrados na estimação do modelo.

O estudo de, Rosa *et al.* (2006), resultou-se na significância estatística de todas as variáveis explicativas. A respeito às elasticidades preço e renda, eles encontraram um valor estimado absoluta de 0,318 para a primeira, apontando que a demanda de água é inelástica e mostrando um valor próximo encontrado por Andrade *et al.* (1995), embora as especificações dos modelos serem diferentes. Agora a respeito da elasticidade renda, encontraram um valor estimado absoluto de 0,0777, certificando a hipótese de que a água é um bem normal.

Brasil (2009), similarmente estima uma demanda residencial de água para o Estado do Ceará. Entretanto Brasil (2009) insere os efeitos da tarifação não linear em sua análise, diferenciando do estudo de Rosa *et al.* (2006).

Segundo Brasil (2009), uma pesquisa realizada pela (CACEGE) em 2006, contando com aplicação de questionários em 56 municípios cearenses, um total de 5.444 entrevistas, apresentou um modelo de demanda no qual as variáveis que explicavam o consumo de água, eram o preço médio, a diferença, a renda familiar, número de pessoas que residem no imóvel, o número de cômodos, a temperatura média do mês, a análise do consumidor.

Em relação a quantidade da água consumida, a análise do consumidor em relação a regularidade do abastecimento de água e a análise do consumidor em relação a quantidade de água consumida. Para sanar o problema da endogeneidade, Brasil (2009), estimou o modelo adotando o método dos mínimos quadrados agrupados usando primeiras diferenças.

A pesquisa realizada pelo autor resultou-se no aumento de um real nas variáveis preço médio e diferença é responsável pela redução do consumo de água em 0,56 m<sup>3</sup> e 0,23 m<sup>3</sup>, nesta ordem. A respeito das variáveis de qualidade, elas não apresentaram significância para explicar o consumo de água, o que pode ser esclarecido, pelo fato da água não ter substitutos próximos, fazendo com que os usuários tenham alternativas de consumo.

Pompermayer (2012), estimou um modelo de demanda residencial de água para o Distrito Federal. A região caracteriza-se por elevada densidade demográfica, equivalente a 444 hab./Km<sup>2</sup>. Sendo uma população na sua maioria urbana, o Distrito Federal possui um padrão de ocupação desde a sua inauguração. Todavia, a criação de condomínios em áreas rurais de conotação urbana deverá restringir ainda mais a população rural (CODEPLAN, 2010).

A base de dados do sistema de abastecimento público da área de estudo, utilizado para estimar a demanda residencial urbana de água, foram levantados na Companhia de Saneamento do Distrito Federal (CAESB). Sendo considerado apenas a dimensão temporal entre o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2008, as categorias analisadas foram: residencial, comercial, pública e industrial: receita mensal total arrecadada com a comercialização da água, volume mensal de água consumido.

Divididos em duas categorias de consumo, a residencial normal e a residencial popular são utilizadas pela (CAESB), para a aplicação das tarifas mensais utilizadas para cobrança dos serviços água e esgoto (POMPERMAYER, 2012).

Outras variáveis também foram levantadas para obtenção das variáveis representativas das condições climáticas e da renda dos consumidores de água, no contexto estudado. Os

dados de clima referentes à temperatura média mensal e precipitação diária, foram obtidos na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e no (INMET). Os dados de índice de emprego utilizado como uma proxy para estimar a renda do consumidor foram obtidos da Pesquisa de Emprego e Desemprego no Distrito Federal (PED-DF), elaborada pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE) em convênio com a Fundação Estadual de Análise de Dados (SEADE-SP), Ministério do Trabalho e Emprego, Fundo de Amparo ao Trabalhador (MTE/FAT) e Secretaria de Trabalho do Distrito Federal (SETRAB-GDF) (POMPERMAYER, 2012).

Constatou-se que nas categorias normal e popular, as variáveis escolhidas explicam 75% e 92% da evolução do consumo de água, respectivamente. Estatisticamente a pesquisa foi significativa a 5% de probabilidade, em ambas as categorias. Os valores de todas as variáveis foram inferiores a 10, evidenciando certa colinearidade entre as variáveis explicativas. Em ambas as categorias o teste d de Durbin-Watson não rejeita a hipótese de ausência de auto correlação positiva e/ou positiva a 5% de probabilidade.

Em contrapartida, a elasticidade preço marginal menor que um, em módulo, aponta que o aumento no preço marginal reduz a quantidade numa proporção menor que a variação no preço, caracterizando uma demanda inelástica. Na categoria normal, a elasticidade preço da demanda é 0,18, sendo significativo para valores inferiores a 5% de probabilidade. Entretanto, na categoria residencial popular elasticidade preço da demanda igual a 0,15 é significativa para valores inferiores a 5% de probabilidade.

Conforme a quantidade demandada na categoria popular reage menos a alterações dos preços, ou seja, a demanda é mais inelástica, comparando-se com a categoria normal, reforçam-se as expectativas de que para determinados usos básicos a demanda é muito rígida. Todavia, quando há elevados usos não essenciais (tais como, lavagens, fontes e piscinas e rega de jardins), características comuns da categoria normal, a demanda torna-se menos inelástica a preço.

Assim, o fato da demanda de água apresentar-se muito inelástica em relação a preço, conclui-se, que os consumidores da área de abrangência do estudo serão bastante afetados por alterações no serviço ambiental de proteção da qualidade hídrica. Uma vez que a categoria popular a demanda é mais inelástica em relação ao preço, comparando-se com a categoria normal, conseqüentemente vão sofrer maiores impactos, em relação a perda de benefícios, com a degradação do ambiente (POMPERMAYER, 2012).



### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa realizada caracteriza-se como um estudo exploratório. De acordo com Lakatos (2003, p. 188), as pesquisas exploratórias são investigações empíricas cujo o objetivo “é a formulação de questões ou de um problema com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar familiaridade do pesquisador com o ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos”.

Segundo Gil (1991), as pesquisas exploratórias geralmente apontam para objetivos específicos e podem ser classificadas em três grupos: estudos exploratórios, descritivos e explicativos. Ainda de acordo com Gil (1991), as pesquisas exploratórias visam proporcionar uma visão geral de um determinado fato. Este tipo de estudo também visa proporcionar um maior conhecimento para o pesquisador acerca do assunto a fim de que esse possa formular problemas mais precisos ou criar hipóteses que possam ser pesquisadas por estudos posteriores.

Os dados do sistema de abastecimento público da área de estudo foram obtidos por meio da COPASA/MG, considerando-se apenas a dimensão temporal. Isto é, tomam-se dados

de séries temporais mensais referentes à comercialização da água na categoria normal e social: receita mensal total arrecadada com a comercialização da água (R\$/mês) e volume mensal de água consumido ( $m^3/mês$ ). Procurou-se estimar um procedimento de valoração econômica com base nos objetivos propostos e nos dados obtidos junto ao órgão e período analisado.

Tais dados de consumo do sistema de abastecimento foram desagregados nas categorias de consumidores utilizada pela COPASA/MG, com a finalidade de segmentar a demanda residencial de água por classe consumidora e para a aplicação das tarifas mensais utilizadas para cobrança dos serviços água e esgoto.

Nas categorias usuários da água, os dados de consumo e de receita total serão considerados de forma desagregada por blocos. Como os consumidores da água estão sujeitos a um regime tarifário em blocos crescentes, os dados desagregados em faixas de consumo permitem determinar o preço percebido pelos consumidores, bem como o preço médio efetivamente cobrado mensalmente pela água comercializada.

O regime tarifário deverá ser identificado na área de estudo, onde a tarifa é aplicada pela companhia de maneira diferenciada por blocos. Neles os consumidores estão distribuídos, determinando-se as quantidades consumidas. Estas por sua vez determinam as receitas totais, utilizando a tabela tarifária. Os valores da receita total foram corrigidos por meio de valores mensais do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculados segundo critérios da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Realizou-se pesquisas em outras fontes para a obtenção das variáveis representativas das condições climáticas e da renda dos consumidores. Mais especificamente, dados das condições climáticas (INMET)<sup>5</sup> referentes à temperatura mínima mensal, máxima mensal e precipitação diária, e dados representativos da renda, ou seja, o índice de emprego e desemprego mensal (utilizado como *proxy* de renda do consumidor) disponibilizado pelo CAGED<sup>6</sup>.

Baseado em amostras de dados de séries temporais, o volume de água consumido por bloco, a receita total por bloco de consumo do índice de preço por atacado, o índice de

---

<sup>5</sup>Órgão governamental com informações completas sobre o tempo e o clima em todo Brasil.

<sup>6</sup>Obrigação trabalhista preparada por todas as pessoas jurídicas e equiparadas, mensalmente, por ocorrência de admissão, transferência ou demissão de empregados.

emprego da população urbana e das condições climáticas, determinaram-se as variáveis explicativas do consumo de água neste estudo.

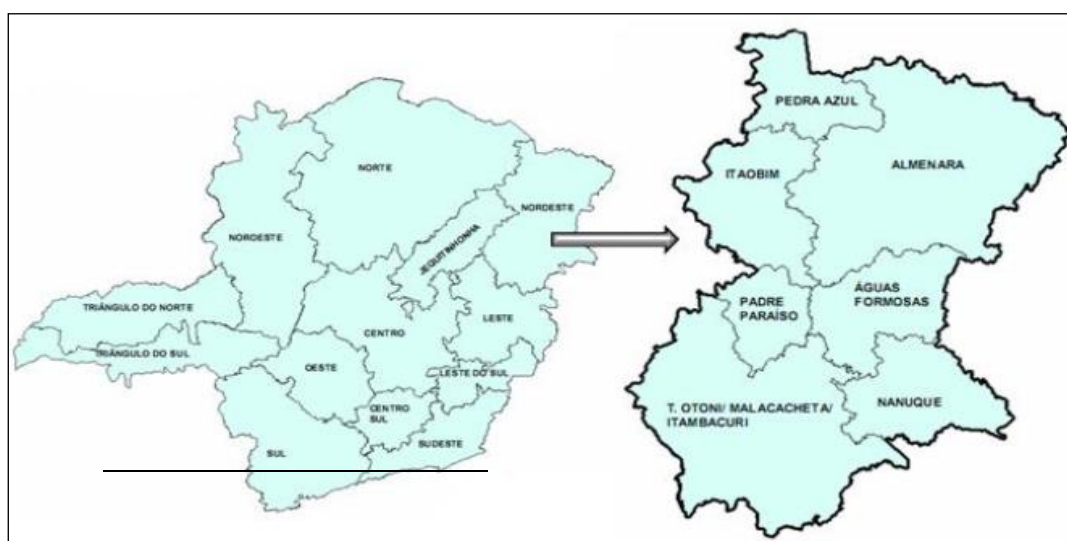
Verificado o papel dos elementos pesquisados, o procedimento a seguir é identificar seus possíveis condicionantes, utilizando a bibliografia disponível considerando a natureza e disponibilidade dos dados. Devido às inúmeras observações sobre as variáveis necessárias para as estimações dos parâmetros dos modelos formulados, estruturou-se em planilhas eletrônicas personalizadas. Dessa forma, buscou-se otimizar o manuseio das observações, cálculos e transferência das variáveis para o software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences – Pacote Estatístico para as Ciências Sociais*)<sup>7</sup> versão 21.0 para Windows.

A abrangência dos dados compreende o período de setembro de 2012 a dezembro de 2014, disponível numa base mensal. Dessa forma, procurou-se esclarecer o padrão sazonal da série temporal, uma vez que o consumo da água pode ser influenciado entre outros fatores, pelas condições climáticas.

### 3.1 Caracterização da região estudada

O município de Teófilo Otoni está situado na região nordeste do Estado de Minas Gerais, inserido na macrorregião Jequitinhonha/Mucuri. A macrorregião do Jequitinhonha/Mucuri integra 54 municípios incorporados em 7 microrregiões: Padre Paraíso, Itaobim, Águas Formosas, Pedra Azul, Almenara, Teófilo Otoni e Nanuque. A região dispõe de uma área total de 70,6 mil Km<sup>2</sup> e uma população em torno de 1,04 milhões de habitantes, mostrando, dessa forma, uma densidade demográfica de 14,7 hab./Km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Figura 1 – Minas Gerais e as 7 Macrorregiões, com destaque para a Macrorregião Nordeste**

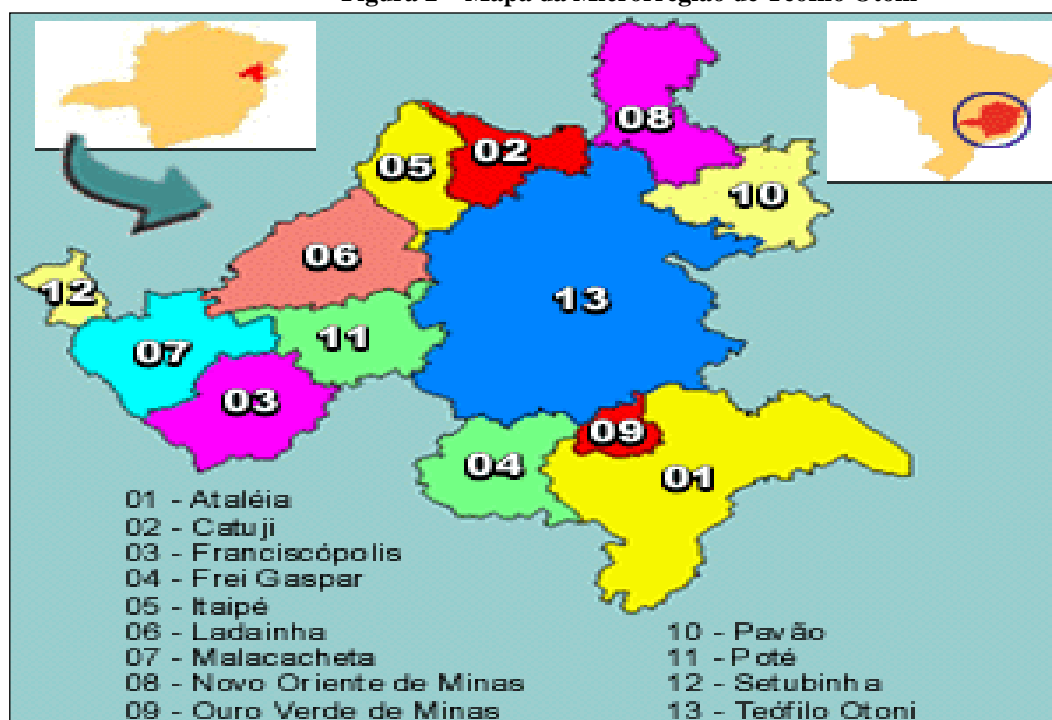


<sup>7</sup> Software aplicativo do tipo científico que apresenta pacote estatístico para as ciências sociais. Permite análise com recursos para ajudar a operar cada estágio do processo analítico.

Fonte: ADAPTADO A PARTIR DE MALACHIAS *et al.*, 2013.

A microrregião de Teófilo Otoni é composta por 13 cidades e inclui os municípios de Ataléia, Catuji, Franciscópolis, Frei Gaspar, Itaipé, Ladainha, Malacacheta, Novo Oriente de Minas, Ouro Verde de Minas, Pavão, Poté, Setubinha. Tais municípios somam uma área de 11.260,28 Km<sup>2</sup> com cerca de 257.911 habitantes conforme Figura 2.

Figura 2 – Mapa da Microrregião de Teófilo Otoni



Fonte: ADAPTADO A PARTIR DE MALACHIAS *et al.*, 2013.

Segundo Pessoa (2004), percebe-se na região do Jequitinhonha / Mucuri uma série de problemas em razão da densidade populacional significativa, relacionado ao pequeno número de oportunidades econômicas consistentes e aos baixos índices de desenvolvimento humano.

Estas características que comprovam o cenário de degradação ambiental na bacia do Rio Mucuri, uma vez que, atividades de exploração de madeira e plantio de pastagens tem levado à eliminação da cobertura vegetal em áreas de floresta nativa, reserva legal, área de preservação permanente e matas ciliares.

Teófilo Otoni possui um clima diversificado. Em algumas áreas chove, em outras, este fenômeno raramente acontece, no geral é predominantemente tropical.

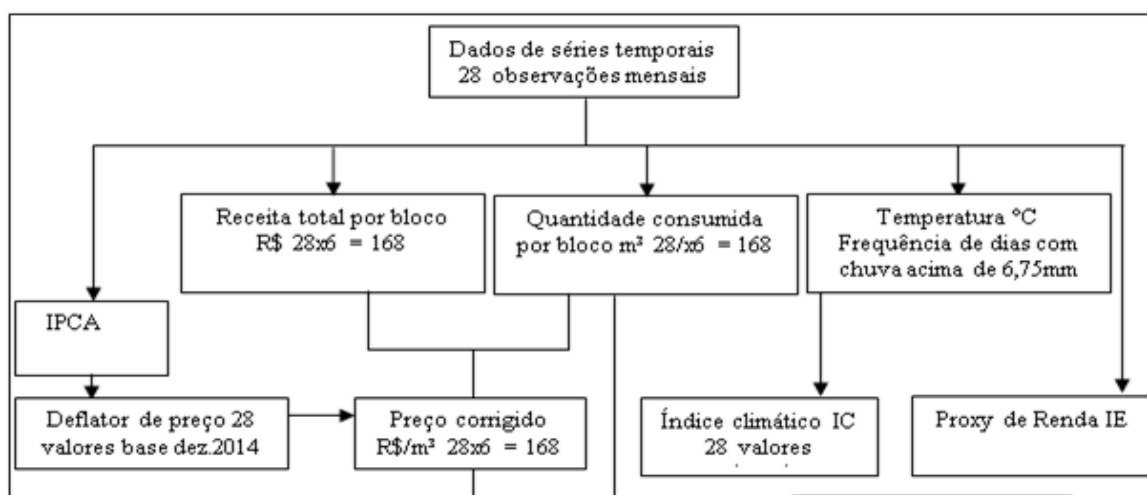
Seu relevo apresenta forma acidentada, considerada baixa altitude 300 m (trezentos metros). Banhada pelos rios Santo Antônio e Todos os Santos, tem o tráfego cortado pela BR 116 e MG 418, quem interligam toda a região.

Segundo o IBGE (2010), a população é de aproximadamente 140 (cento e quarenta) mil habitantes e sua principal atividade é o comércio de pedras preciosas, daí o título de Capital Mundial da Pedras Preciosas e atrai frequentemente turistas e comerciantes de todas as partes do planeta. Outros pontos fortes são também o comércio local e a agropecuária diversificada. Possui também uma vasta rede hotéis e pousadas para suportar todos os que a visitam.

### 3.2 Amostra

O estudo caracteriza-se por uma amostra de 28 observações mensais a respeito dos aspectos da COPASA/MG, que estão associados ao clima e com as condições socioeconômicas dos consumidores. No quadro 1, estão sistematizados os dados de séries temporais aplicados na definição das variáveis determinantes do consumo da água:

Quadro 1 – Fluxograma da amostragem de dados de séries temporais e obtenção de variáveis



Fonte: DESENVOLVIDO PELO AUTOR

### 3.3 Especificação dos determinantes na demanda de água

Neste estudo, os impactos das variáveis econômicas, socioeconômicas e climáticas sobre a demanda residencial de água do sistema de abastecimento público da cidade de Teófilo Otoni, MG serão estimados. Na sequência, descrevem-se às variáveis do modelo empírico da demanda residencial de água e suas formas de obtenção.

De acordo com Wooldridge (2006), destaca-se que, a ordenação das observações numa série de tempo transmite a interdependência no decorrer do tempo. Inúmeras vezes, as observações vinculam-se com seus históricos recentes, mostrando tendências no decurso do tempo, de modo que eventos passados conseguem influenciar eventos futuros. O tempo é uma dimensão significativa numa amostra de dados de séries temporais. Outra característica é a regularidade em que os dados são coletados, uma vez que muitas séries de tempo apresentam padrão sazonal.

Neste estudo, a incorporação de ambas as variáveis está sustentada na literatura, que defende a integração da intitulada especificação de Nordin (preço marginal e a variável diferença) na modelagem da demanda. Os consumidores reagem não somente ao preço marginal, mas também, às variações em seu excedente, consequentes da mudança de faixa de consumo. A especificação de Nordin (1976), considera toda a tabela de preços, na decisão do consumidor, capturando o efeito renda imposto pela estrutura tarifária.

A fim de solucionar possíveis vieses de estimativas, assim como a simultaneidade entre o preço e quantidade consumida, recorreu-se ao método criado por Taylor *et al.* (1981), e, em seguida, testado por Billings (1982). Utilizado por Martínez-Espiñeira e Nauges (2004), a solução resulta-se numa aproximação linear para a conta total de água. O método faz uso das quantidades e as receitas observadas para derivar um preço marginal e uma diferença intramarginal constante para cada estrutura tarifária.

Apesar do preço marginal e variável diferença não mudarem com a quantidade de água consumida, o procedimento de Billings (1982), fornece dados tendenciosos, no momento em que há ocorrência de imprecisões nas medições das quantidades de água usadas nas estimativas dessas variáveis. Contudo, o problema pode ser solucionado se o preço marginal e a diferença forem estimados a partir da sua ponderação através da proporção de consumidores por bloco de consumo (OSHFELDT, 1983; ARBUES *et al.*, 2003; DHARMARATNA; HARRIS, 2010).

Conforme apresentado acima, uma forma de solucionar possíveis vieses nas estimativas resultantes de erros de medição é a utilização de técnicas alternativas de análise de regressão na estimação das variáveis instrumentais o preço marginal e a diferença. MQO é uma alternativa de regressão (OSHFELDT, 1983).

O preço marginal e a diferença intramarginal são as primeiras variáveis independentes especificadas, referindo-se à primeira variável como o preço cobrado pela última unidade consumida de água, sendo relevante para uma decisão de consumo, enquanto a segunda variável descreve o efeito renda decorrente das tarifas fixas e intramarginais, significando o resultado da diferença entre o valor da conta cobrado ao preço marginal e o valor da conta cobrado ao usuário (ANDRADE, 1995).

O procedimento sugere uma linearização artificial da estrutura tarifária para derivar variáveis instrumentais de preço marginal e de diferença intramarginal. Recorrendo o procedimento desenvolvido por Billings (1982), os dados agregados de receita total e da quantidade de água comercializada serão regredidos, nos blocos de consumo, no período de setembro de 2012 a dezembro de 2014. Deste modo, estimam-se em diferentes categorias de consumidores o preço marginal e a variável diferença conforme a equação 1.

$$RT_{ij} = \alpha_i + \beta_i \times QT_{ij} + \mu_i \quad (1)$$

Onde,

$RT_{ij}$  é a receita total nos blocos 1, ..., j (j=1, 2, 3, ..., n) no *i*-ésimo mês (i=1, 2, 3, ... t);

$Q_{ij}$  é a quantidade consumida total de água potável nos blocos 1,..., j (j=1, 2, 3, ..., n) no *i*-ésimo mês (i=1, 2, 3, ... t);

$\mu_i$  é igual ao termo de erro estocástico no *i-ésimo* mês;  
 $\beta_i$  é a inclinação da função de receita total no *i-ésimo* mês;  
 $\alpha_i$  é o intercepto da função de receita total no *i-ésimo* mês.

Ainda que a quantidade de dados seja significativa, podem ocorrer limitações decorrentes de incertezas e imprecisões nas observações. A fim de reforçar esse aspecto, Billings (1982), afirma que problemas nas medições na quantidade de água observadas podem resultar em erros nas estimativas do preço marginal e da variável diferença. Os dados agregados são mais consistentes aos erros de medição, comparando-se com os dados desagregados (correspondentes a usuários individuais e faturamento periódico).

No período estudado, estimam-se para cada estrutura tarifária, os valores das variáveis instrumentais: preço marginal e da variável diferença. As regressões das receitas sobre as correspondentes quantidades foram efetuadas conforme a Equação 1, recorrendo-se ao software de estatística SPSS.

O índice climático foi obtido a partir da frequência de dias do mês sem chuvas significativas, ou seja, com precipitação inferior a 6,75mm (GRIFFIN; CHANG, 1991), multiplicada pela média mensal das temperaturas diárias máximas e mínimas (°C), conforme equação 2:

$$IC_i = \left( \frac{T_{max_i} - T_{min_i}}{2} \right) \times (1 - F_i) \quad (2)$$

Onde

$IC_i$  é o índice climático no mês *i*;

$F_i$  é a proporção de dias do mês *i* com chuvas acima de 6,75mm;

$T_{max}$  é a média das temperaturas máximas diárias no mês *i*;

$T_{min}$  é a média das temperaturas mínimas diárias no mês *i*.

Como o uso da variável agregada Índice de Emprego (IE) não permite relacionar o consumo residencial com a renda familiar, numa localidade específica e/ou de grupo de consumidores específicos, em determinado período de tempo. Nesse caso, seriam necessárias observações sobre renda familiar registradas em estratos de renda discretos (ANDRADE *et al.*, 1995; PIZAIA; CAMARA, 2007).

Tendo em vista disponibilidade de dados apenas na dimensão temporal, escolheu-se uma *proxy* de renda para capturar seus efeitos sobre a demanda de água. Utiliza-se, assim, o fator índice de emprego, IE, com a finalidade de relacionar o nível de emprego da população



urbana e o consumo de água na área de estudo. A escolha do IE como *proxy* de renda tem a vantagem de não exibir padrão sazonal ao longo do tempo, em comparação com outros indicadores econômicos, como por exemplo, o índice de vendas totais no varejo, calculados segundo critérios do IBGE.

Obtém-se o IE pela razão entre o número de pessoas admitidas e o total de pessoas admitidas e demitidas no período estudado, o mesmo cálculo é feito para o número de pessoas demitidas naquele período, analisando o efeito na demanda residencial de água (DIEESE, 2010).

### 3.4 Especificação da função da demanda residencial de água

O impacto ocasionado por uma modificação no preço sobre a quantidade de água demandada pelos consumidores é apontada pela elasticidade-preço da demanda. Normalmente, a demanda estimada de água é bastante inelástica a preço, já que a água não tem substitutos para usos básicos. Em contrapartida, valores inelásticos resulta-se ao baixo nível de compreensão do consumidor da estrutura tarifária, visto que a conta de água corresponde uma pequena parcela de sua renda (CHICOINE; RAMAMURTHY, 1986; ARBUÉS *et al.*, 2000).

Através dos dados disponíveis e o maior número possível de experiências na literatura, estimou-se a função de demanda residencial de água para os consumidores urbanos visto que enfrentam tarifas diferenciadas em blocos crescentes de consumo. A quantidade mensal de água é a variável dependente correspondendo à somatória do consumo mensal, em metros cúbicos por mês, praticado nos seis blocos.

Conforme representada pela equação 3, a estrutura da demanda assume a hipótese de que os consumidores habitam seu comportamento de acordo com o consumo da água, face às alterações no preço, e, no longo prazo, alteram suas práticas do uso da água. Então, o consumo residencial de água relaciona-se inversamente com o seu preço (Equação 3).

$$\ln QA_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PMG_t + \beta_2 \ln DI_t + \beta_3 \ln IC_t + \beta_4 \ln IE_t + \beta_5 QF_t + \mu_t \quad (3)$$

Onde,

$QA_t$  é a quantidade de água consumida.

$PMG_t$  é o preço marginal da água;

$DI_t$  é a variável diferença;

$IC_t$  índice climático;

$IE_t$  o índice de emprego

$QF_t$  quantidade de água defasada

Os parâmetros estimados são  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  que expressam a reação na quantidade de água demandada face as alterações em cada variável. O que se espera é um efeito negativo para o preço marginal ( $\beta_1 < 0$ ), positivo para renda do consumidor ( $\beta_4 > 0$ ), positivo para a sazonalidade ( $\beta_3 > 0$ ), positivo para variável diferença ( $\beta_2 > 0$ ) e positivo para a quantidade de água defasada ( $\beta_5 > 0$ ). A estimativa do modelo considerou a forma funcional logarítmica, devido à possibilidade de obtenção das elasticidades direto dos coeficientes. Todas as hipóteses foram avaliadas por meio dos valores  $p$  dos coeficientes  $t$ , admitindo-se valores significativos até 5% de probabilidade.

A presença da simultaneidade entre o preço e a quantidade na modelagem da demanda residencial de água é muito debatido na literatura. O resultado indesejado da simultaneidade surge uma vez que existem regressores endógenos, isto é, que tendem a estar correlacionados com o termo erro. Como o preço e a quantidade estão condicionados pela regra tarifária, logo, uma correlação entre o preço e o termo estocástico é estabelecida (ANDRADE et al, 1995; PIZAIA; CAMARA, 2007).

É fundamental num modelo de demanda ou de oferta a sua identificação, tal entendimento influencia diretamente no alcance de resultados coerentes e consistentes do lado teórico. Numa característica específica de demanda, os preços são endógenos, ou seja, os preços observados decorrem da relação entre produtores e consumidores. O aspecto requer a distinção das modificações de preços e de quantidades consequentes do deslocamento da curva de oferta daquelas decorrentes do deslocamento da curva de demanda. Os métodos tradicionais de estimação de demanda geram coeficientes de preço menos negativos do que são na realidade (POMPERMAYER, 2012).

De maneira comum, numa relação de simultaneidade, a variável dependente (Y) é determinada pelas variáveis exploratórias (X) e algumas delas, por sua vez, são determinadas por Y. Divergente dos modelos de equação única, os modelos de equações simultâneas estimam parâmetros sem levar em conta informações fornecidas pelas demais equações do sistema (GUJARATI, 2006). Segundo o autor, no momento em que estima-se por (MQO), os

requisitos para a identificação é que cada variável explicativa seja não correlacionada com o termo erro. Considerando-se a interdependência entre o termo erro estocástico e a variável (ou variáveis) exploratória endógena, o (MQO) é inadequado para a estimação de uma equação e um sistema de equações simultâneas.

A fim de corrigir o problema da simultaneidade entre o consumo e o preço, apelou-se aos métodos de equação única, de modo específico, o (MQ2E). Tal método é adequado no contexto de equações simultâneas, gerando estimadores não viesados e consistentes. Baseado nas variáveis instrumentais é possível identificar (ou estimar de forma consistente) os parâmetros de uma equação do modelo de equações simultâneas.

O problema da identificação é a chance de se obter, ou não, os parâmetros da equação estrutural baseado nos coeficientes estimados na forma reduzida. Se isso puder ser alcançado, diz-se que a equação em pauta é identificada. Do contrário, trata-se de um modelo não identificado ou subidentificado (GUJARATI, 2006).

No caso estudado, a função de demanda é identificada quando a variável Preço Médio (PE) (equação 4) desloca a oferta sem afetar a equação de demanda. Para cada variação em (PE) e nenhum erro, a equação de demanda é delineada (WOOLDRIDGE, 2001).

A presença do deslocador não observado da demanda (ou seja, é o termo erro) faz com que a equação de demanda seja estimada com erro. Todavia, os estimadores serão consistentes, visto que a variável PE não esteja correlacionada com o erro. Na especificação de duas equações simultâneas, a função de oferta de água potável é fundamental na identificação do sistema de equações simultâneas e, portanto, na aplicação do método do MQ2E, conforme equação 4.

$$\ln Q_t^o = y_0 + \ln y_1 PE + \epsilon_t \quad (4)$$

Onde:

$Q_t^o$  é a variável dependente, representando a quantidade oferta de água no mês  $t$ ;

$PE_t$  é o preço médio da água efetivamente cobrado pela firma, correspondente aos blocos de consumo no mês  $t$  e;

$\epsilon_t$  é o termo de erro.

Para o sistema de equações simultâneas tem-se duas variáveis endógenas, a (QA) e o (PMG) da água (M=2). Existem cinco variáveis exógenas no sistema de equações: intercepto, (DI), (IE), (IC) e (PE) (K=5). A equação 3 apresenta uma variável endógena, ou seja, o preço marginal, (m=1), então  $M-m=2-1=1$ , estando uma incógnita a ser determinada. Na equação 3 são quatro variáveis exógenas: intercepto, DI, IE, IC (k=4). Deste modo,  $K-k=5-4=1$ , sendo o mesmo número de incógnitas e de relações, caracterizando uma equação exatamente identificada.

Quanto à identificação da equação 4, esta possui uma variável endógena (m=1), então,  $M-m=2-1=1$ . Em contrapartida, possui duas variáveis exógenas: intercepto e PE (k=2). Assim,  $K-k=5-2=3$  e, portanto, a mesma é superidentificada.

Basicamente, o (MQ2E) envolve duas aplicações sucessivas de (MQO) que procura “purificar” a variável explanatória estocástica (PMG) do termo de erro. Esse objetivo é obtido executando-se um procedimento de dois estágios. A técnica em dois estágios permite estimadores consistentes, ou seja, que convergem para seus valores verdadeiros à medida que a amostra aumenta indefinidamente<sup>8</sup>. O primeiro estágio baseia-se em realizar a regressão na forma reduzida da variável endógena (PMG) sobre todas as variáveis predeterminadas no sistema, estimando-se os valores de ( $\hat{P}mg_t$ ), em conformidade com a equação 5:

$$Pmg_t = \pi_0 + \pi_1 PE_t + \pi_3 IEP_t + \pi_4 IC + \pi_5 DI_t + \pi_6 QF + \mu_t \quad (5)$$

No segundo estágio, substitui-se os valores de (PMG) na equação estrutural original pelos valores estimados ( $\hat{P}mg_t$ ) e, então, executa-se a regressão por (MQO) como se segue na equação 6:

$$Q_t^d = \beta_0 + \beta_1 \hat{P}mg_t + \beta_3 IE_t + \beta_4 IC_t + \beta_5 DI_t + \beta_6 QF + \mu_t \quad (6)$$

---

<sup>8</sup>Destaque-se que em pequenas amostras, os valores estimados da variável endógena, provavelmente, serão correlacionados com o erro. Entretanto, tal correlação desaparece à medida que a amostra tende ao infinito. Assim, em pequenas amostras, o procedimento MQ2E pode levar a uma estimação tendenciosa

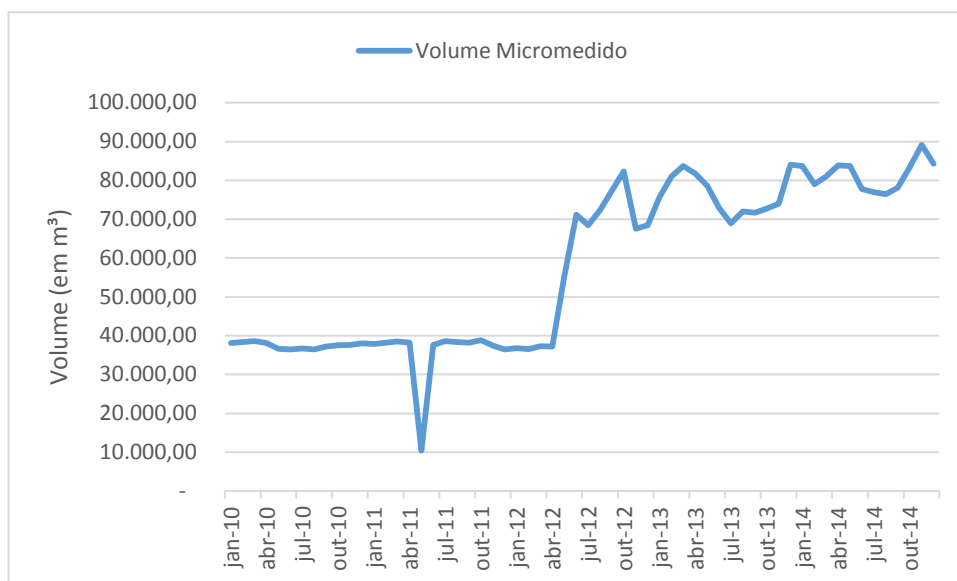
Tendo em vista a limitação e a compatibilidade de dados e, ainda, considerando apenas a dimensão temporal, a análise das variáveis determinantes da demanda residencial de água irá restringir-se apenas às aquelas de natureza econômica, socioeconômica e climática. Conforme definido anteriormente, as variáveis explicativas da demanda de água são: o preço marginal (*PMG*), a variável diferença (*DI*), o índice climático (*IC*), o índice de emprego (*IE*), como *proxy* de renda do consumidor de água, a quantidade de água defasada (*QF*) e ( $\mu_t$ ) que é o termo erro que captura o efeito de todos os outros fatores omitidos no modelo, os quais determinam a quantidade consumida de água.

Para efeitos de análise desse estudo, considera-se a hipótese que de quanto mais inelástica a demanda em relação ao preço comparado com a oferta, maior também é a parcela do custo social distribuído para os consumidores.

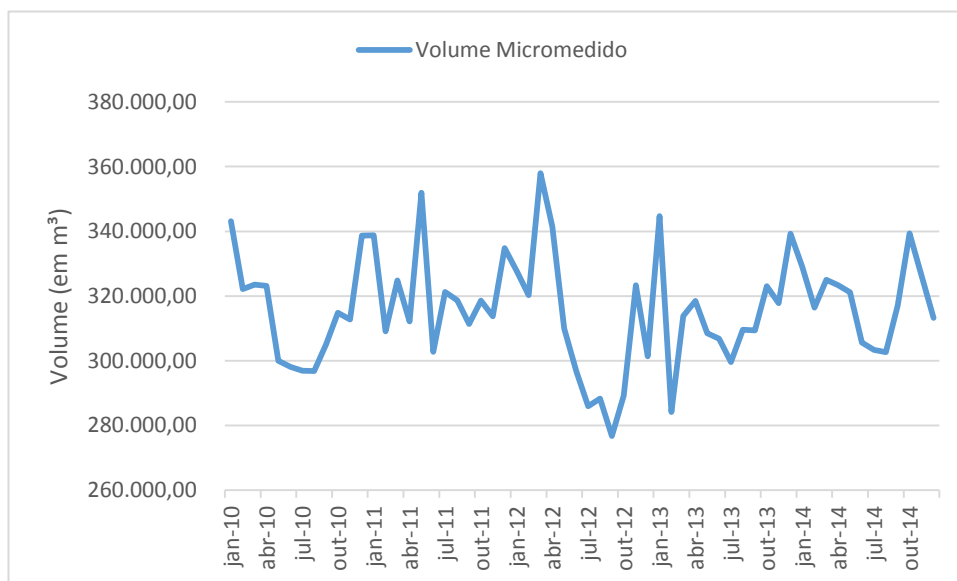
Conforme Laville e Dione (1999), o pesquisador pode optar pela formulação das categorias antes de ir a campo (*a priori*), depois (*a posteriori*), ou durante a pesquisa com a possibilidade de alteração caso seja necessário. Baseado nos objetivos propostos, a partir das informações apresentadas, as categorias foram formuladas *a posteriori* da fase de coleta de dados da instituição analisada, sendo divididas em 2: residencial social e residencial normal.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesta seção é realizado uma análise da evolução do consumo de água do sistema de abastecimento público na cidade de Teófilo Otoni-MG. A princípio, estudou-se o volume micro medido das categorias social e normal, variáveis dependentes neste estudo, coletados junto a COPASA, referente a base de dados do período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014, equivalente a 60 meses como pode ser observado nas figuras 1 e 2 abaixo.

**Figura 1 – Volume micromedido – categoria social**

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

**Figura 2 – Volume micromedido – categoria normal**

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

Com relação às categorias social e normal, visualiza-se um comportamento significativo no consumo, tais variações justifica-se pela reestruturação do sistema de abastecimento público da cidade no período estudado.

Para calcular o consumo de água, é preciso do volume obtido pelas ligações ativas baseadas na soma dos *volumes micro medidos*, dos volumes presumidos (sempre que não exista a possibilidade para verificar a medição) e dos volumes estimados (quando na ausência de micro medidores). Toda ligação ativa integra uma ou mais unidades de consumo (entidades

de governo, residências, estabelecimentos industriais e comerciais), representando os consumidores individuais (SIAGUA, 2002).

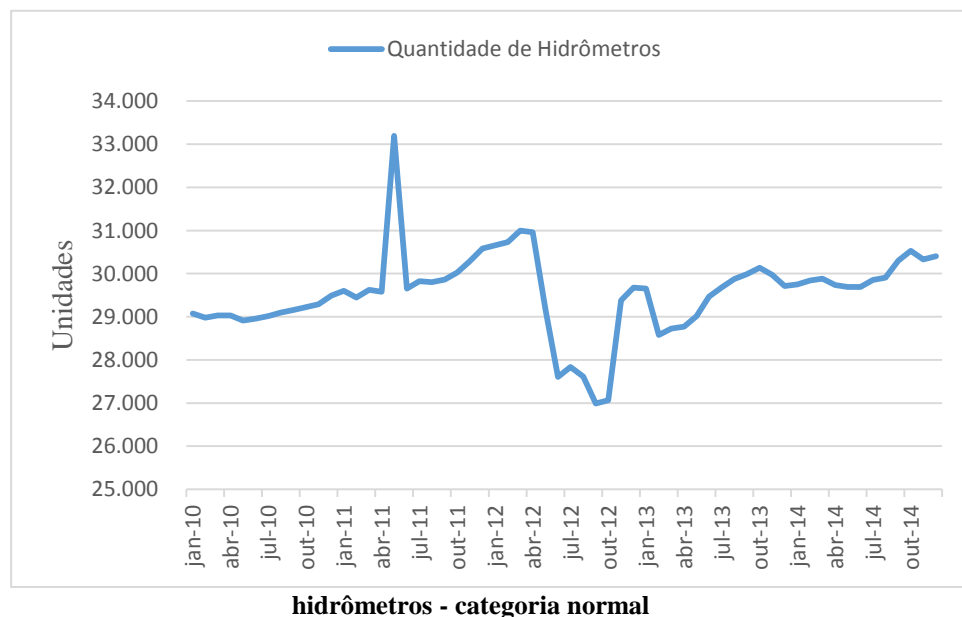
Em relação as figuras 3 e 4, o número de hidrômetros instalados pela companhia de saneamento nas categorias social e normal é importante por evidenciar provável interferência dos fatores socioeconômicos, climáticos e demográficos no consumo de água. Isto é, buscou-se esclarecer se os dados e informações adquiridas que retrata a estrutura da demanda de água na região de estudo. Deste modo, a análise foi realizada tendo em vista uma simples caracterização dos fatores que, de uma forma ou de outra, condicionam a demanda residencial de água.

**Figura 3 – Número de hidrômetros - categoria social**



Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

**Figura 4 –  
Número**



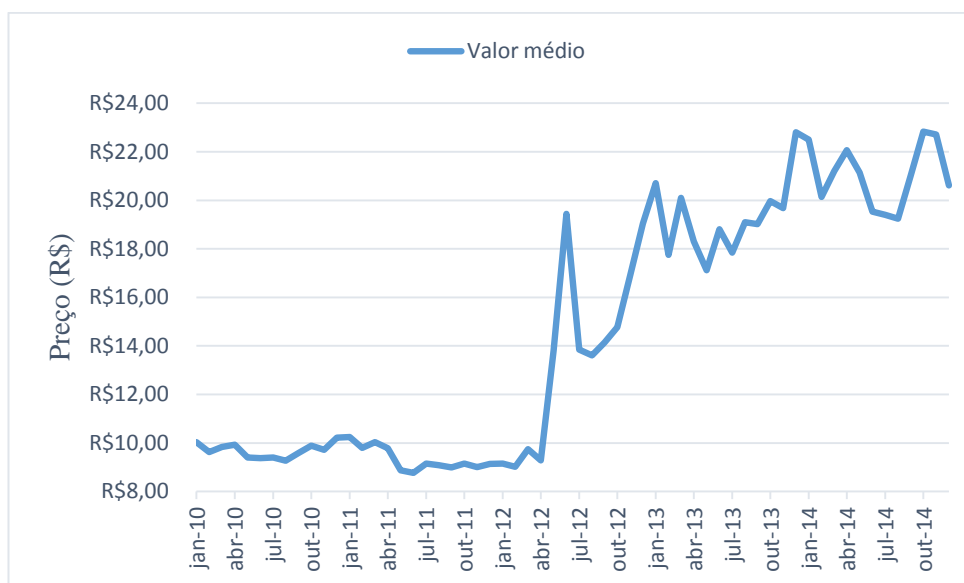
**hidrômetros - categoria normal**

**de**

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

Outro ponto a ser observado conforme as figuras 5 e 6, é o valor médio pago na conta pelos consumidores das categorias social e normal, tal fato explica a maneira como é cobrado o preço da água pela companhia de saneamento da área estudada.

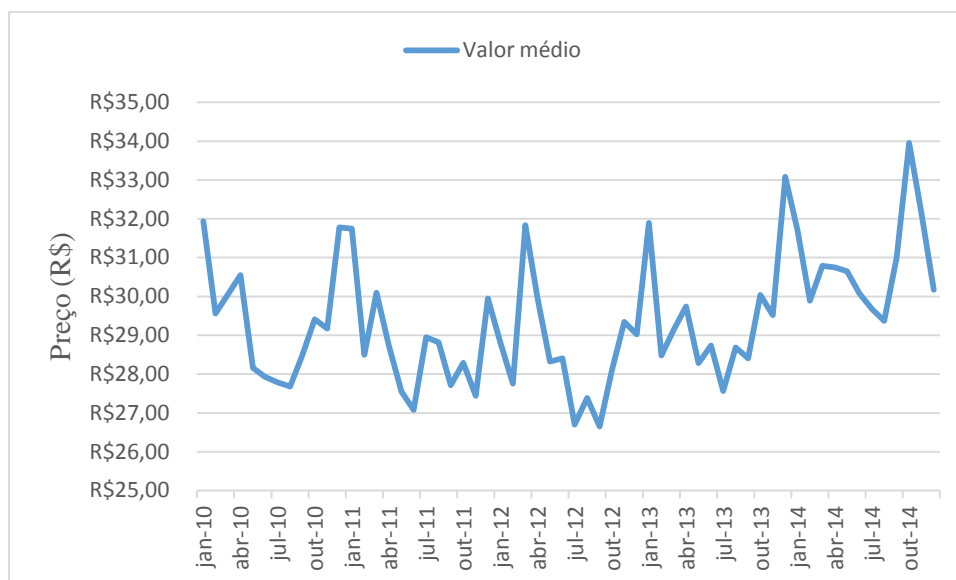
**Figura 5 – Tarifa média - categoria social**



Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

**Figura 6 – Tarifa média - categoria normal**





Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

Percebe-se variações significativas nas classes em relação ao preço da água no período analisado, tal fato justifica-se por ser uma área de estudo considerada problemática, a degradação ambiental na bacia do Rio Mucuri, onde atividades de exploração de madeira e plantio de pastagens têm levado à supressão da cobertura vegetal em áreas de floresta nativa, reserva legal, área de preservação permanente e matas ciliares, além de apresentar uma densidade populacional significativa, aliada às poucas oportunidades econômicas consistentes e aos baixos índices de desenvolvimento humano.

No estudo sobre Valoração Econômica do Serviço Ambiental de Proteção da Qualidade Hídrica, elaborado por Pompermayer (2012), para a cidade de Brasília, DF. Segundo a autora dentre os setores de atividade (residencial, comercial, pública e industrial) no consumo de água, constatou-se, que a categoria residencial tem a maior demanda de água, cerca de 79% do consumo da água proveniente do sistema de abastecimento público, desta forma buscou-se averiguar alguns elementos determinantes da magnitude das elasticidades da demanda em relação ao preço, renda do consumidor.

A derivação da função da demanda de água estabelece uma etapa da implementação dos procedimentos formulados no Capítulo 3 (Metodologia). Entre os inúmeros fatores que explicam a demanda residencial de água de uma determinada região, destacam-se os de natureza econômica, socioeconômica, demográficos, política, geográfica, climática e cultural. Habitualmente não são disponíveis em uma serie temporal de dados em nível micro, isto é, com elevado nível de desagregação possível.

Deste modo, o uso de dados, exclusivamente, de séries temporais pode ser um limitador para a compatibilidade de dados de consumo, num determinado período de tempo. O uso dos dados em séries temporais para análise da demanda de água, diferente do estudo que utiliza dados espacializados de consumidores ou localidades, não exhibe características socioeconômicas significativas de diferentes grupos de consumidores (renda individual, composição da residência e hábitos de uso da água, por exemplo).

Os fatores estimados a partir de dados espacializados permitem estimativas mais realísticas a respeito das respostas da demanda face as variações de seus fatores condicionantes. Arbués *et al.* (2003), afirmam que, a análise realizada com séries temporais requer cautela, uma vez que, muitas vezes, os dados referem-se a series temporais curtas, resultando numa pouca variação no preço da água. O autor destaca que a combinação de séries temporais com dados espacializados para integrar dados de *painel* apresenta algumas vantagens.

Devido a limitação e a compatibilidade dos dados, considerando apenas a dimensão temporal, a análise dos dados limitou-se apenas aquelas de natureza econômica, socioeconômica e climática. De acordo com que foi definido na metodologia, as variáveis explicativas da demanda de água são: o preço marginal (*PMG*) a variável diferença (*DI*) o índice climático (*IC*) e índice de emprego (*IE*) como *proxy* de renda do consumidor de água e a quantidade de água defasada (*QF*).

O comportamento da demanda residencial de água nas duas categorias analisadas é observado a partir das propriedades dos parâmetros estimados para as variáveis explicativas. Os resultados apresentados baseados nas estimativas dos parâmetros da equação da estrutura da demanda.

Os coeficientes foram definidos com base nas equações simultâneas utilizando a análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados de dois estágios (MQ2E). Para reforçar a relevância das variáveis explicativas determinou-se o nível de significância individual, por meio da estatística *t*, conforme a Equação 4.1.

- Categoria normal (4.1)

$$QA = 6,875 - 0,790 \ln PMG - 0,299 \ln DI + 0,043 \ln IC - 0,032 \ln IE + 0,589 \ln QF$$

$$t = (5,725) \quad (-3,973) \quad (-3,209) \quad (0,448) \quad (-0,401) \quad (4,748)$$

$$sig. = (0,000) \quad (0,001) \quad (0,004) \quad (0,658) \quad (0,692) \quad (0,000)$$

$$N = 28$$

$$R^2 \text{ (ajustado)} = 0,607$$

$$F = 9,324$$

Logo abaixo pode ser percebido a Equação 4.2, estimativa da categoria social:

- Categoria social (4.2)

$$QA = 5,153 - 0,150 \ln PMG - 0,097 \ln DI - 0,498 \ln IC - 0,155 \ln IE + 0,294 \ln QF$$

$t$	= (4,618)	(- 1,982)	(- 2,230)	(- 4,030)	(- 1,404)	(2,923)
$sig.$	=(0,000)	(0,040)	(0,036)	(0,001)	(0,174)	(0,008)

$N = 28$        $R^2$  (ajustado) = 0,564       $F = 7,980$

Nas categorias normal e social, as variáveis selecionadas explicam 60,7% e 56,4% da evolução do consumo de água, respectivamente. A fim de reforçar a importância das variáveis explicativas, a estatística F destaca que o conjunto das variáveis (*PMG*) e (*DI*) analisadas, foram significativas a 5% de probabilidade, em ambas as categorias.

A elasticidade preço marginal inferior a um, em módulo, aponta que o acréscimo no preço marginal reduz a quantidade numa dimensão menor que a variação no preço, indicando uma demanda inelástica. Tal característica seguramente se deve a imprescindibilidade do bem. Deve-se observar que as elasticidades preço em relação aos dois subgrupos apresenta uma diferença pequena em sua magnitude. Significa que ambos os grupos comportam de modo parecido aos aumentos na tarifa da água. A elasticidade preço da demanda nas categorias analisadas foram 0,79 e 0,15 para valores  $t$  inferiores a 5% de probabilidade, respectivamente.

Na categoria social, a elasticidade estimada em torno de 0,15, significa que o aumento de 1% no preço marginal resulta na redução de 0,15% na demanda total. Na categoria normal, a elasticidade em torno de 0,79, indica que um aumento de 1% no preço marginal da água resulta na redução de 0,79% na demanda.

De maneira semelhante aos resultados encontrados neste estudo, Agthe *et al.* (1986), na cidade de Tucson, Arizona (EUA), propuseram um modelo onde a demanda de água era função do preço marginal, da diferença, da renda familiar e de uma variável climática definida como a evapotranspiração menos a precipitação em polegadas. Os estudos foram realizados a partir de dados de séries temporais obtidas no período de janeiro de 1974 a dezembro de 1980. Com a finalidade de contornar o problema da endogeneidade, confirmada posteriormente a realização do teste de Hausman utilizando método das variáveis instrumentais.

O resultado encontrado por Agthe *et al.* (1986), com exceção da variável renda familiar, todas as outras variáveis analisadas se mostraram significantes. Sobre a elasticidade preço da demanda, encontrou-se um valor estimado de  $-0,624$ , mostrando que a água é um bem com demanda inelástica e que, se o preço da água elevar em 10%, a demanda irá diminuir em 6,24%. Além disso os autores perceberam que a água apresenta uma elasticidade preço da demanda maior no longo prazo do que no curto prazo, assim como a maioria das commodities.

No entanto, o comportamento divergente da demanda de água foi constatado numa pesquisa realizada em 2004, no âmbito do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (DAE, 2004). Ao estudar a estrutura da demanda de água entre municípios com níveis de renda distintos, a referida pesquisa observa um valor ligeiramente superior (em valor absoluto) da elasticidade preço da demanda do conjunto de municípios de baixa renda em relação aos municípios mais ricos ( $-0,35$  e  $-0,32$ , respectivamente).

De modo semelhante, Andrade *et al.* (1995), especificam funções de demanda doméstica de água, considerando inúmeras classes de renda dos consumidores, percebe-se que o nível de renda mensal do consumidor leva a uma reação maior ou menor frente ao aumento marginal. Os autores constataram que em classes de baixa renda (até dois salários mínimos), a redução da quantidade é proporcionalmente maior (igual a  $-0,62$ ) do que a diminuição percebida em outras classes de renda;  $-0,21$  (acima de dez salários),  $-0,16$  (de dois a dez salários) e  $-0,22$  (classe de renda geral).

Tal comportamento é explicado pela restrição exigida pela conta de água no orçamento das famílias de baixa renda. Contrapondo os resultados encontrados em pesquisas semelhantes, verificou-se um valor ligeiramente superior (em valor absoluto) da elasticidade preço da demanda para a classe normal (renda superior a categoria popular). Acontece que na região da pesquisa o regime tarifário é diferente em ambas as categorias analisadas. Esta particularidade pode explicar um choque maior da conta de água no orçamento dos consumidores da categoria normal.

Por outro lado, nas duas classes analisadas, o resultado da demanda de água não está conectada ao nível de emprego da população urbana, em maior ou menor grau, em ambas as categorias de consumidores pesquisadas. A respeito dos consumidores da categoria social (classe classificada com baixa renda), o aumento da quantidade demandada é proporcionalmente mais elevada que o aumento observado na categoria normal (classificada como categoria de renda média a alta). Tal ponto de vista revela que há uma demanda limitada para a classe residencial social.

A elasticidade da demanda de água em comparação à variável diferença é positiva e menor que um, nas categorias analisadas. Já mencionado anteriormente, um valor positivo para a elasticidade preço da demanda indica que o consumidor está pagando um valor na conta inferior ao que ele pagaria se a mesma fosse cobrada ao preço marginal. Deste modo, o valor para a elasticidade diferença, espelha a consequência do subsídio implícito na estrutura tarifária, neste caso, para consumos superiores a 6 m<sup>3</sup> ( $b_2= 0$  a 6 m<sup>3</sup>,  $b_3= 6$  a 10 m<sup>3</sup>,  $b_4= 10$  a 15 m<sup>3</sup>,  $b_5= 15$  a 20 m<sup>3</sup>,  $b_6= 20$  a 25 m<sup>3</sup>,  $b_7= 25$  a 30 m<sup>3</sup>,  $b_8= 30$  a 40 m<sup>3</sup> e  $b_8 > 40$  m<sup>3</sup>).

Nas categorias analisadas, os parâmetros da variável diferença são significativos para valores  $t$  inferiores a 5% de probabilidade, com valores de elasticidade diferença iguais a 0,29, na categoria normal e, 0,097 na categoria social. Em ambas as categorias estudadas, ao passar de um bloco de consumo para outro, o efeito renda determina o consumo de água nas duas classes de usuários. Dessa forma, as políticas para estimularem o consumo de água são eficientes, uma vez que os consumidores estão se beneficiando de um subsídio.

Considerando que a água é um bem comum, seu consumo não é proporcionalmente menor ao aumento da renda do consumidor. As elasticidades renda da demanda de água são de 0,032 e 0,15, nas duas classes analisadas. O resultado encontrado elimina a hipótese que deveria ser confirmada ( $\beta_2 > 0$ ), já que seu efeito sobre a demanda não é significativo.

Tal efeito pode ser explicado pelo fato de que o aumento na renda do consumidor leva estes às mudanças de hábitos como: abertura de poços artesianos como fonte alternativa para consumo de água, lavagem de carros em lava jatos, utilização de lavanderias, pet shops e refeições em restaurantes, nos quais são serviços que demandam uma quantidade considerável de água, incorrendo vieses nas estimações.

A respeito da influência do clima no consumo de água, conclui-se que a categoria normal não apresenta significância a 5% de probabilidade, com valor de *sig.* igual a 0,658. Uma vez que a variável reflete a influência da relação multiplicativa entre a temperatura e a ausência de eventos de chuva na demanda de água. Já na categoria social o clima é significativo, *sig.* igual a 0,001, tal fato justifica-se devido a classe não ter recurso financeiro para mudança de hábitos como mencionado na categoria normal.

Em geral, os coeficientes estimados pelo (MQ2E), apresentou-se coesos com aquelas encontrados em experiências empíricas, descritas na literatura sobre a demanda de água. Na região de estudo a demanda de água mostrou-se inelástica em ambas categorias analisadas. Apesar da pequena diferença na magnitude dos valores de elasticidade entre as duas categorias, as estimativas sugerem que a categoria social reage bem mais às políticas de precificação da água, haja vista que é menos inelástica às variações nos preços.

A importância dos valores encontrados, mostra que a endogeneidade na variável (*PMG*) foi anulado por meio do (*MQ2E*). Deste modo, as variáveis selecionadas para explicar a demanda de água podem sustentar a avaliação a respeito dos impactos e das mudanças econômicas e das condições ambientais e sociais. A relevância dos parâmetros estimados para o modelo de demanda de água na região estudada, refletem o grau de interferência de seus fatores determinantes, descrevem as desproporcionalidades indicadas entre consumo de água nas duas classes de usuários pesquisadas.

A fim de comprovar os resultados obtidos, se faz necessário uma pesquisa com dados desagregados em escala espacial, ao contrário de dados apenas na escala temporal e sem nível agregado. Visto que seria possível uma melhor percepção acerca da relação entre o consumo de água e padrões de idade, hábitos de uso da água, renda individual, assim como de outras questões socioeconômicas e fatores comportamentais.

Dado que a categoria normal é mais inelástica, isto é, reage menos a alterações dos preços em comparação a categoria social, asseguram-se as expectativas de que para determinados usos básicos a demanda é muito rígida. Todavia, com o aumento dos usos não essenciais nesta classe, a demanda torna-se menos inelástica a preço.

Tal análise sugere que os consumidores da região estudada serão muito afetados por alterações no serviço ambiental de proteção da qualidade da água. Visto que a categoria normal é mais inelástica a preço em comparação a categoria residencial social, os consumidores dessa classe deverão ser mais afetados, a respeito de perdas de benefícios, com a degradação da qualidade hídrica nos mananciais.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs evidenciar a demanda de água do sistema de abastecimento público da Cidade de Teófilo Otoni – MG, bem como analisar os efeitos das variáveis determinantes em seu comportamento. Os resultados obtidos expressaram que os motivos determinantes para esclarecer o consumo da água de são o preço marginal, a variável diferença, o clima, a renda e a quantidade de água defasada.

O modelo elaborado permitiu incorporar de maneira sistemática aspectos sociais, econômicos, técnicos e ambientais da área estudada. Tais aspectos foram traduzidos por variáveis, proporcionando avaliar de maneira coerente as respostas da demanda de água e da companhia de saneamento face aos seus condicionantes.

Para análise da demanda, as variáveis utilizadas geraram coeficientes significativos, conforme aqueles encontrados em pesquisas relatadas na literatura internacional e nacional. A demanda de água apresentou-se inelástica em relação ao preço, em ambas as categorias analisadas. A relevância da elasticidade estimadas para o modelo de demanda mostraram a influência dos fatores determinantes e explicaram as desproporcionalidades no consumo de água nas duas categorias estudadas.

Para validação dos resultados das estimativas do modelo de demanda, sugere-se uma análise do comportamento de demanda com dados desagregados, ou seja, a partir de dados coletados de forma estratificada, considerando a dimensão espacial. Sendo assim, a percepção do consumo e os hábitos dos consumidores como: níveis de renda, comportamento e a composição dos domicílios, características regionais, entre outros aspectos, seria uma maneira mais realística para análise da demanda.

Os métodos abordados na pesquisa, além de estimar a dimensão dos custos que incidem sobre a sociedade, possibilitou perceber o segmento econômico mais afetado pelos impactos da degradação da qualidade hídrica. Tal informação que pode ser significativa para a criação de políticas e instrumentos específicos para internalizar os custos da degradação ambiental em mecanismos formais de pagamento por serviços ambientais.

Espera-se que o desenvolvimento desta pesquisa tenha contribuído para reflexão sobre o assunto e venha incrementar o seu arcabouço teórico no meio acadêmico.



Dada a importância deste estudo para a área estudada, as análises a partir dos dados temporais para explicar o padrão de consumo de água na cidade de Teófilo Otoni, sugerindo que a companhia responsável pelo tratamento da água estime a partir das variáveis analisadas o preço cobrado para as duas categorias, conhecendo o padrão de consumo da água, podendo criar políticas para o uso racional da água onde o consumo é mais elevado, sem que esta política tenha efeito negativo em outras regiões.

Este estudo foi de grande importância para o crescimento pessoal e aprendizado do autor, espera-se que os resultados apresentados sejam contributivos para a comunidade acadêmica e atores envolvidos. Enfim, sugere-se também estudos semelhantes a este, analisando aspectos e fatores não contemplados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. **Modificações das condicionantes existentes no Código Florestal**. Nota Técnica nº 045/2010-SIP-ANA. Disponível em: <[http://www.isa.utl.pt/def/files/File/disciplinas/tpf/TecProdFlor\\_Mod1\\_Aula3a.pdf](http://www.isa.utl.pt/def/files/File/disciplinas/tpf/TecProdFlor_Mod1_Aula3a.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2016.

AGTHE, D. E. *et al.* **A simultaneous equation demand model for block rates**. *Water Resources Research*, n. 1, 1986.

ALMEIDA, C. M. **O diálogo entre as dimensões real e virtual do urbano**. In: *Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual*. Oficina de textos, 2007.

ALMEIDA, E. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2004.

AL-QUNAIKET, M. **Municipal demand for water in Kuwait: methodological issues and empirical results**. *Water Resources Research*, v. 2, n. 4, p. 433–438, 1985.

ANDRADE, T.; BRANDÃO, A. S. P.; LOBÃO, W. J. A. SILVA, S. L. Q. **Saneamento urbano: a demanda residencial por água**. *Pesq. Plan. Econ.*, v.25, n.3, p. 427-448, 1995.

ANDRÉ, M. D. **Determinantes Espaciais e Econômicos da Demanda Residencial por Água em Fortaleza, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2012. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6u7WhwIDRAhVMIJAKHVYbAVYQFgghMAE&url=http%3A%2F%2Ffrepositorio.ufc.br%2Fbitstream%2Ffriufc%2F5411%2F1%2F2012\\_dissert\\_dmandre.pdf&usg=AFQjCNEk4MRFVZT6BpFCMIY0Fl6naVX-Q](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6u7WhwIDRAhVMIJAKHVYbAVYQFgghMAE&url=http%3A%2F%2Ffrepositorio.ufc.br%2Fbitstream%2Ffriufc%2F5411%2F1%2F2012_dissert_dmandre.pdf&usg=AFQjCNEk4MRFVZT6BpFCMIY0Fl6naVX-Q)>. Acesso em: 12 fev. 2016.

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. [S.l.: s.n.], 1988. 304 p. ISBN 978-90-247-3735-2.

ARAÚJO, T. C. d'Ávila. **Água: bem de valor econômico**. 2007. Disponível em: <[http://www.abdir.com.br/doutrina/ver.asp?art\\_id=1376&categoria=Bens Ambientais](http://www.abdir.com.br/doutrina/ver.asp?art_id=1376&categoria=Bens Ambientais)>. Acesso em: 12 fev. 2016.

ARBUÉS, F.; BARBERÁN, R.; VILLANÚA, I. **Water price impact on residential water demand in the city of Zaragoza, a dynamic panel data approach**. 40th European Congress of the European Regional, Studies Association (ERSA), Barcelona, Espanha. 2000.

ARBUÉS, F.; GARCIA-VALIÑAS, M.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. **Estimation of residential water demand: a state of the art review**, *Journal of Socio-Economics*, v.32, p. 81–102, 2003.

AYANSHOLA, A. M.; SULE, B. F.; SALAMI, A. W. **Modelling of residential water demand at household level in Ilorin, Nigeria**. *Journal of Research Information in Civil Engineering*, v. 7, n. 1, p. 59–68, 2010.

BACHRACH, M.; VAUGHAN, W. **Household water demand estimation**. 1994. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/househol.pdf>>. Acesso em 12 fev. 2016.

BALLING, R. C.; GOBER, P. **Climate variability and residential water use in the city of Phoenix, Arizona.** *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v.46, n.7, p.1130-1137, 2007.

BARKATULLAH, N. **OLS and instrumental variable price elasticity estimates for water in mixed-effects model under multiple tariff structure.** Working Papers in Economics, Paper No 226, Department of Economics, University of Sydney, Australia, 1996.

BARROS, F.; AMIN, M. **Água: um bem econômico de valor para o brasil e o mundo.** *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 4, n. 1, p. 75–108, 2008.

BHATIA, R., CESTTI, R. e WINPENNY, J. (1995) **Water conservation and reallocation: best practice cases in improving economic efficiency and environmental quality.** World Bank – ODI Joint Study.

BILLINGS, B. **Specification of Block Rate Price Variables in Demand Models.** *Land Economics*, v. 58, n. 3 p. 386-394, 1982.

BINET, M.-e. *et al.* **Residential water demand estimation in a tropical island using household data.** In: **45th Congress of the European Regional Science Association.** Amsterdam: [s.n.], 2005. p. 1–10. Disponível em: <<http://www-sre.wu.wien.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa05/papers/17.pdf>>. Acesso em 12 fev. 2016.

BOLAND, J.; WHITTINGTON, D. **Water tariff design in developing countries: disadvantages of increasing block tariffs (ibts) and advantages of uniform price with rebate (upr) designs.** Washington DC World Bank Water Resources Management, 2000.

BORGES, K. M. R.; SANTOS, P.M.C. **Modelo Linear de Mistura Espectral – MLME aplicado ao monitoramento do Cerrado, Bacia do Rio Carinhanha (MG-BA).** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN. Anais. São José dos Campos, SP, INPE. 2009.

BRASIL, C. M. **Estimação da demanda residencial de água da CAGECE considerando não-linearidades na estrutura tarifária.** 62 p. Monografia (Bacharelado em economia) — Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BRASIL. **Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira.** Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Consórcio Parceria 21: IBAM/ISER/REDEH. 2000.

BRICOE, J., CASTRO, P. F., GRIFFIN, C., NORTH, J. e OLSEN, O. **Toward equitable rural water supplies: a contingent valuation study in Brazil.** *The World Bank Economic Review*, 1990, vol. 4, n. 2, p. 115-134.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; ZAMPRONIO, G. B.; MARTINGIL, M. de C. A. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Uso do Solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense.** *Ambiente & Sociedade*. v. XIII, n. 1, p. 29 – 49. Campinas – SP, 2010.

CHANG, H.; PARANDVASH, G.H.; SHANDAS, V. **Spatial variations of single-family residential water consumption in portland, oregon.** *Urban Geography*, v. 31, n. 7, p. 953–972, out. 2010.

CHICOINE, D. L.; DELLER, S.C.; RAMAMURTHY, G. **Water demand estimation under block rate pricing: a simultaneous equation approach.** *Water Resources Research*, v. 22, n.6, p.859–863, 1986.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. **Consumo de água em residências de baixa renda - estudo de caso.** In: 25o Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. [s.n.], 2009. Disponível em: <[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/publicacoes/pubart90.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pubart90.pdf)>. Acessado em: 10 dez. 2015.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. CODEPLAN. **Anuário Estatístico do Distrito Federal. Governo Do Distrito Federal, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano, Habitação e Meio Ambiente, SEDUMA, 2010.** Disponível em: <<http://www.codeplan.df.gov.br/>>. Acessado em: 10 dez. 2015.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. COPASA/MG. **Relatório Anual e de Sustentabilidade, 2014.** Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/>>. Acessado em: 10 dez. 2015.

CORDÃO, M. J. de S. **Modelagem e otimização da disposição espacial de unidades de reservação em redes de distribuição de água utilizando geotecnologias.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009. 115p.

DALHUISEN, J.; FLORAX, R.; DE GROOT, H.; NIJKAMP, P. **Price and income elasticities of residential water demand: a meta-analysis.** *Land Economics*, v.79, n.2, p. 292–308, 2003.

DANIELSON, L. E. **An analysis of residential demand for water using micro time series.** *Water Resources Research*, 1978, vol. 15, n. 4, p. 763-767.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. DAE. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, seu Programa de Investimentos e a Regulamentação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos, do Estado de São Paulo: Etapa 9 impacto da cobrança pelo uso da água por tipo de usuário.** Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, 2004. 141p.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. DIEESE. **Pesquisa de Emprego e Desemprego no Distrito Federal.** Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/ped/brs/pedbrs0610.pdf>> Acesso em: 24 nov. 2015.

DESALVO, J. S.; HUQ, M. **Introducing no linear pricing into consumer choice theory.** *The Journal of Economic Education*, v. 33, n. 2, p. 166–179, jan. 2002.

DHARMARATNA, D.; HARRIS, E. **Estimating Residential Water Demand using the Stone-Geary Functional Form: the Case of Sri Lanka.** Monash University, Department of Economics, Issn 1441-5429 Discussion paper 46/10, 2010.

DZIEGIELEWSKI, B. **Water Supply Economics. In: Managing Urban Water Supply**, Kluwer Academic, Publishers, Dordrecht, Boston, Londres, p.47-70. 2003.

ESPEY, M.; ESPEY, J.; SHAW, W. D. **Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis**. *Water Resources Research*, v. 33, n.6, p.1369–74. 1997.

EUROPEU, P. **Dia mundial da água**. 2009. Disponível em: <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?language=pt&type=IMPRESS&reference=20070329STO04903>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

FAO. **Climate change, water and food security**. [S.l.], 2011. 200 p.

FORSTER, L.; BARDOS, C. P.; SOUTHGATE, D. D. **Soil erosion and water treatment costs**. *Journal of Soil Water and Conservation*, 42, n.5, p. 349–352, 1987.

FRANCZYK, J.; CHANG, H. **Spatial analysis of water use in oregon, usa, 1985-2005**. *Water Resources Management*. v. 23, n. 4, p. 755–774, jul. 2008.

GARCIA, S.; REYNAUD, A. **Estimating the benefits of efficient water pricing in France**. *Resource and Energy Economics*, v.26, n.1, p. 1–25, 2004.

GARCIA-VALIÑAS, M. A. **Efficiency and equity in natural resources pricing: A proposal for urban water distribution services**. *Environmental & Resource Economics*, v.32, n.2, p.183-204, 2005.

GAUDIN, S. **Effect of price information on residential water demand**. *Applied Economics*, v. 38, p.383–393, 2006.

GAUDIN, S.; GRIFFIN, R.; SICKLES, R. **Demand specification for municipal water management: evaluation of the Stone–Geary form**. *Land Economics*, v. 77, n.3, p.399-422, 2001.

GIBBS, K. C. (1978) **Price variable in residential water demand models**. *Water Resources*

GLENN, J.; GORDON, T.; FLORESCU, E. **2009 State of the Future**. [S.l.]: Millennium Project, 2009.

GODINHO, A. L. F. **Proposta de Criação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri MU1. Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri**. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/legislacao>> Acesso em: 12 fev. 2016.

GONÇALVES, R. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

GOTTLIEB, M. **Urban domestic demand of water in the united states**. *Land Economics*, 1963.

GRIFFIN, R. C.; CHANG, C. **Seasonality in Community Water Demand**. *Western Journal of Agricultural Economics, Western Agricultural Economics Association*, v.16,

n. 2, p.207-217, 1991.

GUHATHAKURTA, S.; GOBER, P. **The impact of the phoenix urban heat island on residential water use.** *Journal of the American Planning Association*, v. 73, n. 3, p. 317–329, set. 2007.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica.** 3. ed., São Paulo: Makron Books, 2006.

HADDAD, M. **Institutional framework for regional cooperation in the development of water supply and demand in the middle east.** *Journal of the American Water Resources Association*, v. 35, n. 4, p-729-738, ago. 1999.

HANKE, S. H.; MARE, L. D. **Residential water demand:** a pooled, time series, cross section study of Malmo, Sweden. *Journal of the American Water Resources Association*, Wiley Online Library, v. 18, n. 4, p. 621–626, ago. 1982.

HAYASHI, F. *Econometrics.* [S.l.]: **Princeton University Press**, 2000. 690 p.

HE, C; TIAN, J.; SHI, P.; HU, D. **Simulation of the spatial stress due to urban expansion on the wetlands in Beijing, China using a GIS-based assessment model.** *Landscape and Urban Planning*. v. 101, p. 269 – 277. 2011.

HEWITT, J.; HANEMANN, W. **A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate pricing.** *Land Economics*, JSTOR, v. 71, n. 2, p. 173 192, 1995.

HOFFMAN, M.; WORTHINGTON, A.C. HIGGS, H. **Urban water demand with fixed volumetric charging in a large municipality:** The case of Brisbane, Australia. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, n. 50, p. 347–359, 2006.

HOUSE-PETERS, L.; PRATT, B.; CHANG, H. **Effects of urban spatial structure, sócio demographics, and climate on residential water consumption in Hillsboro, Oregon.** *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, v. 46, n. 3, jan. 2010.

HOWE, C. W.; LINAWEAVER JR., F. P. **The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure.** *Water Resources Research*, v. 3, n. 1, p. 13, 1967.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Teófilo Otoni, 2016.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 mar. 2016.

ISA. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas capitais brasileiras, em 2004.** [S.l.], 2007. 23 p.

JONES, C. V., MORRIS, J. R. **Instrumental price estimates and residential water demand.** *Water Resources Research*, v. 20, n. 2, p. 197-202, Feb. 1984

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

- LEMOS, A.; MYNBAEV, K. **Manual de econometria**. [S.l.]: FGV Editora, 2004.
- LESAGE, J. P. **The theory and practice of econometrics**. Ohio: University of Toledo, 1999.
- LESAGE, J.; PACE, R. **Introduction to spatial econometrics**. [S.l.]: Chapman & Hall/CRC, 2009. ISBN 2008038890.
- MALACHIAS, I; AMORIM, G. L. A; PINTO, S. A. M; LÉLIS, B. J. L; SIQUEIRA, M; **“Plano Diretor de Regionalização da Saúde de Minas Gerais (PDR/MG)”**, 2013.
- MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. **Estimating water demand under increasing-block tariffs using aggregate data and proportions of users per block**. *Environmental and Resource Economics*, v. 26, n.1, p.5–23. 2003.
- MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R.; NAUGES, C. **Is all domestic water consumption sensitive to price control?** *Applied Economics*, v.36, n.15. p.1697-1703, 2004.
- MARTINS, R.; FORTUNATO, A. **Residential water demand under block rates- a Portuguese case study**. *Grupo de Estudos Monetários e Financeiros, GEMF*, n.9, 19p. 2005.
- MATOS, P. G. M. **“Políticas Públicas para Arranjos Produtivos Locais: O Arranjo de Gemas de Teófilo Otoni – Minas Gerais”**, 2004.
- MATTOS, Z. D. B. **Uma análise da demanda residencial por água usando diferentes métodos de estimação**. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 28, n. 1, p. 207–224, 1998.
- MCFADDEN, D.; PUIG, C.; KIRSCHNER, D. **Determinants of the long-run demand for electricity**. In: *Proceedings of the American Statistical Association*. [S.l.: s.n.], 1977. v. 1, n. 1, p. 109–19.
- MELO, J. de; NETO, P. **Estimação de funções de demanda residencial de água em contexto de preços não-lineares**. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 37, n. 1, 2007.
- MILUTINOVIC, M. **Literature review of water demand. 2006**. Disponível em: <[internetjournals.net/journals/tar/2007/January/Paper 12.pdf](http://internetjournals.net/journals/tar/2007/January/Paper%2012.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- MIRANDA, E.; KOIDE, S. **Indicadores de perdas da água: o que, de fato, eles indicam?** In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental No. 22; V Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental*. ABES, 2003. p. 1–32. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/ccxxiv.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2015.
- MIYAWAKI, K.; OMORI, Y.; HIBIKI, A. **Exact estimation of demand functions under block rate pricing**. In: *IWREC Conference in Water Economics*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–39.
- MOFFITT, R. **The econometrics of piecewise-linear budget constraints: a survey and exposition of the maximum likelihood method**. *Journal of Business & Economic Statistics*, JSTOR, v. 4, n. 3, p. 317–328, 1986.
- MONCUR, J. **Urban water pricing and drought management**. *Water Resources Research*,

v. 23, n. 3, p. 393-398, 1987.

NAUGES, C.; THOMAS, A. **Long-run study of residential water consumption.** *Environmental and Resource Economics*, v. 26, n.1, p. 25-43, 2003.

NIESWIADOMY, M. L.; MOLINA, D. J. **Comparing residential water demand estimates under decreasing and increasing block rates using household data.** *Land Economics*, v. 65, n. 3, p. 280-289, 1989.

NORDIN, J. A. **A proposed modification of Taylor's demand analysis: comment.** *The Bell Journal of Economics*, v.7, n.2, p.719-721, 1976.

OSHFELDT, R.L. **Specification of block rate price variables in demand models: comment.** *Land Economics*, v.59, n.3, p. 365-369. 1983.

PEREIRA JÚNIOR, J. d. S. P. **Dessalinização de água do mar no litoral nordestino e influência da transposição de água na vazão do rio são francisco.** Brasília, 2005. 11 p.

PIZAIA, M. G.; ALVES, R. **O esquema de tarifas em bloco praticado pelas companhias de água: um estudo dos consumidores residenciais de baixa renda.** In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, 2008.

PIZAIA, M. G.; CÂMARA, M. R. G. **Utilização dos métodos MQO2, mcfadden e variável instrumental em estimativas para a capital paranaense.** In: XLV Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007, Londrina, Paraná. Anais do XLV Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007.

POMPERMAYER, R. S. **Valoração econômica do serviço de proteção da qualidade hídrica.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Brasília, Brasília, 2012. 178p.

RAMACHANDRAN, M.; JOHNSTON, R. J. **Quantitative restrictions and residential water demand: A spatial analysis of neighborhood effects.** 2011. Disponível em: <<http://www.clarku.edu/departments/marsh/news/WP2011-19.pdf>>. Acessado em: 10 dez. 2015.

RAMSEY, F. **A contribution to the theory of taxation.** *The Economic Journal*, JSTOR, v. 37, n. 145, p. 47-61, 1927. *Research*, vol. 14, n. 1, p. 15-18.

RIETVELD, P.; ROWENDAL, J.; ZWART, B. **Estimating water demand in urban Indonesia: a maximum likelihood approach to block rate pricing data.** 1997.

ROGERS, E.; SHOEMAKER, F. F. **Communication of innovations: a cross cultural approach.** New York: Free Press, 1971.

ROSA, A. L. T. da; FONTENELE, R. E. S.; NOGUEIRA, C. A. G. **Estimativa da demanda de água residencial urbana no estado do Ceará.** In: ENCONTRO DA ANPAD, XXX, 2006. Salvador/BA: ANPAD - Brasil: [s.n.], 2006. p. 1-16. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-apsb-1489.pdf>>. Acessado em: 10 dez. 2015.



SALAZAR ADAMS, A.; PINEDA PABLOS, N. **Factores que afectan la demanda de agua para uso domestico em México. Región y Sociedad**, Sonora, v. XXII, n. 49, p. 3-16, 2010.

SCHLEICH, J.; HILLENBRAND, T. **Determinants of residential water demand in Germany**. *Ecological Economics*, v. 68, n.6, p.1756 – 1769, 2009.

SCHNEIDER, M. L. e WHITLACH, E. E. (1991) **User specific water demand elasticities**. *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 117, n. 1, p. 52-73.

TAYLOR, L. D.; BLATTENBERGER, G. R.; RENNHACK, R. K. **Residential energy demand in the United States**. Electric Power Research Institute, Inc, 1981.

\_\_\_\_\_. **The demand for electricity: a survey**. *The Bell Journal of Economics*, JSTOR, p. 74–110, 1975.

TSUTYIA, M. T. **“Consumo de água”**. In: Abastecimento de água. São Paulo –SP, 2006.p. 35 – 65.

TURNOVSKY, S. (1969) **The demand for water: some empirical evidence on consumers' response to a commodity uncertain in supply**. *Water Resources Research*, vol. 5, n. 2, p. 350-361.

UECE; CAEN; NPTEC. **Estudo de mercado e redesenho do sistema de subsídio tarifário da CAGECE**. [S.l.], 2006.

WENTZ, E. A.; GOBER, P. **Determinants of small-area water consumption for the city of phoenix, arizona**. *Water Resources Management*, v. 21, n. 11, p. 1849–1863, fev. 2007.

WHITTINGTON, D.; BOLAND, J.; FOSTER, V. **Water tariffs and subsidies in south Asia: understanding the basics**. *Water and Sanitation Program Paper*, v. 2, 2002.

WILLIAMS, M.; SUH, B.; **The demand for urban water by customer class**. *Applied Economics* v.18, n.12, p. 1275-1289,1986.

WILLIAMS, M.; SUH, B.; **The demand for urban water by customer class**. *Applied Economics* v.18, n.12, p. 1275-1289,1986.

WONG. S. T. **“A Model on Municipal Water Demand: A Case Study of Northeastern Illinois”** *Land Economics* 48 (Feb.): 34-44.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução a Econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Thomson learning, 2002.

WORTHINGTON, A. C. HOFFMAN, M. **An empirical survey of residential water demand modeling**. *Journal of Economic Surveys*, v.22, n.5, p.842-871, 2008.

\_\_\_\_\_, A.; HOFFMANN, M. **A state of the art review of residential water demand modelling**. 2006. Disponível em: <<http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1319&context=commpapers>>.

Acessado em: 10 dez. 2015.

**YOUNG, R. A. Price elasticity of demand for municipal water: a case study of Tucson.** Water Resources Research, v. 9, n. 4, p.1068-1072, Tucson, Arizona, 1973.

**ZHAO-LING, H. U.; PEI-JUN, D.U.; DA-ZHI, G. U. O. Analysis of urban expansion and driving forces in Xuzhou city based on remote sensing.** Journal of China University of Mining & Technology. v. 17, n. 2, p. 267 – 271, 2007.



## APÊNDICES

### APÊNDICE A – RESIDÊNCIA SOCIAL

#### Análise de mínimos quadrados em dois estágios

Descrição do modelo

		Tipo de variável
Equação 1	QA	dependente
	PMG	previsor
	DI	previsor e instrumental
	IC	previsor e instrumental
	IE	previsor e instrumental
	QF	previsor e instrumental
	PE	instrumental

Resumo do modelo

Equação 1	R múltiplo	,803
	R quadrado	,645
	R quadrado ajustado	,564
	Erro padrão da estimativa	,035

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.
Equação 1	Regressão	,050	5	,010	7,980	,000
	Resíduos	,028	22	,001		
	Total	,078	27			

**Coefficientes**

	Coefficients não padronizados		Beta	t	Sig.
	B	Modelo padrão			
Equação 1 (Constante)	5,153	1,116		4,618	,000
PMG	-,150	,076	,394	1,982	,040
DI	-,097	,044	,432	2,230	,036
IC	-,498	,124	-,583	4,030	,001
IE	-,155	,110	-,201	1,404	,174
QF	,294	,101	,404	2,923	,008

**Correlações de coeficiente**

			PMG	DI	IC	IE	QF
Equação 1	Correlações	PMG	1,000	,722	,027	-,132	-,282
		DI	,722	1,000	-,166	-,096	-,279
		IC	,027	-,166	1,000	,375	,148
		IE	-,132	-,096	,375	1,000	,263
		QF	-,282	-,279	,148	,263	1,000

## APÊNDICE B – RESIDÊNCIAL NORMAL

### Análise de mínimos quadrados em dois estágios

**Descrição do modelo**

	Tipo de variável
E QA	dependente
q PMG	previsor
u DI	previsor e instrumental
a IC	previsor e instrumental
ç	
o	

1	IE	previsor e instrumental
	QF	previsor e instrumental
	PE	instrumental

#### Resumo do modelo

E	R múltiplo	,824
q	R quadrado	,679
u	R quadrado ajustado	,607
a	Erro padrão da	
ç	estimativa	,025
ã		
o		
1		

#### ANOVA

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.	
E	Regressão	,028	5	,006	9,324	,000
q	Resíduos	,013	22	,001		
u	Total					
a		,042	27			
ç						
ã						
o						
1						

#### Coefficientes

	Coefficientes não padronizados		Beta	t	Sig.	
	B	Modelo padrão				
E	(Constante)	6,875	1,201		5,725	,000
q	PMG	-,790	,199	-1,833	-3,973	,001
u	DI	-,299	,093	-1,475	-3,209	,004
a	IC	,043	,096	,074	,448	,658
ç	IE	-,032	,081	-,062	-,401	,692
ã	QF	,589	,124	,854	4,748	,000
o						
1						

#### Correlações de coeficiente

		PMG	DI	IC	IE	QF	
E	Correlações	PMG	1,000	,942	-,403	-,090	-,484
q		DI	,942	1,000	-,269	-,066	-,584
u		IC	-,403	-,269	1,000	,373	,117
a		IE	-,090	-,066	,373	1,000	,329
ç		QF	-,484	-,584	,117	,329	1,000
ã							
o							
1							





