



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ELEONORA RIBEIRO CARDOSO

**DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA SOB UMA ESTRUTURA DE PREÇOS NÃO
LINEARES E EFEITOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE ÁGUA NO BRASIL.**

ORIENTADOR: PROF. PH^D. YONY DE SÁ BARRETO SAMPAIO

ORIENTADORA: PROF^a DR^A ANDREA SALES SOARES DE AZEVEDO MELO

RECIFE – PE

2016

ELEONORA RIBEIRO CARDOSO

DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA SOB UMA ESTRUTURA DE PREÇOS NÃO LINEARES E EFEITOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE ÁGUA NO BRASIL.

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia (PIMES), da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor (a) em Economia.

ORIENTADOR: PROF. PH^D. YONY DE SÁ BARRETO SAMPAIO

ORIENTADORA: PROF^a DR^A ANDREA SALES SOARES DE AZEVEDO MELO

RECIFE – PE

2016

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

C268d

Cardoso, Eleonora Ribeiro

Demanda residencial de água sob uma estrutura de preços não lineares e efeitos de políticas públicas de água no Brasil / Eleonora Ribeiro Cardoso. - 2016. 94 folhas : il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio e Orientadora Prof^a. Dra. Andrea Sales Soares de Azevedo Melo

Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2016.

Inclui referências e apêndices.

1. Abastecimento de água. 2. Desenvolvimento de recursos hídricos. 3. Municipalização. 4. Água – captação. I. Sampaio, Yony de Sá Barreto (Orientador). II. Melo, Andrea Sales Soares de Azevedo (Orientadora). III. Título.

336.01 CDD (22.ed.)

UFPE (CSA 2017 –009)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DO DOUTORARA
EM ECONOMIA DE:

ELEONORA RIBEIRO CARDOSO

A Comissão Examinadora composta pelos professores denominados abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a candidata Eleonora Ribeiro Cardoso **APROVADA**.

Recife, 31 de agosto de 2016.

Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio
Orientador

Prof^a Dr^a. Andrea Sales Soares de Azevedo Melo
Orientadora

Prof. Dr. Gustavo Ramos Sampaio
Examinador Interno

Prof. Dr. Arturo Alejandro Zavala Zavala
Examinador Externo/Depto de Economia – UFMT

Prof. Dr. Benedito Dias Pereira
Examinador Externo/Depto de Economia – UFMT

A Deus, presença de proteção e amor em minha vida.

A meu pai, Jose Soares Cardoso (*in memoriam*) e à minha mãe, Marilza Ribeiro – presenças de amor, arte, cultura, princípios, ideais, liberdade e de lutas por conquistar sonhos...

À minha filha amada, Isabele, estrela de amor e ternura em meu coração;

A meus irmãos queridos, Heloisa, Isadora, Júnior, Wagner e Marcel (*in memoriam*),

À minha amada madrinha tia Nil, por ter sido sempre apoio e inspiração em toda minha vida...

AGRADECIMENTOS

À professora Dr^a Andrea Sales Soares de Azevedo Melo, minha orientadora neste longo percurso de aprendizagem, aprimoramento e construção desta tese, cuja seriedade, compromisso, dedicação, cobranças, sorrisos e parceria me auxiliaram a chegar até aqui... E a quem agradeço o carinho, a confiança e a amizade.

À minha filha Isabele, pela compreensão por minhas ausências e viagens, por entender o recolhimento para estudos e trabalhos nesses quase cinco anos de doutoramento, todo meu amor e gratidão...

A minha mãe e a meus irmãos queridos – cujo apoio, paciência e amor, sempre, sempre me estimularam a continuar...

Aos professores Dr Gustavo Sampaio, da UFPE, e Dr Arturo Alejandro Zavala Zavala, da UFMT, pela incansável disposição de esclarecer, apoiar, corrigir, incentivar.

Às minhas colegas de curso e amigas de jornada, Carla Cristina Rosa de Almeida e Charline Dawson, pela parceria, incentivo, apoio, estudos, discussões técnicas, boas risadas, acolhimento e afeto sincero, meu carinho imenso...

Ao me colega e amigo que se fez irmão do coração, Wylmor Constantino Tives Dalfovo, pelo incentivo e apoio nos momentos cruciais da tese, quando tudo parecia sombrio, você foi a mão que se dispôs à cooperação e auxílio, sempre com alegria e boa vontade, minha eterna gratidão...

Aos demais companheiros do Dinter em cuja jornada aprendemos a nos querer bem, a nos ajudar e a trocar conhecimentos – Cadu, Fábio, Cleiton, Anderson, Karine, Weily, Krisley, Ademir, Feliciano, Olivian – meu carinho e amizade.

A todos os professores do Dinter – que nos legaram saber, aprimoramento e roteiros para emprendermos essa jornada de doutoramento, meu preito de gratidão.

À carinhosa e sempre dedicada Jackeline e à MariaLuiza – meu carinho e agradecimento por sempre estarem dispostas a colaborar e a nos auxiliar em tudo referente ao PIMES-UFPE, mesmo com a distância entre Recife e Cuiabá.

Aos meus amigos do Grupo União – que me apoiaram em prece e estímulo, acreditando sempre que eu iria vencer.

À minha amiga, hoje já doutora, Gisele Carignani, sempre disposta a apoiar, chamar à razão, naqueles momentos de aflição da tese, pra “rodar” o modelo, rsrs... como te agradecer, amiga? Valeu demais!

Ao meu amigo, colega da graduação em Economia, Dr Benedito Dias Pereira – sem você, seu empenho e perseverança – não haveria esse Dinter! Reconhecimento e amizade.

Também agradeço a meu ex-companheiro, Rogério Coelho do Valle, por ter cuidado sempre de nossa filha, nas minhas muitas ausências, por ser eternamente meu amigo.

Também à Universidade do Estado de Mato Grosso pelo programa de incentivo à capacitação docente, aos coordenadores do campus de Barra do Bugres, onde leciono, prof. Dr Alexandre Porto, ao do curso de Engenharia de Produção Agroindustrial e colegas.

A todos, enfim, que de algum modo cooperaram, auxiliaram, apoiaram para a conclusão desta tese, meu reconhecimento.

Alguns versos de meu pai, poeta sergipano, José Soares Cardoso (*in memorium*):

“O meu lema de vida assim descrevo: se não posso fazer tudo que devo, devo ao menos fazer tudo que posso” (*Meu lema*, 1976).

“Apesar disso, filha, se quiseres viver bem entre os homens e as mulheres, escuta agora o que o teu pai te diz: não recuses sonhar, pois só quem sonha torna sua vida mais risonha e pode, de algum modo, ser feliz”. (*Carta a Eleonora – poema sabendo a sonho e confissão*. Maio 1977, In *Sonhos e Vivências*. São Paulo: Ed. Resenha Trib. Ltda., 1984).

“No imenso circo da vida, entre sorrisos e abraços, todos nós somos palhaços, atores ou trapezistas; pois no palco ou na ribalta, sob formas aparentes, entre papéis diferentes, todos nós somos artistas... Representamos, às vezes, mesmo à nossa revelia, uma peça de ironia no drama das atitudes. Outras vezes, entretanto, de boa ou de má vontade, papéis de sobriedade, em que sobejam virtudes. Virtudes... só aparentes, porque no íntimo, às vezes, mil pensamentos soezes dirigem nossa moral. Mas essas coisas secretas, que nas alcovas se passam, nunca definem nem traçam nosso perfil social”. (*Perfil Social*. In *Sonhos e Vivências*. São Paulo: Ed. Resenha Trib. Ltda., 1984).

E versos de minha mãe, poetisa cuiabana, Marilza Ribeiro:

“Rio Cuiabá – caminho das águas, seiva das profundezas brotada da garganta da terra. Há mais de séculos fostes o farto universo dos peixes pintados, pacus, bagres, raias, piabas, lambaris, dourados... a refletirem o arco-íris das transparências e a guardar em teus seios o mistério dos seixos e da alma dos vegetais”. (*Caminho das águas*. In *A dança dos girassóis*. Cuiabá: Usina de Projetos, 2004).

“As águas têm voz? Têm voz as águas? Se elas falam, quem as escuta? Se elas cantam, quem canta com elas? A correnteza do rio ruge com sofreguidão, batendo nas pedras e raízes... Elas rugem e cantam... Cantam pelas vozes dos espíritos sagrados, cantam pela voz do canoeiro cantador. O ímpeto da correnteza é uma vertigem que se lança impetuosa em cachoeira. As águas do rio vão correndo, correndo, fazendo curvas, desvios, meandros... Beijando os seios das planícies e coxas dos vales, as barrigas dos sopés dos morros até se darem, por inteiras, nos braços do oceano... Elas cantam a inconstância atrevida de seus movimentos sensuais, feiticeiros movimentos errantes em busca de um sonho chamado mar...”. (*O segredo das águas*. In *A dança dos girassóis*. Cuiabá: Usina de Projetos, 2004).

Apesar... Das trilhas extraviadas, gaiolas retorcidas, olhares caçadores, laços dos enganos, armadilhas e trapaças, medonhas labaredas, ninhos desmontados, sonhos humanos vendidos na era das ventanias... As aves ainda cantam! (*Apesar*. In *As Aves e os poetas ainda cantam*. Cuiabá: Carlini & Caniato Editorial, 2014).

“Sou um certo homem da América! Trago em meu corpo tenso, a marca dos chicotes dos poderosos e das mordidas das traições... por onde passo, indago angustiado: quem sou eu? Quem somos nós? Sou um certo homem da América! Caminhante sem caminho... Sonhador da liberdade”. (*Um certo homem da América II*. In *Cantos da Terra do Sol*, década de 1990).

RESUMO

Este trabalho apresenta dois ensaios sobre a temática da água. O primeiro ensaio se propõe a obter a demanda residencial de água sob uma estrutura tarifária de preços crescentes em bloco (IBP), para as capitais de Mato Grosso e de Pernambuco para 2008. O método aplicado é o do *Modelo Estrutural de Escolha Discreta Contínua* (DCC), com a função de verossimilhança. Contrapõe-se ao uso dos métodos econométricos dos Mínimos Quadrados Ordinários e o de Variáveis Instrumentais, por estes apresentarem limitações no que tange à endogeneidade dos preços, da simultaneidade entre preço pago e quantidade consumida, dentre outras. Os resultados mostraram consistência no grau obtido na elasticidade preço da demanda igual à unidade para Cuiabá, embora para Recife não, pois o coeficiente obtido foi maior que a unidade; porém, embora não consistente com a teoria, o é frente aos resultados obtidos por autores que aplicaram o DCC. Alguns indícios podem explicar tal resultado, como o uso alternativo de outras fontes de captação de água fora da rede de distribuição oficial. Já quanto à elasticidade renda da demanda, os resultados coincidem com as pesquisas internacionais, confirmando a água como um bem normal, renda-inelástica, para Cuiabá, $E_{RD} = 0,17$ e para Recife, $E_{RD} = 0,25$. A conclusão deste ensaio é que o uso do modelo DCC permitiu obter a demanda residencial de água e suas respectivas elasticidades para ambas as capitais, e também constatar que nelas o consumo médio mensal de água é distinto por níveis de concentração nas faixas de consumo, cada uma respondendo de modo particular aos preços. Nesse cenário, a adoção de preços marginais em bloco para a água pode ser uma política relativamente eficaz para promover usos mais sustentáveis dos recursos hídricos. Já o segundo ensaio trata dos serviços de abastecimento de água em Mato Grosso, único estado do país a promover a municipalização plena desses serviços, com a extinção da Companhia de Saneamento do Estado – SANEMAT, em dezembro de 2000. O propósito é averiguar os efeitos da Lei Estadual nº 7.358/00 sobre a situação do abastecimento hídrico sem a companhia estadual. Aplicando a metodologia apresentada por Abadie et al. (2010), irá recorrer a um controle sintético para representar um contrafactual para Mato Grosso, na construção de um grupo de comparação o mais semelhante possível ao grupo de tratamento antes da aplicação da lei, durante o período de 1998 a 2010. Os resultados evidenciaram que a mudança de política pública implementada em MT durante o período, sob a ótica dos benefícios à população atendida com abastecimento de água, obteve um crescimento do que proporcionalmente menor na comparação com o Mato Grosso Sintético. A conclusão é que há fortes indícios que esta não foi a mais adequada decisão de mudança política para o setor no estado de Mato Grosso, com a variável predita apresentando crescimento no abastecimento de água à população, pós-intervenção, abaixo do experimentado pelos demais estados de controle sintético, cuja expansão foi maior em 59,47%.

Palavras-chave: Demanda de água. Preços não lineares. Modelos DCC e Controle Sintético. Elasticidades. Municipalização plena.

ABSTRACT

This paper presents two essays on the theme of water. The first essay aims to get the residential water demand under a tariff structure rising block prices (IBP) to the Mato Grosso capital and Pernambuco in 2008. The method applied is the Structural Model of Discrete Choice Continuous (DCC) with the likelihood function. Is opposed to the use of econometric methods of OLS and the instrumental variables, for they present limitations regarding the endogeneity of prices, the simultaneity between price paid and amount consumed, among others. The results showed consistency in the degree obtained in the price elasticity of demand equal to the unit for Cuiabá, although for Recife no, because the coefficient obtained was greater than unity; However, although not consistent with the theory, it is compared to the results obtained by authors who applied the DCC. Some evidence may explain such an outcome, such as the alternative use of other sources of water abstraction outside the official distribution network. As for income elasticity of demand, the results coincide with international surveys, confirming water as a normal, income-inelastic good for Cuiabá, $E_{RD} = 0.17$ and for Recife, $E_{RD} = 0.25$. The conclusion of this essay is that the use of the DCC model allowed to obtain the residential demand of water and its respective elasticities for both capitals, and also to verify that in them the average monthly consumption of water is distinguished by levels of concentration in the consumption bands, each one responding in particular to prices. In this scenario, the adoption of marginal water block prices for water can be a relatively effective policy to promote more sustainable uses of water resources. The second essay deals with water supply services in Mato Grosso, the only state in the country to promote the full municipalization of these services, with the extinction of the State Sanitation Company – SANEMAT in December 2000. The purpose is to investigate the effects Of State Law 7.358 / 00 on the situation of water supply without the state company. Applying the methodology presented by Abadie et al. (2010), will use a synthetic control to represent a counterfactual for Mato Grosso, in the construction of a comparison group as similar as possible to the treatment group before law enforcement during the period from 1998 to 2010. The results showed that the public policy change implemented in MT during the period, from the perspective of the benefits to the population served with water supply, obtained a growth of that proportionally smaller in comparison with the Mato Grosso Synthetic. The conclusion is that there is strong evidence that this was not the most appropriate policy change decision for the sector in the state of Mato Grosso, with the predicted variable presenting a growth in water supply to the population, post-intervention, below that experienced by the other states of synthetic control, whose expansion was greater in 59.47%.

Keywords: Water demand. Nonlinear prices. DCC models and Synthetic Control. Elasticities. Full municipalization.

LISTA DE FIGURAS

ENSAIO I

Figura 1. Disponibilidade hídrica per capita aplicada ao País	15
Figura 2. Estrutura de preços crescentes em bloco (IBP) de três camadas.	33
Figura 3. Restrição de renda mediante preço crescente em dois blocos	34
Figura 4: Maximização da utilidade sob uma estrutura crescente de preços em bloco de dois segmentos	35
Figura 5: Distribuição do erro heterogêneo $f(\eta)$ e o consumo de água (W)	40
Quadro 01: Variáveis selecionadas para o Modelo de Escolha Discreto-contínua (DCC) e siglas aplicadas ao GRETL .	43

ENSAIO II

Quadro 01: Variáveis selecionadas como possíveis controles do Modelo de CS – o caso de MT	68
Figura 1: Média dos indicadores de gestão do abastecimento de água em MT e nos “Outros Estados” – 1998 a 2010	71
Figura 2: Comportamento dos indicadores de gestão do abastecimento de água em Mato Grosso e Mato Grosso Sintético – 1998 a 2010	73
Figura 3: Diferença entre o Comportamento da variável predita como indicadora de gestão do serviço de abastecimento de água em Mato Grosso e Mato Grosso Sintético – 1998 a 2010 .	75
Figura 4: Comportamento dos indicadores do abastecimento de água em Mato Grosso e Mato Grosso Sintético / variáveis alternativas – 1998 a 2010	75
Figura 5 – Diferença entre os indicadores dos serviços de abastecimento de água dos estados e de seus respectivos controles sintéticos – 1998 a 2010	77
Figura 6 – Diferença entre os indicadores de gestão do saneamento básico dos estados e de seus melhores controles sintéticos – 1998 a 2010 .	78

LISTA DE TABELAS

ENSAIO I

Tabela 1: Esquema de fixação de preços crescentes em bloco.....	36
Tabela 2: Estrutura tarifária de Cuiabá-MT e Recife-PE, em 2008.....	42
Tabela 3: Distribuição da variável quantidade consumida de água – Cuiabá e Recife, 2008-2009	44
Tabela 4: Distribuição da quantidade de moradores por tamanho de domicílios por nível de consumo de água para Cuiabá – MT, 2008-2009.	45
Tabela 5: Distribuição de quantidade de moradores por tamanho de domicílios por nível de consumo de água para Recife – PE, 2008-2009.....	46
Tabela 6: Estimação da função demanda de água pelo Modelo DCC para Cuiabá-MT e para Recife – PE, por máxima verossimilhança. Modelo A– função com intercepto	50

ENSAIO II

Tabela 1: Peso das Unidades da Federação no Controle Sintético de Mato Grosso (MTS).....	72
Tabela 2: Balanço dos preditores para Mato Grosso (MT) e Mato Grosso Sintético (MTS).....	72
Tabela 3: Diferença do comportamento da variável predita (Y) entre o estado tratado (MTR) e o estado sintético (MTS) – médias ponderadas linearizadas – 1998 a 2010	74
Tabela 4 – Descrição do erro quadrado médio do estimador (EQME) para os estados candidatos a controle sintético de MT – período 1998 – 2000.	78

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1: Ensaio 1 – Demanda Residencial Urbana De Água Sob Uma Estrutura De Preços Não Lineares Para Recife-PE e Cuiabá-MT	
1.1 Introdução.....	12
1.2 Disponibilidade hídrica de Recife e de Cuiabá.....	14
1.3 Demanda residencial urbana de água e elasticidades: estados da arte.....	16
1.3.1 Estimação da demanda residencial da água no Brasil.....	28
1.4 Procedimentos metodológicos e base de dados.....	30
1.4.1 O modelo estrutural de escolha discreto-contínua (DCC) – especificação econométrica do modelo de preços em bloco.....	30
1.4.2 Dados – descrição e estatísticas.....	42
1.5 Resultados empíricos.....	46
1.5.1 Resultados para Cuiabá – MT e para Recife – PE.....	46
1.6 Considerações finais.	51
CAPÍTULO 2: Ensaio 2 – Municipalização Plena Dos Serviços De Abastecimento De Água Em Mato Grosso: Efeitos Da Mudança De Política Pública.	
2.1 Introdução.....	54
2.2 O ordenamento jurídico do setor de saneamento básico no Brasil.....	56
2.3 O saneamento básico no Brasil e a extinção da SANEMAT.....	59
2.4 Procedimentos metodológicos e base de dados.....	62
2.5 Efeitos da municipalização plena dos serviços de abastecimento de água em MT: resultados observados.....	70
2.5.1 Tendências de trajetórias observadas em outra variável como predita.....	75
2.5.2 Inferência estatística – robustez dos resultados obtidos.....	76
2.6 Considerações finais.	78
CONCLUSÕES GERAIS.....	82
REFERÊNCIAS.	86
APÊNDICE A – PRIMEIRO ENSAIO.....	92

INTRODUÇÃO

Esta tese tem como tema a água que será abordada em dois ensaios. No primeiro deles, o propósito será o da análise da demanda residencial de água e suas elasticidades preço e renda, em duas capitais brasileiras – Recife e Cuiabá. Já no segundo ensaio, o foco já será o de avaliar a municipalização plena dos serviços de abastecimento de água em Mato Grosso, com os efeitos desencadeados por mudança de política pública para com esse serviço.

Ela está dividida em cinco seções, incluindo esta introdução, dois capítulos, nos quais estão inclusos cada um dos ensaios, as considerações finais do trabalho, bem como as referências que compuseram o arcabouço teórico de cada estudo. Adicionalmente, segue-se o apêndice, pertinente ao primeiro ensaio, contendo a programação do modelo aplicado na estimação da demanda proposta. Cada ensaio contém suas especificações teóricas, uma modelagem econométrica distinta para cada ensaio, tratamento empírico e resultados respectivos, bem como suas conclusões pertinentes.

CAPÍTULO 1 – ENSAIO I

DEMANDA RESIDENCIAL URBANA DE ÁGUA SOB UMA ESTRUTURA DE PREÇOS NÃO LINEARES PARA RECIFE-PE E CUIABÁ-MT.

1.1 INTRODUÇÃO

Por ser a água um bem contemporaneamente escasso, de disponibilidade finita e gerador de conflitos para seu acesso, é oportuno o estudo acerca de sua alocação, particularmente por ser um bem fundamental às necessidades humanas, que envolve várias externalidades positivas em seu consumo, tais como a manutenção da vida via dessedentação humana e animal, o asseio pessoal e limpeza de espaços públicos e residenciais, e também como matéria prima para a fabricação de bebidas em geral, desinfetantes, dentre outros. Adicionalmente, num país onde a matriz energética assenta-se em hidrelétricas, a questão também transcende para o fornecimento de energia para a população. Nesse contexto, estudar a demanda residencial urbana de água nas capitais de dois estados, configura-se no desafio desta pesquisa.

Ao se admitir que a demanda residencial urbana de água nas capitais é indicador de usos regionais mais ou menos intensivos do recurso, também se admite que seu estudo seja uma importante ferramenta para se evitar a escassez e instruir políticas públicas de sustentabilidade do recurso e gestão eficiente.

No bojo da estruturação operacional e organizacional do saneamento básico no Brasil, a política de tarifação da água de uso residencial, aplicada pelas concessionárias, baseia-se em dois sistemas, o da Tarifa Social e o do sistema de preços crescentes em bloco, por quantidade consumida de água. No primeiro, é instituído um preço único, aplicado até um dado nível de consumo máximo¹, visando atender às populações de interesse social para garantir a universalização do acesso ao abastecimento para toda população do país, conforme apregoa a legislação nacional sobre recursos hídricos de 2007. Já no sistema de preços crescentes, aplicado aos demais níveis de consumo, há uma relação entre consumo e tarifa, no qual um maior nível de consumo leva a níveis crescentes de tarifas correspondentes.

Assim, eclode a questão de quais seriam os determinantes do uso urbano residencial da água no Brasil, diante da escassez do recurso. E, além disso, e de forma subsidiária, surge o

¹ 10 m³ para algumas capitais e 15 m³ para outras.

questionamento sobre se a discriminação de preços nas estruturas tarifárias residenciais de água confere usos mais eficientes e sustentáveis.

Nesse cenário, esta pesquisa busca avaliar a demanda residencial de água em duas capitais do Brasil – Recife-PE e Cuiabá-MT. A escolha dessas duas capitais deveu-se porque ambas possuíam, em 2008, uma segmentação de estrutura tarifária assemelhada. Outro fundamental destaque foi a identificação de que essas capitais se inseriam em regiões que possuem um índice de disponibilidade hídrica de classificação extremamente crítica² ($IDH_{idr} > 7$), conforme Conejo et al. (2009). Essa semelhança estimulou o estudo comparativo nessas duas capitais.

Para a estimação proposta, utilizar-se-á o *Modelo Estrutural de Escolha Discreta Contínua* (DCC), com a função de verossimilhança. Serão utilizados na análise, somente os domicílios com incidência de tarifas não lineares em suas contas de uso da água, cuja variável dependente é quantidade consumida de água domiciliar e as variáveis explicativas selecionadas são as socioeconômicas e também as ambientais.

A partir dessa função demanda é possível determinar: (a) elasticidade-preço e renda; (b) a elasticidade da probabilidade que uma família identificaria em cada torção possível ao longo de sua restrição orçamentária, entre os blocos de preços aplicados³; e (c) um efeito-renda secundário, oriundo dos subsídios inframarginais obtidos de mudanças de preços.

Assim, o objetivo geral será o de estimar a função demanda residencial da água e suas elasticidades, com uso de estruturas de preços crescentes em bloco.

A hipótese considerada foi a de que a estrutura tarifária de preços em bloco e as variáveis socioambientais é que determinam as elasticidades da demanda em Cuiabá e Recife.

A base de dados que fundamenta o trabalho foi obtida através de informações colhidas em três fontes distintas: a POF-IBGE 2008-2009 (BRASIL, 2010) para informações sobre renda, características dos domicílios, e quantidade consumida de água⁴; nas agências distribuidoras de água potável, Companhia pernambucana de saneamento (COMPESA) e Companhia de saneamento da capital (SANECAP), que forneceram a estrutura tarifária aplicada em 2008, para Recife e Cuiabá, respectivamente; e, finalmente, informações

² Tal dado sobre Cuiabá é surpreendente, tendo em vista que o Estado de Mato Grosso é classificado como o terceiro do país em potencial hídrico (km^3/ano), atrás apenas de AM e PA, e o quinto em disponibilidade hídrica ($\text{m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$), após RO, AM, AP, AC e MT (BRANCO, 2006).

³ Ponto de torção ou de quina é aquele que se situa no intervalo entre um bloco e outro de preço/quantidade de consumo. Para analisar modelos matriciais de demanda por bloco de preços crescentes, aferem-se como as probabilidades da escolha – de mudança ou permanência em cada bloco – afetam a expansão ou não dessa demanda. Isso é medido em quantidades consumidas e expressas na elasticidade que mede a contribuição relativa de cada matriz de um bloco de preço em relação à demanda total de água.

⁴ Esses dados foram ponderados pelos pesos respectivos.

ambientais no Instituto Nacional de Meteorologia / Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET-BDMEP).

Este ensaio está dividido em oito seções. A primeira será a da introdução, enquanto a segunda seção tratará das condições hídricas das regiões estudadas. Já a terceira apresentará os estados da arte sobre a estimação da demanda residencial urbana de água e as elasticidades. A quarta seção mostrará os procedimentos metodológicos e a base de dados, apresentando a especificação econométrica do modelo estrutural de escolha discreto-contínua (DCC), mediante preços não lineares, além da descrição e estatísticas dos dados. A quinta seção os resultados empíricos obtidos serão apresentados. Na sexta seção, as considerações finais deste estudo, logo seguida pela sétima seção, com as referências, indicando as obras do arcabouço teórico que subsidiou a construção do trabalho. Por fim, a oitava seção, constituída pelo apêndice.

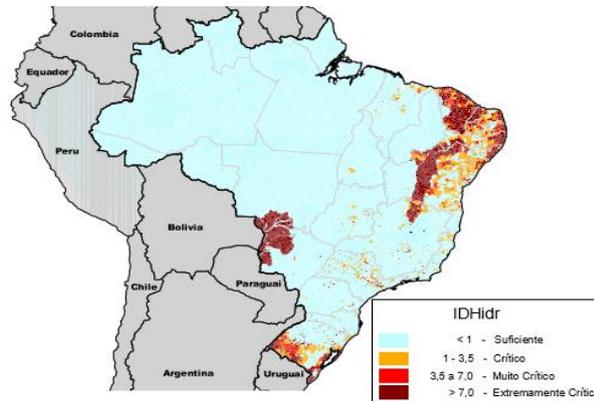
1.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE RECIFE E DE CUIABÁ

Conejo et all. (2009) propõem um novo indicador de disponibilidade hídrica (IDH_{idr}) que expressasse a situação de disponibilidade ou escassez hídrica de uma dada região estudada. Seu diferencial seria o de ser capaz de considerar tanto as vazões, com nível de permanência de 95%, bem como os níveis do aproveitamento econômico ou da exploração⁵ de água nas bacias hidrográficas. Ou seja, se basearia na relação entre as retiradas de água, destinadas a distintos usos, e a disponibilidade hídrica de um dado local numa determinada bacia. Isso permitiria evidenciar as áreas de conflito hídrico no Brasil e suas necessidades de gestão.

Um dado de destaque dessa pesquisa, desenvolvida por esses pesquisadores da Agência Nacional de Águas (ANA), foi identificar que Cuiabá e Recife se inserem em regiões que possuem um índice de disponibilidade hídrica ($IDH_{idr} > 7$), na classe 4, de classificação extremamente crítica, conforme mostrado pela Figura 1, a seguir:

⁵ Termo técnico utilizado pelas geociências, que se refere à extração, prospecção, retirada de recursos naturais na maioria não renováveis, visando seu beneficiamento, transformação industrial, ou seja, seus usos econômicos.

Figura 1. Disponibilidade hídrica per capita aplicada ao País



Fonte: Conejo et all. , 2009, p. 13.

Este índice obtido indica que o consumo é superior à disponibilidade hídrica da bacia, ou seja, mesmo que se faça o reuso da água, esta não é suficiente para as demandas locais, de tal modo que a região dependerá de outras fontes hídricas, implicando em importação de água de outras bacias e acesso à água subterrânea. Nesse cenário, a gestão de recursos hídricos nessas regiões é questão vital (CONEJO ET ALL. 2009).

Conforme Conejo et al. (2009, pp. 10, 11), em 2005 a maioria dos estados brasileiros registraram diversos municípios enfrentando dificuldades em virtude de estiagem e secas. Todavia, a maior parte destes municípios afetados concentrou-se nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Goiás e Rio Grande do Sul. E é justamente durante esses períodos de estiagem que se dão as crises de escassez de água, ocorrendo uma franca redução na vazão fluvial. Para estes autores, os estados mais críticos no país, quanto aos níveis de disponibilidade hídrica são Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco – onde se insere Recife, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Esta situação pôde ser constatada durante a grave crise hídrica enfrentada principalmente pelo estado de São Paulo durante os anos de 2014 e 2015.

Conejo et all. (2009, p. 14) esclarecem ainda que, quanto à disponibilidade hídrica, tanto Mato Grosso quanto Mato Grosso do Sul não enfrentam problemas de escassez. Contudo, a região do Pantanal Mato-grossense é uma região crítica, posto que, nesta planície da bacia do Alto Paraguai, a evaporação é equivalente à precipitação média anual – isto implica que não haveria ali produção líquida de água. A oferta de águas ocorre por que a variação do nível das águas do rio Paraguai alimenta a planície pantaneira, qual se fora um extenso reservatório natural.

Este enfoque explica-se apenas e tão somente em função da baixa vazão natural da região do Pantanal mato-grossense, situado numa área de planície da região hidrográfica do

Paraguai – na qual, pela sua ocupação rarefeita, raros são os registros de conflitos pelo uso da água, conforme é registrado pela ANA (2005, p. 91) que destaca que, mesmo diante da baixa declividade característica dessa região, essa reduzida disponibilidade natural seria *compensada pela presença de água nos cursos d'água e lagos, originária da drenagem das cabeceiras úmidas dos rios do Pantanal*.

Tal dado sobre Cuiabá é surpreendente, tendo em vista que o Estado de Mato Grosso é classificado como o terceiro do país em potencial hídrico (km^3/ano), após AM e PA, e o quinto em disponibilidade hídrica ($\text{m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$), após RO, AM, AP, AC e MT (BRANCO, 2006). Contudo, de acordo com o indicador apresentado por Conejo et al. (2009), a região do Pantanal Mato-grossense, onde Cuiabá está inserida, compreende uma área cujo IDH_{IDR} se assemelha às condições extremamente críticas da região Nordeste, onde Recife se situa, conforme demonstrado na Figura 1. Essa similitude estimulou o estudo comparativo da demanda de água de uso urbano nessas duas capitais.

1.3 DEMANDA RESIDENCIAL URBANA DE ÁGUA E ELASTICIDADES: ESTADOS DA ARTE

Arbués et al. (2003) ponderam que Marshall⁶ já destacava a importância da água como fator determinante do funcionamento, localização e expansão das cidades. E afirmam ainda que o seu preço é o instrumento fundamental para controlar a demanda, reconhecendo que estudá-lo é crucial para nortear as políticas públicas no horizonte de planejamento.

Johansson (2000) afirma que existem, na literatura, inúmeros métodos de precificação da água dentre os que buscam um preço ótimo (*first best*), ou mesmo o melhor preço possível (*second best*). Os primeiros são tidos como Pareto-eficientes, enquanto os segundos são determinados quando existem restrições, como a de conferir maior equidade distributiva à sociedade, por exemplo.

Faz-se necessário pontuar que todas as formas de preços, comumente aplicados e analisados na literatura, se referem a preços determinados sobre a *provisão de água*, sem que seja estimado o valor da água bruta, disponível na natureza, ou seja, o valor ambiental do

⁶ Alfred Marshall (1842 – 1924), inglês, foi um dos mais importantes pensadores da ciência econômica. Foi o economista responsável por elaborar a síntese neoclássica, conferindo-lhe formalização matemática e noção temporal, ao publicar em 1890 os *Principles of Economics*. Foi ele quem criou o primeiro curso de Economia no mundo e, com isso, a profissão de economista, no âmbito científico e acadêmico. Maiores informações disponíveis em: <https://visaoeconomica.wordpress.com/2010/06/11/as-contribuicoes-de-marshall/>.

recurso (FARIA e NOGUEIRA, 2004). O pagamento por serviços ambientais, embora teoricamente possível, não se dá pela dificuldade de se isolar os distintos serviços fornecidos por uma dada área geradora do recurso ambiental (CARLEIAL, e CRUZ, 2010). A atribuição do preço de provisão da água observa o princípio da recuperação dos custos, garantindo a sustentabilidade econômico-financeira das concessionárias. Os custos referem-se à captação e à distribuição da água (FARIA e NOGUEIRA, 2004).

Há que se considerar, entretanto, o aspecto distributivo dos recursos hídricos, que pressupõe sua alocação entre as regiões e as categorias de renda da população. A locação da água de forma equitativa é um pressuposto de modo a garantir justiça social, conforme estabelecido na Lei das Águas, nº 9.433 de 1997. Neste sentido, as políticas de preços devem assegurar a equidade, como a concessão de subsídios ou a adoção de preços escalonados por faixas de consumo e/ou renda (FARIA e NOGUEIRA, 2004, p. 191). A OECD⁷ destaca que os preços, além de instrumentos para obtenção de maior eficiência alocativa, são também instrumentos para se atingir os objetivos de equidade, saúde pública, eficiência ambiental, estabilidade financeira, transparência (ARBUÉS ET AL., 2003).

Para a teoria econômica, um dos métodos mais tradicionais de precificação consiste em defini-lo igual ao custo marginal, o que garantiria uma alocação eficiente no sentido de Pareto. Todavia, como alertam Faria e Nogueira (2004, p. 194), as restrições de distribuição equitativa não seriam observadas neste caso. Isso porque, explicam, particularidades no setor carrearam alterações na alocação de recursos que impulsionaram um deslocamento do contexto do *first-best* para o de *second-best*. Sugerem que os métodos de precificação deveriam incluir restrições como a de manter equilíbrio orçamentário no sistema de provisão hídrica, observar questões de sazonalidade, escassez, externalidades negativas, qual a poluição, e a equidade. Mas admitem que tais restrições impulsionaram a incorporação de outros métodos de tarifação (FARIA E NOGUEIRA, 2004, p. 194).

No contexto *do second best*, é possível definir uma estrutura de precificação incidente sobre o consumo residencial da água considerando tarifas em bloco, ou de preços não lineares. Olmstead, Hanemann & Stavins (2007, p. 182), ao investigarem a demanda de água em domicílios norte-americanos, observaram que estas são sensíveis a mudanças nos preços da água, implicando em elasticidade preço da demanda (E_{PD}) como uma função da estrutura de preços. Estes autores trabalham com três formas de estruturação de preços da água residencial urbana:

⁷ Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento.

(a) *preço marginal uniforme* (PMU) – em que as famílias pagam um preço marginal único volumétrico em todos os níveis de consumo; (b) *Increasing block price* (IBP) – cobrança de preços marginais mais elevados para maiores quantidades consumidas, resultando em uma função de abastecimento de água que se assemelha a uma escada ascendente da esquerda para a direita; (c) *Decreasing block price* (DBP) – estruturas de preços em bloco decrescentes são dispostas na direção oposta (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 182-183).

Em uma estrutura de mercado de monopólio natural, como é o caso da água, tem-se que o apreçamento uniforme não tem caráter discriminatório, o que para o monopolista se caracteriza como uma ineficiência. Alternativamente, o monopolista pode aplicar a discriminação de preços – vendendo unidades adicionais a preços maiores que o custo marginal (CM_G) a quem estivesse disposto a pagar para obter maiores quantidades para consumo residencial, por exemplo.

As concessionárias do serviço almejam a maximização do lucro, com aplicação de preços eficientes, superiores ao custo marginal. Por outro lado, entretanto, a regulação do setor, que prevê que os princípios de equidade sejam garantidos, impõe a aplicação da tarifa social às populações de interesse social, conforme assegurado pela Lei Federal nº 11.445, de 2007, devido ao caráter de essencialidade da água para a vida. Assim, a ocorrência de uma tarifação social com preços uniformes, lineares, cumpre a prerrogativa de justiça social como garantia legal, para a população de uma determinada faixa de renda.

Nesse contexto, a partir dessa faixa social de consumo, pode-se argumentar que é factível aumentar o bem estar social ao se passar de uma tarifa uniforme para uma estrutura tarifária não linear, conforme discutido por Nogueira e Cavalcanti (1996), ao tratarem da determinação de tarifas em empresas de utilidade pública. Ou seja, parte-se de uma tarifa uniforme inicial para a tarifação em bloco, conforme níveis de consumo, ou seja, para *tarifas multipartes*, constituídas por um número n finito de blocos tarifários, com $n \geq 2$, em que cada bloco tarifário seria composto de um encargo fixo E , comum a todos os blocos, e pelo menos um preço p , que variaria com a quantidade adquirida q . (NOGUEIRA e CAVALCANTI, 1996, p. 336).

A determinação dessa tarifa se daria, segundo os autores, com o cálculo dos preços pertinentes a cada bloco de consumo, a partir do custo marginal associado a cada um dos blocos, de tal modo que os custos totais pudessem ser totalmente cobertos com o estabelecimento de encargos fixos para tal fim. O intuito seria permitir que a empresa conseguisse cobrar dos consumidores uma tarifa de acordo com seus perfis de consumo. Nogueira e Cavalcanti (1996) argumentam que estas tarifas multipartes, embora enfrentem o

problema de assimetria de informação, ao aplicarem a discriminação de preços por níveis de consumo, minimizam essa assimetria. E, adicionalmente, estas estruturas tarifárias atendem melhor à questão distributiva de recursos hídricos à sociedade.

Desse modo, a estrutura tarifária IBP ou DBP implica numa sequência de preços marginais para diferentes blocos de consumo. Tratando das vantagens e desvantagens de cada uma dessas estruturas tarifárias, Arbués et al. (2003, p. 82) explicam que, sob a ótica da eficiência, um regime tarifário decrescente (DBP) poderia ser preferível⁸, enquanto um IBP seria mais eficaz na moderação do uso da água. Contudo, por um lado, a tarifa DBP poderia estimular uso excessivo, posto que as unidades adicionais se tornariam marginalmente mais baratas. Por outro lado, destacam que as tarifas IBP's seriam equitativas e francamente redistributivas (MADDOCK E CASTAÑO, 1991. Apud ARBUÉS ET AL., 2003), contudo, IBP's não poderiam garantir a equidade em países em desenvolvimento, tanto por nestes existirem elevada densidade populacional nas habitações, como por poderem afetar negativamente grupos vulneráveis, como usuários que, eventualmente, demandem uso intensivo de água por questões de saúde, por exemplo, (ARBUÉS ET AL., 2003, p. 82).

Com o propósito de apresentar um caso real de adoção desse sistema de tarifação em bloco no Brasil, tem-se o estudo de Ruijs et al. (2008). Estes autores, ao examinarem um modelo de precificação em bloco aplicado à Região Metropolitana de São Paulo⁹, que sofre anualmente com escassez de água, afirmam que a concessionária estadual adota um sistema de preços em bloco regressivo-progressivo combinado, no qual do segundo para o quinto bloco de consumo, os preços da água vão aumentando progressiva e gradualmente. Para o primeiro bloco, entretanto, (até 10 m³ para São Paulo-capital)¹⁰ a tarifa é fixa, independentemente do quanto seja consumido, ou seja, aplicam a precificação multipartes.

Neste primeiro bloco, o preço convertido por metro cúbico é mais elevado do que para os outros blocos, a fim de garantir um nível mínimo de receitas para a concessionária, de modo a cobrir seus custos fixos. Neste nível de cobrança, atendem ao princípio de recuperação dos custos de captação e de distribuição. Outro aspecto observado é que também há distinção para as tarifas de água nos diferentes blocos para os demais usos hídricos – quer

⁸ Os preços de Ramsey, caso se suponha que cada bloco represente um diferente bem e que a demanda seja mais inelástica no primeiro bloco do que nos blocos subsequentes, o preço ótimo implicaria preços mais altos no primeiro bloco que nos blocos posteriores, bem como esse preço ótimo seria inversamente relacionado com a elasticidade-preço de demanda (NOGUEIRA e CAVALCANTI, 1996, p. 332-333).

⁹ Que tem sua distribuição com tendência de racionamento sob a responsabilidade da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S. A. (SABESP).

¹⁰ Para outras cidades, o primeiro bloco de tarifa pode chegar a até 15 m³ de nível de consumo.

comercial, industrial, agrícola ou residencial. A discriminação de preços é então feita por setores de uso, por classe de renda e por faixas de consumo.

Hajispyrou et al. (2002) elucidam que a estrutura de preços crescentes em bloco, adotada na maioria dos países ocidentais, apresenta efeitos ambíguos. Eles consideram que o sistema, apesar de ser progressivo, é ineficiente, no tocante a incluir distorções de preços, gerando perda por peso morto (DWL)¹¹ – que é a perda de bem estar da sociedade dada pela diferença entre a redução no excedente do consumidor e o aumento no excedente do produtor, diante da ocorrência de um monopólio aplicando discriminação de preços. Este cálculo é importante por mensurar a perda monetária sofrida por uma dada sociedade em decorrência do poder de mercado de uma empresa monopolista.

A partir da análise da estrutura de preços em bloco, é possível então estimar funções de demanda, aplicada à estrutura tarifária da água nas capitais em foco, tendo em vista que esse modelo de precificação é o adotado no caso brasileiro. Estimadas as demandas, poderão surgir reflexões acerca dos efeitos das políticas de precificação no país quanto à eficiência e ao bem estar.

No tocante à estimação da demanda da água, Melo e Jorge Neto (2005) apontam a importância da estimação de sua função para a implementação de políticas públicas concernentes à regulação, modernização e ampliação do setor de saneamento básico de água e esgoto para o Brasil, posto que ela permite a obtenção da disposição a pagar do consumidor a partir de seu perfil socioeconômico, e a avaliação do hiato entre o custo econômico (a tarifa) e a disposição a pagar (DAP) para cada nível demandado pelo consumidor. Melo e Jorge Neto (2005, p.2) explicam que uma aplicação dessa análise é a de constatar se é ou não necessária a aplicação de subsídios ou de preços discriminatórios para determinados extratos da população, cuja DAP esteja abaixo do custo médio de provisão da água.

É possível classificar os estudos sobre estimação da demanda residencial da água de formas distintas, posto existir polêmicas acerca da abordagem metodológica para sua determinação.

Conforme apresentado por Amaral e Shirota (2001), os trabalhos pioneiros testaram a hipótese da inelasticidade-preço da demanda de água residencial. Tais trabalhos reportam à década de setenta, focados em determinar quais variáveis eram relevantes para explicar sua demanda.

¹¹ Em inglês, Deadweight Loss.

Parte da polêmica discutida na literatura refere-se à especificação da função demanda da água sob os preços não lineares, ou seja, sob uma estrutura tarifária em bloco, na qual, para o primeiro bloco, se adotaria a cobrança do serviço de provisão de água em uma tarifa única, fixa, para os primeiros 10 m³ de consumo de água residencial. Nesse bloco, todos pagariam pelo consumo máximo do bloco, tendo então uma conta única, inclusive para aqueles que consomem menos do limite.

Porém, esse sistema fere a teoria do consumidor, na medida em que qualquer nível de consumo abaixo do máximo não seria racional, conforme destacado por Amaral e Shirota (2001), já que ainda impõe um custo adicional para consumo na faixa de baixa renda e estimula o aumento do consumo – se o valor cobrado é único, independentemente do nível consumido, caso o consumidor não consuma o nível máximo definido pela concessionária (que pode ser de 10 ou 15 m³), ele assumirá um custo adicional na sua conta, pois pagaria além do que efetivamente consumiu. Em última instância, pelo princípio teórico da racionalidade econômica – esse consumidor, no próximo período, ampliaria seu nível de consumo até o teto permitido.

Assim, para se especificar a função demanda da água sob as tarifas multipartes, ou preços combinados entre lineares e os não lineares, a polêmica na literatura centrou-se na seleção de qual variável seria relevante para representar tal preço – se o custo marginal ou o custo médio de provisão. Melo e Jorge Neto (2005) esclarecem que foram Howe e Linaweaver, em 1967, quem utilizaram argumentos persuasivos da literatura econômica para, a partir de então, se empregar o custo marginal como a variável relevante para a decisão do consumidor (HOWE & LINAWEAVER, 1967, apud MELO E JORGE NETO, 2005, p. 5)

Todavia, o método de precificação pelo custo médio – também denominado de regulação por custo dos serviços ou mecanismo de alocação pública de água –, ainda aplicado, tem caráter controverso. Se por um lado apresenta a vantagem de permitir a recuperação dos custos e de ser de fácil implementação, por outro lado apresenta desvantagens – é incapaz de gerar uma alocação eficiente dos recursos hídricos, como elucidam Faria e Nogueira (2004, p. 193).

Melo e Jorge Neto (2005) explicam que essa polêmica foi a responsável pela discussão sobre a escolha das técnicas econométricas que melhor espelhassem as especificidades do uso de preços não lineares, como o problema da endogeneidade da variável preço.

Já em 1975, Taylor alertava que existiam problemas econométricos de simultaneidade entre preço pago e quantidade consumida e também que o preço médio apresentava

tendenciosidade, exatamente por ser, ao mesmo tempo, variável independente e como também um resultado da divisão da despesa pela quantidade consumida. (TAYLOR, 1975. APUD ANDRADE ET AL, 1996, p.430).

Adicionalmente, Ruijis et al. (2008) destacam que, infelizmente, a maioria dos estudos empíricos baseiam-se em macro dados, pois os dados de nível micro em geral não estão francamente disponíveis, isso porque requerem medição volumétrica dos blocos de consumo, cuja obtenção, aplicação e monitoramento compreendem custos mais elevados. Mas os microdados é que facultam o uso de painel com métodos de dados potentes, permitindo a contabilização das diferenças entre agregados em níveis de preço, (citando os trabalhos de Hewit e Hanemann, 1995; Pint, 1999; Arbués et al., 2004) e modelagem explícita da escolha do bloco de consumo (citando Hewit e Hanemann, 1995), conforme apresentado por Ruijis et al. (2008, p. 507). Assim, com os microdados de consumo por área (capitais), por setor de uso (residencial), por blocos de preços por nível de consumo (preço bloco 1, preço bloco2,..., preço bloco n), haveria a possibilidade que de que fossem agregados por estados, regiões ou país. Ou ainda, por setores de uso – comercial, industrial, residencial ou agrícola.

Dessa forma, frente aos dados disponíveis, Ruijis et al. (2008), assim como a maioria dos analíticos da demanda da água sob preços não lineares, concordam que essas duas questões metodológicas deveriam ser fundamentais: a opção pela escolha do uso de preços marginais ou médios¹² no processo de estimação; e o problema da simultaneidade entre preço e quantidade¹³. Já para Albués et al. (2003) apenas o preço marginal seria a variável única a ser incluída nas funções de demanda de água.

Ampliando essa questão, Andrade et al. (1996) também destacam o papel pioneiro de Taylor, em 1975, que além de confirmar a noção de que, na análise da demanda sob preços em bloco, o uso do preço marginal deveria ser preferencial sobre o do preço médio ou unitário, pelos pressupostos da teoria neoclássica que preceitua que os preços marginais são os mais eficientes, mas também porque haveria um efeito adicional até então não considerado. Traz à tona, assim, a importante questão do *efeito-renda* adjacente da mudança de preço que se dá quando o consumidor passa de um bloco de consumo para outro. E que essa variável diferença constituiria então, para casos de valores negativos – incidentes sobre o consumo sob o primeiro bloco de preços de água – qual um imposto cobrado ao consumidor; e para casos

¹² Em um sistema de preços de bloco, os preços médios e marginais são diferentes. Depende da forma como os consumidores são informados se eles respondem aos preços médios ou marginais ou aos preços defasados. (RUIJIS ET AL., 2008, p. 508).

¹³ A simultaneidade implicaria que uma das variáveis explicativas no modelo seria determinada pela variável explicada, isto é, uma variável 'x' influenciaria simultaneamente 'x' e 'y', implicando que x estaria correlacionado ao termo de erro.

de valores positivos – a partir do primeiro bloco de preços, qual um subsídio, podendo estimular incrementos de consumo de água (ANDRADE ET AL., 1996).

Em seus escritos, Ruijis et al. (2008) destacam que Nordin, em 1976, referendaria e complementaria esse novo enfoque apresentado por Taylor em 1975, sugerindo a adoção do preço marginal e de uma variável de diferença representando esse efeito renda. Essa diferença se daria entre o valor da conta cobrado ao preço marginal e o valor da conta cobrado ao usuário – conta de água real do consumidor – mas com valor oposto da magnitude do efeito renda. Como o valor do primeiro bloco, com propósitos de cobrir os custos financeiros da empresa, é sempre maior que o dos blocos subsequentes, ao mudar para outro bloco de consumo, o consumidor obteria um ganho adjacente: valor cobrado relativamente menor / efeito renda maior. Caso se mantenha estritamente no primeiro bloco, ele pagaria relativamente mais pelo consumo, cujo preço por m³/água é o mais alto dos blocos. (TAYLOR, 1975; NORDIN, 1976. APUD RUIJIS ET AL. 2008, p. 508).

Hewitt e Hanemann (1995) também ressaltaram o papel pioneiro de Taylor e Nordin que, ao tratarem da demanda da eletricidade, recorreram às técnicas econométricas das variáveis instrumentais e dos mínimos quadrados em dois e três estágios visando resolver os problemas de simultaneidade de preço, quantidade e diferença (TAYLOR, 1975; NORDIN, 1976. Apud HEWITT e HANEMANN, 1995)

Contudo, confrontando autores que advogam a aplicação do preço médio, Ruijis et al. (2008) esclarecem que essa abordagem da variável diferença não era recomendada por grande parte da literatura – como se constata em Foster e Beattie, 1979, 1981; Billings e Agthe, 1980; Howe, 1982; Jones e Morris, 1984; Chicoine e Ramamurthy, 1986; Nieswiadomy and Molina, 1989; Martins e Fortunato, 2007 (apud RUIJIS ET AL., 2008, p. 508). E as razões para essa contestação seriam as de que os consumidores estariam mal informados e que as variáveis de diferença apenas seriam uma ínfima fração da renda familiar; outra justificativa seria a de que o preço marginal só facultaria estimativas estatísticas superiores às obtidas com o preço médio, caso os consumidores estivessem bem informados sobre a estrutura tarifária. Contudo, devido aos custos de informação, a maioria dos consumidores nem se esforçaria em se manter informado sobre as (intra) mudanças de preços marginais e responderia tão somente ao preço médio. Outra argumentação é que, frente a atrasos nos pagamentos das contas de água, deveriam então ser usados preços médios defasados, ao invés de preços marginais e variáveis de diferença (RUIJIS ET AL., 2008, p. 508).

Além dessa questão da percepção do preço por parte do consumidor, destaca-se também a questão da especificação dos métodos econométricos mais adequados para a

demanda residencial por água de forma a enfrentar os problemas de simultaneidade da definição de preço e quantidade.

O uso preferencial de preços médios, apesar das evidências de ineficiência, dava-se para ser possível estimar a demanda e suas elasticidades, aplicando os modelos econométricos lineares, como o método dos mínimos quadrados. Essa estratégia era inadequada e expunha as fragilidades dos resultados assim obtidos. Seria necessária a busca por modelos mais consistentes que se aplicassem a preços não lineares, como os que efetivamente eram aplicados nas estruturas tarifárias das concessionárias de abastecimento de água.

Melo e Jorge Neto (2005) afirmam que, em 1996, Blomquist adotou um método distinto para tratar do problema da não linearidade, primeiramente fazendo a linearização das restrições orçamentárias (RO), para daí então aplicar a técnica dos MQO. Contudo, Melo e Jorge Neto (2005, p. 5) esclarecem que, mesmo assim, isso resultaria em um viés cujas estimativas não seriam consistentes, causado por erros de medição/otimização ou por heterogeneidade das preferências dos consumidores. Ou seja, poderiam ocorrer erros de falta de transcrição, falta de respostas ou mesmo por erros de cálculo – problema grave de viés de especificação. E que também poderiam existir fatores que determinariam a variável dependente, mas que, por não serem observáveis ou mesmo mensuráveis, não estariam sendo considerados na equação do conjunto de variáveis explicativas, implicando no problema de heterogeneidade (WOOLDRIDGE, 2010). Esse problema só seria resolvido com o uso de variáveis instrumentais (IV).

Para o caso do Brasil, o estudo pioneiro no uso de variáveis instrumentais (IV) na estimação da demanda da água foi o desenvolvido por Andrade et al. (1996). Eles utilizaram o Método *MacFadden*, que corresponde a uma variação do método das variáveis instrumentais, que era então recomendado para a resolução do problema do viés de simultaneidade resultante da tarifação em bloco.

Melo e Jorge Neto (2005) apontam que o avanço na sistematização definitiva de um método econométrico que solucionasse os problemas dos vieses observados na aplicação dos métodos tradicionais aplicados aos preços em bloco, não lineares, deu-se com o método desenvolvido por Burtless e Hausman, em 1978, e por Hausman, em 1985. A vantagem deste método seria porque nele se recorre a todas as restrições orçamentárias, tornando-as não lineares na maximização da utilidade, alterando assim o problema do consumidor – antes se linearizavam as restrições orçamentárias, mesmo com preços não lineares. Além do mais, esse método faculta incluir *um erro residual para representar a heterogeneidade das preferências dos consumidores*. Posteriormente, a formalização econométrica desse modelo seria feita em

1986, por Moffitt, que derivaria uma função de máxima verossimilhança para a estimação de funções de demanda submetidas a conjuntos orçamentários não lineares (de tipo convexo e não convexo), com dois segmentos lineares e um ponto de quebra (MELO e JORGE NETO, 2005, p. 5).

Assim, considerando esta como a melhor alternativa de modelagem, Melo e Jorge Neto (2005) aplicariam o modelo estrutural desenvolvido por Burtless e Hausman, como a mais adequada solução frente às estruturas tarifárias de preços em bloco. Eles empregam a técnica de máxima verossimilhança e constroem um *modelo de escolha discreto-contínua* (DCC) com flexibilidade suficiente para suportar agrupamentos de observações. O modelo inclui dois termos residuais em sua especificação estocástica – um deles para representar o tradicional erro de especificação e o outro que considera a preferência heterogênea dos consumidores – incluindo aí variáveis que não se restringem a preço e renda, como as variáveis demográficas e as socioambientais.

Apesar de todos estes critérios, os autores afirmam que não lograram êxito na estimação da elasticidade em relação à renda, frente à tendência de redução do consumo de água dentre os consumidores de maior poder aquisitivo, deixando para estudo posterior a averiguação de uma possível correlação positiva entre a E_{PD} e a renda do consumidor. (MELO e JORGE NETO, 2005, p. 17)

Já Ruijis et al. (2008), concordam sobre o problema da simultaneidade que surge concomitantemente à adoção da variável preço adequada, posto que, no sistema tarifário em bloco, os preços médios e marginais são endogenamente determinados pela quantidade demandada. Esta endogeneidade implica em que as variáveis explicativas e o termo de erro podem ser correlacionados – nesta situação, a estimação do parâmetro (usando MQO) será viesado e inconsistente. Como solução os autores propõem que se opte preferivelmente pelo uso das técnicas de Variáveis Instrumentais (IV) como MQ2E e MQ3E.

Em seu trabalho, Ruijis et al. (2008) aplicam simultaneamente o modelo de preço médio e o modelo de preços marginais. Para estimarem ambos os modelos, testaram a endogeneidade nas equações, usando preços em blocos como instrumentos. Esclarecem que usaram OLS para o modelo de preço marginal porque este preço possui alta correlação com alguns dos outros preços de bloco, assim descartando o uso da instrumentação. Já para o modelo do preço médio, com exogeneidade rejeitada em nível de 5%, usaram a estimação MQ2E. Os resultados obtidos para os modelos de preços médios e marginais foram muito semelhantes, tanto para especificação linear e log-linear, segundo concluem os autores (RUIJIS ET AL. 2008, p. 510). E destacam também que para avaliar os efeitos das mudanças

no sistema de preços não seria adequado o uso do modelo dos preços médios, contudo já com o dos preços marginais seria, posto que o preço médio surge apenas após a alteração de preço, enquanto que o preço marginal permite avaliar em qual bloco de consumo se darão as alterações. (RUIJIS ET AL. 2008, p. 511).

Os problemas econométricos aqui destacados, as opções de escolha da melhor técnica, as variáveis mais adequadas e a obtenção de elasticidades da demanda distintas dentre os pesquisadores – suscitaram análises e estudos avançados desde que essas polêmicas começaram a surgir, como a meta-análise desenvolvida por Espey, Espey & Shaw (1997). Estes autores buscaram analisar o porquê das estimativas empíricas da elasticidade-preço da demanda por água variarem de forma tão significativa, mesmo se concentrando apenas na demanda residencial da água. Aplicando a meta-análise buscaram verificar se a diferença nas técnicas de estimação aplicadas pelos distintos pesquisadores seria um dos fatores que contribuiriam para a variação nas estimativas de elasticidade.

Suas conclusões foram que as estimativas de elasticidade poderiam variar, mesmo com a seleção de áreas geograficamente semelhantes, como resultante de variáveis incluídas ou excluídas do modelo estimado. Recomendaram que variáveis frequentemente omitidas devessem compor as novas modelagens, como as dos rendimentos, das chuvas e das taxas de evapotranspiração, agregando-as às tradicionais variáveis demográficas e preço. Destacaram que para uma melhor estimação da demanda, seria necessária uma especificação precisa da estrutura de preços. E finalmente, também sugeriram a necessidade de se observar, separadamente, a demanda de inverno e a de verão, posto que quanto mais precisa for a estimativa da demanda de água, melhor seria a concepção de políticas públicas para o uso da água. (ESPEY, ESPEY & SHAW, 1997, p. 1373-1374).

Paralelamente a essa discussão, em 1984, Hanemann publica seu modelo econométrico de escolha discreto-contínua sobre a demanda de energia nos EUA (HANEMANN, S.M., 1984). Já em 1995, em parceria com Hewitt, publica seu modelo de escolha discreto-contínua da demanda residencial para água, mediante tarifas de preços em bloco, estimados e comparados com resultados de modelos de regressão. Neste trabalho, a estimação com o modelo DCC obtém uma elasticidade-preço da demanda com valor próximo a $-1,6$, um resultado surpreendentemente superior aos obtidos com os modelos de regressão anteriormente adotados (HEWITT, J.A; HANEMANN, S.M., 1995).

Posteriormente, Cavanagh, Hanemann & Stavins (2002) apresentam um enfoque de máxima verossimilhança para a estimação de funções de demanda com K segmentos lineares e k-1 pontos de quebra (torção), cujos resultados para a demanda residencial de água

apresentavam elasticidade consideravelmente baixa, bem como que a estrutura de preços pode ter maior influência do que a magnitude do preço marginal. Adicionalmente, enfatizaram a importância das características da moradia e as sociodemográficas para explicar a demanda por água.

Em 2005, Mamani Paredes apresenta tese sobre a demanda de eletricidade residencial desagregada no Departamento de Puno – Peru, aplicando também o modelo de escolha discreto-contínua da demanda residencial, que considera a decisão conjunta do consumidor na escolha dos blocos (escolha discreta), bem como a escolha da quantidade dentro do bloco (decisão contínua). Utilizando abordagem de máxima verossimilhança, a estimação do modelo, com uso de dois erros – o de heterogeneidade e o de medição – foi realizada em conjunto em uma única etapa, objetivando considerar o efeito interativo da escolha dos blocos e a escolha de a quantidade. Seus resultados mostraram que a demanda de eletricidade é inelástica e heterogênea em relação ao preço marginal, hábitos persistentes de consumo e sazonalidade mensal na demanda, e que, para a explicação da demanda, seria importante considerar as características sociodemográficas e a posse de bens duráveis. Para o autor, os resultados do modelo de DCC eram comparáveis aos de outros métodos (MAMANI PAREDES, 2005).

Posteriormente, Hanemann, já em parceria com Olmstead e Stavins (2007), apresentam um estudo aplicado sobre a demanda residencial nos EUA e Canadá. Nesse cenário, trouxeram a abordagem que apresentava a elasticidade-preço da demanda de água dos domicílios como podendo ser uma função da utilidade da escolha ou da estrutura de preços. Eles estimaram um modelo estrutural da demanda de água com restrições orçamentárias lineares por partes¹⁴. Eles analisam dois aspectos de preços de água que consideraram importantes: a sensibilidade de resposta dos domicílios norte-americanos frente a mudanças nos preços; e se, sob as estruturas de tarifas alternativas, essa sensibilidade, expressa na elasticidade-preço, difere (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007).

Olmstead, Hanemann & Stavins (2007) esclarecem que na literatura o problema das estimativas OLS foi resolvido com IV, tais como os MQ2E para a oferta de trabalho e demanda de energia. Porém, embora estes modelos analisem curvas de demanda negativamente inclinadas, apresentam duas importantes limitações: (a) os modelos de equações simultâneas permitem apenas estimação de elasticidades condicionais – dentro do

¹⁴ Os autores entendem que não foram os primeiros a realizarem este tipo de estudo, mas tornam-se mais significativos devido ao tamanho da amostra utilizado: 1.082 domicílios em 11 áreas urbanas nos Estados Unidos e no Canadá, servidos por 16 serviços públicos de água, sob uma estrutura de preços alternativos.

bloco de consumo observado; (b) o método IV desconsidera o consumo que famílias incorrem dentro da vizinhança de um ponto de torção ou de quebra – onde não está explícito qual seria o preço marginal que lhe deveria ser atribuído em um modelo contendo um ou mais termos de erro. Poderia então atribuir um bloco ou outro, ou mesmo soltando-os a partir da amostra. Porém esse tratamento arbitrário das observações contraria a teoria da utilidade. Para estes autores, o modelo de máxima verossimilhança de escolha discreto-contínua (DCC) trataria essas questões, no qual a função de probabilidade logarítmica para $K > 1$ é dada por (5), em que Φ é a função de distribuição cumulativa normal padrão. A primeira soma representa o consumo ao longo de K segmentos orçamento linear, e o segundo somatório para consumo $K-1$ torções (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, pp. 186-187).

Adicionalmente, os autores destacam que as estimativas de elasticidade sob IBP's são mais elevadas do que aquelas sob preços marginais lineares, conforme comprovaram duas meta-análises, a de Espey, Espey & Shaw (1997) e a de Dalhuisen et al. (2003). Isso porque identificam que a E_{PD} sob IBP's inclui dois componentes que a E_{PD} sob preço marginal constante não o faz: (i) as elasticidades das probabilidades que uma família iria identificar em cada torção possível ou segmento ao longo de sua RO; (ii) e a resposta dos subsídios inframarginais a mudanças de preços, que em última instância, constitui um efeito-renda secundário, oriundo da renda virtual.

Nesse contexto, o DCC, com a função de verossimilhança foi o modelo de linha de base adotado pelos pesquisadores, sendo estimados dois modelos de demanda – o modelo DCC tão somente para domicílios sob os preços não lineares e um modelo de dados em painel apenas para domicílios sob os preços únicos, lineares.

1.3.1. Estimação da demanda residencial da água no Brasil

Para o caso do Brasil, o estudo pioneiro no uso de variáveis instrumentais (IV) na estimação da demanda da água foi o desenvolvido por Andrade et al. (1996), aplicado ao estado do Paraná sobre uma base de dados da SANEPAR. Eles utilizaram o Método *MacFadden*, que corresponde a uma variação do método das variáveis instrumentais, que era então recomendado para a resolução do problema do viés de simultaneidade resultante da tarifação em bloco. Posteriormente, Ruijjs et al. (2008) em estudo aplicado a São Paulo, também concordam quanto ao problema da simultaneidade que surge concomitantemente à adoção da variável preço adequada, posto que, no sistema tarifário em bloco, os preços médios e marginais são endogenamente determinados pela quantidade demandada. Esta

endogeneidade implica em que as variáveis explicativas e o termo de erro podem ser correlacionados – nesta situação, a estimação do parâmetro (usando MQO) será viesado e inconsistente. Como solução, os autores também propõem que se opte preferivelmente pelo uso das técnicas de Variáveis Instrumentais (IV) como MQ2E e MQ3E.

Em 1997, um estudo levado a efeito no Banco do Nordeste do Brasil¹⁵, várias funções de demanda de água foram estimadas, todas aplicando o método de mínimos quadrados ordinários e diferenciadas por duas variáveis dummies – uma para representar o semiárido e a outra para os domicílios sem e com rede de esgoto. Sobre esse estudo, Melo e Jorge Neto (2005) afirmaram que a natureza de progressividade das tarifas de água da rede pública ficou mascarada, particularmente devido à diversidade das fontes de abastecimento de água na base de dados.

Posteriormente, recorrendo a essa mesma base de dados, Melo¹⁶ e Jorge Neto (2005) continuaram estudando o Nordeste do país, mas incluíram na região do semiárido, também a região norte do estado de Minas Gerais. Também aprimoraram o uso do método econométrico, agora fazendo a estimação de funções da demanda residencial de água com preços não lineares, sob um contexto de escolhas contínuas e discretas do consumidor (DCC), proposto por Burtless e Hausman. Os resultados por eles obtidos na estimação de funções-consumo de água foram de uma elasticidade-preço da demanda constante e aproximadamente unitária, implicando que aumentos relativos da tarifa de água provocariam reduções relativas equivalentes no consumo. Tais resultados situavam-se no intervalo dos apresentados pela literatura internacional que empregavam o mesmo modelo, e que eram francamente superiores àqueles estimados pelos métodos que empregavam IV.

Comparativamente aos resultados obtidos por Olmstead, Hanemann & Stavins (2007), que aplicam também o modelo DCC, pode-se observar que enquanto os brasileiros obtêm apenas uma E_{pd} específica, os americanos obtiveram uma para os preços não lineares e outra para os preços uniformes, observando que ambas as elasticidades eram distintas. O mérito do trabalho realizado para a demanda no nordeste brasileiro foi a aplicação do método econométrico estrutural mais avançado atualmente disponível, embora mais complexo e desafiador.

Assim, dos estudos para a estimação da demanda residencial da água que foram desenvolvidos no Brasil somente Melo e Jorge Neto (2005) foram exceção ao aplicarem o

¹⁵ Banco do Nordeste do Brasil – BNB. *Estudo de Demanda de Água do Nordeste e Atualização dos Índices de Custo-Eficiência de Projetos de Esgotamento Sanitário da Região Nordeste do Brasil*. Executado pela empresa PBLM - Consultoria Ltda, Fortaleza, 1997.

¹⁶ José Aírton Mendonça de Melo foi o técnico responsável pela realização do estudo do BNB.

DCC, enquanto a maioria apenas aplicou os métodos econométricos, cujas fragilidades já foram aqui apontadas, baseados nos modelos MQO, MQG e no de IV, como o já mencionado trabalho de Andrade et al (1996), aplicado ao estado do Paraná, e estudos de caso aplicados a estados brasileiros como São Paulo (RUIJIS ET AL.,2008), Paraná (PIZAIA ET AL.,2003), Ceará (FONTENELE ET AL.,2009) e Manaus (OLIVIER, 2010), que questiona o uso dos IBP's.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS

A seguir, será apresentado o modelo estrutural que embasará o desenvolvimento da pesquisa, bem como a base de dados que consubstanciou a aplicação do modelo.

1.4.1.O modelo estrutural de escolha discreto-contínua (DCC) – especificação econométrica do modelo de preços em bloco

No Brasil, em alguns municípios aplicam-se *preços uniformes (PU)* quando há ocorrência de *tarifa* em que famílias pagam um preço marginal único volumétrico em todos os níveis de consumo mensal – são preços lineares. Contudo, o que predomina é a adoção de preços marginais mais elevados conforme há maiores quantidades consumidas, resultando em uma função de abastecimento de água parecida a uma escada ascendente da esquerda para a direita – é o caso do *Increasing block price (IBP)*, ou seja, preços crescentes em bloco. Neste caso, a cada nível de consumo aplica-se um preço progressivamente maior. Essa é uma estrutura tarifária de preços não lineares.

A determinação desses preços é feita por empresas utilitárias, em regime de monopólio natural; portanto a estrutura de preços é endógena.

A priori, a literatura sobre elasticidade preço da demanda (ξ_{PD}) da água indica que, sob IBP, elas são mais elevadas do que as estimativas sob preços marginais lineares. Olmstead, Hanemann & Stavins (2007), esclarecem que isso ocorre porque ela inclui dois componentes que não são encontrados nas elasticidades sob um preço marginal constante, ou seja, sob um preço único. Um desses componentes – é a *elasticidade da probabilidade* que uma família identificaria em cada torção possível ao longo de sua restrição orçamentária, e o outro é um efeito-renda secundário, oriundo dos subsídios inframarginais obtidos de mudanças de preços,

ou seja, entre uma e outra faixa, há níveis de consumo que não são contemplados por preços especificados para eles, de tal forma a gerar uma renda virtual.¹⁷

Há uma probabilidade de a família ser sensível à mudança de preços por bloco de consumo e decidir restringir seus gastos de água, promovendo economia na quantidade consumida, caso observe os preços marginais aplicados. Bem como pode obter uma renda virtual, ou subsídio, por mudança de preços.

Sob o enfoque microeconômico, será aplicada a análise da demanda sob um conjunto orçamentário não linear (convexo e não convexo), primeiramente ao derivar um modelo de escolha discreto-contínua (DCC) com o propósito de analisar a decisão simultânea do consumidor sobre sua escolha nos segmentos e pontos de torção (decisão discreta). Em seguida, se derivará a função de máxima verossimilhança para a estimação da demanda sob um conjunto orçamentário não linear com distintos segmentos lineares e pontos de torção.

Para a estimação das elasticidades-preço da demanda sob uma estrutura de preços IBP, será adotado o procedimento metodológico sugerido por Olmstead, Hanemann & Stavins (2007), estimando-se a demanda pelo **Modelo Estrutural de Escolha Discreta Contínua (DCC, na sigla em inglês)**, somente para domicílios sob *IBP's*. Inicia adotando uma função de demanda log-log:

$$\ln w = Z\delta + \alpha \ln p + \gamma \ln y + \eta + \varepsilon. \quad (1)$$

Na Equação (1) a variável dependente é o **log** da demanda residencial diária de água (**w**), **p** o preço marginal da água e **y** a renda do domicílio.

Uma característica importante sobre a demanda de água apontada por Olmstead, Hanemann & Stavins (2007) é que, com exceção da reduzida porção destinada à dessedentação, ela é derivada da demanda principal por *bens e serviços de consumo de água*, como para roupa limpa e uso em banheiros e limpeza da casa, por exemplo. Isso denota que, para além do preço e da renda, os modelos de demanda devem incluir também características domiciliares. Frente a isso, na matriz **Z** serão incluídas as características domiciliares, observações meteorológicas – como temperatura média, índices de precipitação pluvial e

¹⁷ Quando há a opção por preços definidos em bloco, os consumidores se defrontam com uma restrição orçamentária linear por partes. Tal conjunto orçamentário, representado por curvas de indiferença, cujo formato definirá o resultado que se dará: ou consomem no interior do primeiro segmento, no interior do segundo segmento, ou na extremidade do ponto onde se dá o aumento do preço marginal. Como a água é um bem essencial, descarta-se logo a possibilidade de ocorrência da solução de canto de consumo zero. (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 184).

evapotranspiração¹⁸ das capitais selecionadas no período estudado –, e efeitos fixos da cidade, que permanecem constantes ao longo do tempo.

O modelo também pressupõe a existência de dois termos de erro: o primeiro deles (η) refletirá as distintas preferências de consumo de água das famílias que não seriam explicadas pelas características domiciliares em Z , garantindo a heterogeneidade dessas escolhas. Já a segunda fonte de erro (ε) espelha erro aleatório não observável, tanto para o analista quanto para o grupo familiar observado. Do ponto de vista do analista, ε captaria erros de otimização e os de medição normal. E que, no âmbito do domicílio, o melhor uso poderia não ser o real uso efetivo devido a vazamentos, por exemplo, dentre outros fatores de erro. Adicionalmente, assume-se que os dois erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variâncias σ_{η}^2 e σ_{ε}^2 , tal como no modelo proposto por Olmstead, Hanemann & Stavins (2007, p. 185):

- (a) Para o caso apenas da adoção de preços lineares (PU) para a água – que neste trabalho não será aplicado –, a função de demanda em (1), combinada com termos de erro normais, produziria **uma função de probabilidade logarítmica** convencional para uma regressão log-normal (2), onde w é o consumo observado de água e w^* (.) é o consumo ótimo. Maximizando (2), produziria estimativas de parâmetros iguais aos da estimativa de mínimos quadrados ordinários (MQO) / (OLS).

$$\ln L = \sum \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp(-(s)^2/2)}{\sigma_v} \right), \quad (2)$$

Onde:

$$v = \eta + \varepsilon,$$

$$s = (\ln w - \ln w^*(Z, p, y; \delta, \alpha, \gamma)) / \sigma_v.$$

- (b) Já para o caso da ocorrência de IBP a demanda torna-se mais complexa, ocorrendo uma distinção entre as funções de demanda condicional e incondicional, como apontam Olmstead et al. (2007). Isso porque, com K blocos, sendo cada um com p_k preço bloco, os blocos seriam separados por $K-1$ ponto de comutação ou “torções” denotadas por w_k . Assim, haveria então uma distinção fundamental entre as funções de demanda condicional e a função de demanda incondicional. A demanda condicional seria a quantidade que o

¹⁸ Forma pela qual a água da superfície terrestre passa para atmosfera no estado de vapor. Tal processo envolve a evaporação da água de superfícies de água livre – rios, lagos, represas, oceano, etc.; dos solos e da vegetação úmida, e a transpiração das plantas. ESALQ/USP, 2009. Disponível em: <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula8.pdf>. Acesso em: 21-06-2015.

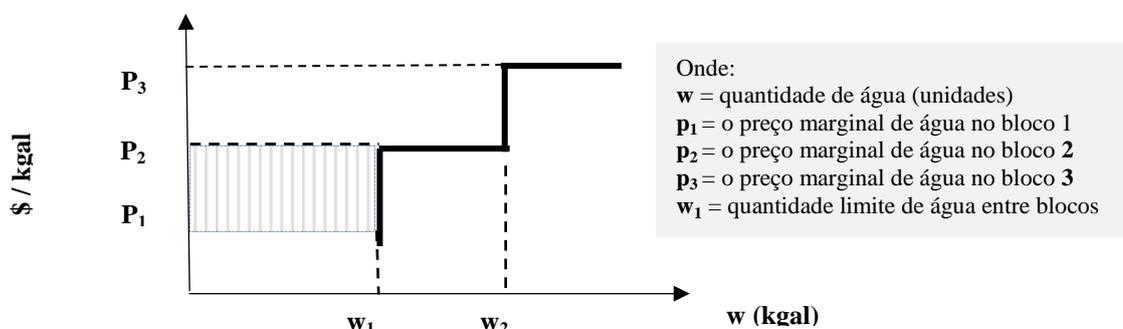
indivíduo consome condicionada ao fato de que seu consumo é no preço-bloco k . Isto é simplesmente dado pela função de demanda em (1) avaliada no p_k preço marginal e renda igual a $\tilde{y}_k = y + d_k$, onde

$$d_k = \begin{cases} 0 & \text{se } k = 1 \\ \sum_{j=1}^{k-1} (p_{j+1} - p_j) w_k & \text{se } k > 1 \end{cases} \quad (3)$$

Assim, segundo Olmstead, Hanemann & Stavins (2007), sob a ocorrência dos IBP's, para com as famílias que consomem em qualquer lugar além do primeiro bloco, observa-se a existência de uma *cunha* entre o preço marginal e médio da água. O subsídio implícito das taxas inframarginais é contabilizado pela adição ao lucro a diferença, d_k , entre o que uma família pagaria se todas as unidades fossem cobradas ao preço marginal, e o que eles realmente pagam. O total dos proventos e d_k é comumente chamado de "**renda virtual**," aqui denotado \tilde{y}_k . Há uma função de demanda condicional separada para cada bloco. Por outro lado, não há senão uma única função demanda incondicional, e isso caracteriza a escolha geral do consumidor – não apenas quanto ao consumo condicional em estar em um determinado preço bloco, mas também qual preço bloco para escolher.

Este complemento de renda para um consumo doméstico no segundo bloco de uma estrutura de preços de três camadas, por exemplo, seria igual à região hachureada na Figura 2, na qual é apresentada uma estrutura de preços crescentes em bloco, com três preços marginais diferentes. Observa-se que o consumo se dá entre 0 e w_1 , o preço imposto é de P_1 ; e se estiver entre w_1 e w_2 o preço será de P_2 . Caso o consumo seja superior a w_2 , o preço já será de P_3 .

Figura 2. Estrutura de preços crescentes em bloco (IBP) de três camadas

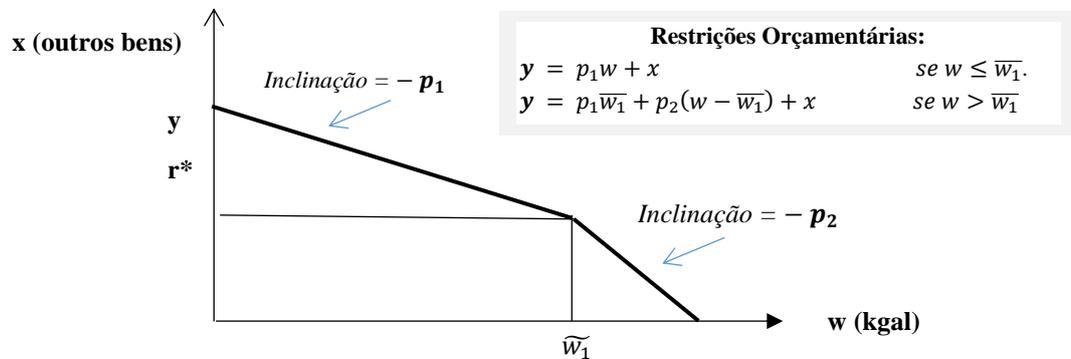


Fonte: OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 183. Adaptado, 2016.

Sob este cenário, o consumidor enfrentará uma restrição de renda que não será linear e poderá não ser estritamente convexa. As alternativas para este consumidor serão as de

consumir num ponto qualquer dos blocos ou em qualquer dos pontos de corte (onde o preço muda de valor).

Figura 3. Restrição de renda mediante preço crescente em dois blocos



Fonte: MAMANI PAREDES, 2005, p. 46.

Dessa forma, o consumo de água (ou quantidade demandada) w e o consumo dos demais bens x terá uma curva de restrição orçamentária, conforme explicado por Mamani Paredes (2005, p. 46), onde x representará o consumo total de bens privados, w a quantidade consumida de água (em m^3), w_1 o nível de consumo no ponto de torção, p_1 o preço da água no primeiro bloco, p_2 o preço da água no segundo bloco, e y o nível de renda.

Pela Figura 3 pode-se depreender que a restrição da renda, considerando-se bens com estrutura de preços em bloco, é não linear e, dependendo dos blocos, essa relação poderá não ser estritamente convexa, o que desencadearia problemas no equilíbrio do consumidor, nas funções de demanda, nas curvas de Engel, dentre outros.

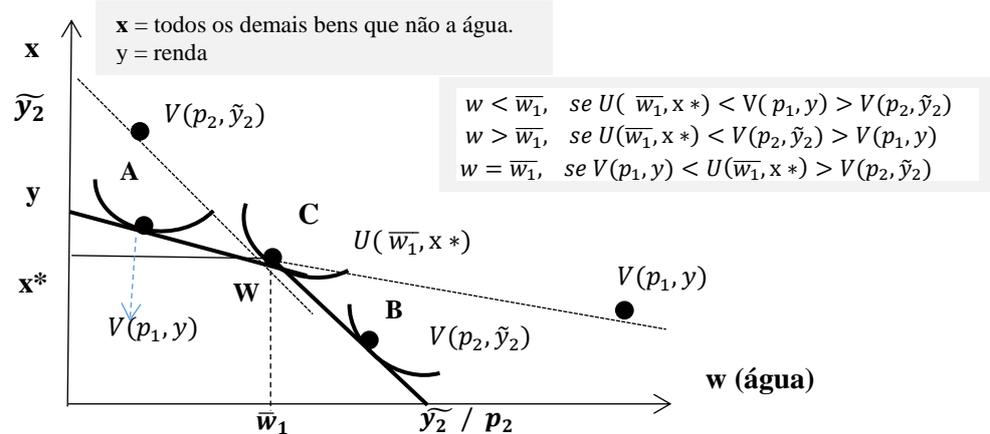
Conforme Manani Paredes (2005), as equações de renda virtual correspondentes às restrições orçamentárias, assim podem ser expressas:

$$y = p_1 w + x \quad \text{se } w \leq \bar{w}_1$$

$$\tilde{y}_2 = p_2 w + x \quad \text{se } w > \bar{w}_1$$

Onde $\tilde{y}_2 = y + (p_2 - p_1) \bar{w}_1$ seria a renda virtual 2. E que a intersecção dessas duas equações descritas gera uma fronteira de orçamentos não lineares, conforme demonstrada na Figura 4, onde é feita a representação da R.O. em um sistema de dois níveis de IBP em um conjunto hipotético de curvas de indiferença. Mamani Paredes (2005) explica que em cada bloco haverá uma fronteira linear definida pela renda virtual \tilde{y}_i e o preço p_i . Ou seja, é linear por partes, sendo que a primeira parte coincide com o segmento 1 e a segunda parte, com o segmento 2.

Figura 4: Maximização da utilidade sob uma estrutura crescente de preços em bloco de dois segmentos



Fonte: Mamani Paredes, 2005, p. 49; Olmstead, Hanemann & Stavins, 2007, p. 184. Adaptado, 2016.

Assim, quando os preços da água apresentam-se em bloco (IBP), os consumidores defrontam uma restrição orçamentária (R.O.) linear por partes, conforme também apontam Olmstead, Hanemann & Stavins (2007). Observa-se que o consumidor possui três opções de consumo: (A) no interior do segmento 1; (B) no interior do segmento 2; (C) ou no ponto extremo de intersecção, na quantidade em que se dá o incremento do preço marginal.¹⁹

A partir deste conjunto de restrições orçamentárias, pode-se escrever a função demanda condicional para W como:

$$\begin{aligned}
 w &= g(p_1, y, z) && \text{se } w \leq \bar{w}_1. \\
 w &= \bar{w}_1 && \text{se } w = \bar{w}_1 \\
 w &= g(p_2, \tilde{y}_2, z) && \text{se } w > \bar{w}_1
 \end{aligned}$$

Onde $g(p, y, z)$ é a função de demanda de maximização da utilidade; que é uma função do preço marginal da água p , renda y e de um vetor z representando características individuais de consumo. Esta função é chamada de condicional porque descreve a escolha de W condicionada à escolha dos segmentos e o ponto de quebra ou de torção.

Observa-se na Figura 4 que o consumidor defronta-se com três alternativas: situar-se no segmento 1, no 2 ou no ponto de torção, ou ponto de quebra. Sob a hipótese de

¹⁹ Which outcome occurs depends on the shape of the indifference curves relative to the budget set; this is represented by the three alternative indifference curves in Fig. 2. Because, as modeled below, water is an essential good, we can rule out the possibility that consumption occurs at the corner solution of zero consumption. Under decreasing block structures, budget sets are non-convex, enabling multiple tangencies between indifference curves and the budget constraint. The theory and empirics of the non-convex case are straightforward extensions of the convex case; and they have been developed generally [24,23] for labor supply [3,15] and for water demand [17,18]. (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 183).

convexidade estrita das curvas de indiferença do consumidor, w será assim determinada conforme descrito por Mamani Paredes (2005, p. 47):

- (i) Se a tangência entre a inclinação da restrição orçamentária e a inclinação da curva de indiferença ocorrer quando a fronteira de orçamentos for dada pela inclinação da renda virtual 1, então $w = g(p_2, y, z)$;
- (ii) Similarmente, se a tangência entre a inclinação da restrição orçamentária e a inclinação da curva de indiferença ocorrer quando a fronteira de orçamentos for dada pela inclinação da renda virtual 2, então $w = g(p_2, y_2, z)$;
- (iii) Finalmente, caso a tangência entre as curvas ocorrer fora da fronteira orçamentária, que constituem pontos inatingíveis diante da restrição orçamentária do consumidor, então o consumo de água será localizado no ponto de quebra, ou de torção.

A fixação de preços por blocos são estruturas de preços que caracterizam a função de oferta de certos bens. Tais estruturas de preços são de ordem não linear, posto que os preços são fixados segundo os níveis de consumo.

No caso da demanda da água, a fixação de preços por blocos responde a distintos objetivos: (a) aumento da receita das empresas governamentais; (b) a necessidade da redistribuição do bem em relação à capacidade consumo; e (c) desincentivar o desperdício do recurso (REIS & WHITE, 2002).

Exemplificando essa relação, num esquema de fixação em três blocos de preços, haveria a seguinte esquematização:

Tabela 1: Esquema de fixação de preços crescentes em bloco

Bloco	Bloco de quantidade consumo	Preço marginal
1	$w \leq w_1$	P_1
2	$w_1 < w \leq w_2$	P_2
3	$w > w_2$	P_3

Fonte: elaboração pessoal, 2016.

Algebricamente, descreve-se assim a restrição orçamentária, sob IBP's, conforme sugere Mamani Paredes (2005, p. 47) e aqui adaptado, conforme as denominações das variáveis aqui aplicadas:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= p_1 w + c & w &\leq w_1 \\
 Y_2 &= p_1 w_1 + p_2 (w - w_1) + c & w_1 &< w \leq w_2 \\
 Y_3 &= p_1 w_1 + p_2 (w_2 - w_1) + p_3 (w_3 - w_2) + c & w &> w_2
 \end{aligned}$$

onde:

Y_i = renda destinada ao consumo de água;

p_i = preço marginal

w_i = bloco de consumo

Nesse cenário, o consumidor, então, pagará por cada bloco os seguintes valores:

$$\begin{aligned} Y_1 &= P_1 W + C && \text{se } w \leq w_1 \\ \tilde{Y}_2 &= P_2 W + C && \text{se } w_1 < w \leq w_2 \\ \tilde{Y}_3 &= P_3 W + C && \text{se } w > w_2 \end{aligned}$$

Observa-se que a chamada “renda virtual” representa a diferença entre o que o consumidor efetivamente paga e o que ele deveria pagar constituindo-se então como um subsídio para aqueles consumidores que localizam seu consumo acima do primeiro bloco. Este valor também é conhecido com “valor de transferência”, conforme demonstrado nas seguintes funções de demanda:

$$D_1 = Y_1 - \tilde{Y}_1 = 0$$

$$D_2 = Y_2 - \tilde{Y}_2 = p_1 w_1 + p_2 (w - w_1) + C - p_2 w - C$$

$$\rightarrow D_2 = p_1 w_1 - p_2 w_1 = (p_1 - p_2) w_1$$

$$D_3 = Y_3 - \tilde{Y}_3 = p_1 w_1 + p_2 (w_2 - w_1) + p_3 (w - w_2) + C - p_3 w - C$$

$$\rightarrow D_3 = (p_3 - p_2) w_2 + (p_2 - p_1) w_1^{20}$$

A questão da maximização da utilidade do consumidor pode ser analisada via uso da seguinte função indireta de utilidade:

$$V(p, y) = \max U(W, x) = \max [g(p, y), y - pg(p, y)]$$

Onde $V(p, y)$ é a função indireta de utilidade e $U(W, x)$ é a função de utilidade direta. Ao se comparar os valores destas funções de utilidade para distintos níveis de preços e renda, chega-se aos resultados, conforme mostrados na Figura 3:

$$\begin{aligned} w < \bar{w}_1, & \text{ se } U(\bar{w}_1, x^*) < V(p_1, y) > V(p_2, \tilde{y}_2) \\ w > \bar{w}_1, & \text{ se } U(\bar{w}_1, x^*) < V(p_2, \tilde{y}_2) > V(p_1, y) \\ w = \bar{w}_1, & \text{ se } V(p_1, y) < U(\bar{w}_1, x^*) > V(p_2, \tilde{y}_2) \end{aligned}$$

²⁰ Lembrando que D_1 sem barra é o conceito da variável Dummy, já D_1 com barra é a função de demanda que seria contínua desde zero até w_1 com barra. Y com barra significa a renda virtual no intervalo, isto é, Y_2 com barra corresponde ao intervalo w_1 com barra a w_2 com barra.

Assim como Olmstead, Hanemann & Stavins (2007), também Mamani Paredes (2005, p. 51) esclarece que, na existência de restrição orçamentária não linear e heterogeneidade nas preferências do consumidor, a forma funcional da função de demanda completa ou modelo de escolha discreto-contínua deve considerar dois erros: a heterogeneidade de preferências para consumo entre as famílias e o erro de medição. A primeira fonte de erro – heterogeneidade – é representada pela letra grega η , e agrega as características do agregado familiar observáveis do lugar, mas não do econometrista, que influenciam o consumo. Já a segunda fonte de erro – de medição, de otimização ou de percepção, ε – surge no contexto da fixação do preço em blocos, nos quais a escolha verdadeira dos blocos de consumo (escolha discreta) e a escolha da quantidade (decisão contínua) são desconhecidas.

Mamani Paredes (2005, p. 51) destaca que a forma funcional da função de demanda completa ou modelo de escolha discreto-contínua resulta em:

$$\mathbf{w} = \mathbf{D}_1[\mathbf{g}(\mathbf{p}_1, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \theta) + \eta] + \mathbf{D}_2[\mathbf{g}(\mathbf{p}_2, \bar{\mathbf{y}}_2, \mathbf{z}, \theta) + \eta] + (\mathbf{1} - \mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) + \bar{\mathbf{w}}_2 + \varepsilon$$

$$D_1 = 1 \quad \bar{D}_1 > 0, \quad \bar{D}_1 = 0 \text{ em outro caso}$$

$$D_2 = 1 \quad \bar{D}_2 > 0, \quad \bar{D}_2 = 0 \text{ em outro caso}$$

$$\bar{D}_1 = 1 \quad \bar{W}_1 - \mathbf{g}(\mathbf{p}_1, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \theta) - \eta$$

$$\bar{D}_2 = -\mathbf{g}(\mathbf{p}_2, \bar{\mathbf{y}}_2, \mathbf{z}, \theta) - \eta - \bar{W}_1$$

Sobre as funções demanda condicional e incondicional, Olmstead, Hanemann & Stavins (2007, p. 186) esclarecem que, por hipótese, caso a escolha de um domicílio se dê quando $K=2$ e \mathbf{x} for o consumo de todos os outros bens que não seja a água, então se a demanda domiciliar de água, condicionada a estar no Bloco 1, for menor do que o ponto de torção w_I , então esta é também a sua *demanda incondicional*, e o domicílio vai consumir no primeiro bloco (por exemplo, a curva A). Contudo, caso a demanda condicional associada ao bloco 2 exceder w_I , então a demanda incondicional coincide com a demanda condicional para o bloco 2, e o domicílio vai consumir no segundo bloco (curva B).

Outra possibilidade de ocorrência se daria, segundo esses autores (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 186), caso o agregado familiar consumisse exatamente no ponto torção, w_I (curva C, Fig. 4). Isso ocorreria caso tanto a função de demanda condicional para o bloco 1 gerasse uma demanda maior do que w_I e caso a função de demanda condicional para o bloco 2 gerasse demanda menor do que w_I . Nessa circunstância, a demanda incondicional seria w_I com o ajuste de erro aleatório (ε). Tais domicílios gostariam

de localizarem-se em qualquer uma das linhas pontilhadas estendendo os dois segmentos do orçamento do ponto de torção na Fig. 4, porém tais escolhas não estão disponíveis para eles.

Essas situações descritas são captadas pela Equação (4) – a demanda condicional, em função de demandas condicionais e pontos de torção (ou ponto de quebra, ou de quina), onde w é o consumo observado, $w^*_k(\mathbf{Z}, \mathbf{p}_k, \tilde{y}_k; \delta, \alpha, \gamma)$ é o consumo ideal no bloco k , e w_k é o consumo no ponto de torção k . Um cuidado a ser observado é o de que, dada a determinação simultânea de consumo e preço bloco, caso seja empregada uma especificação típica estocástica de único erro – e não de dois erros, como recomendado –, o tamanho do termo de erro, preço marginal, e rendimentos virtuais serão sistematicamente correlacionado.

Quando se está diante de problemas de blocos de preços, a escolha discreto-contínua proposta inicialmente por Hanemann (1984), Hewitt e Hanemann (1995) e, posteriormente, por Olmstead, Hanemann e Stavins (2007), consiste basicamente na estimação de uma *função de máxima verossimilhança* especificada por dois erros estocásticos²¹:

$$\ln w = \mathbf{Z}\delta + \alpha \ln p + \beta \ln \tilde{Y} + \eta + \varepsilon. \quad (4)$$

Onde:

W = consumo de água, observado em cada família de consumidores;

Z = matriz que representa uma série de variáveis exógenas que influenciam o consumo do bem e variáveis de efeitos fixos por município;

P = preços marginais da água;

\tilde{Y} = renda virtual;

η = o consumo heterogêneo de água, devido às preferências entre as famílias, não explicadas pelas características de uso doméstico (Z);

ε = termo de erro do modelo.

Supondo que: $\eta \sim N(0, \sigma_\eta^2)$, $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ e $\text{corr}(\eta, \varepsilon) = 0$ ²²

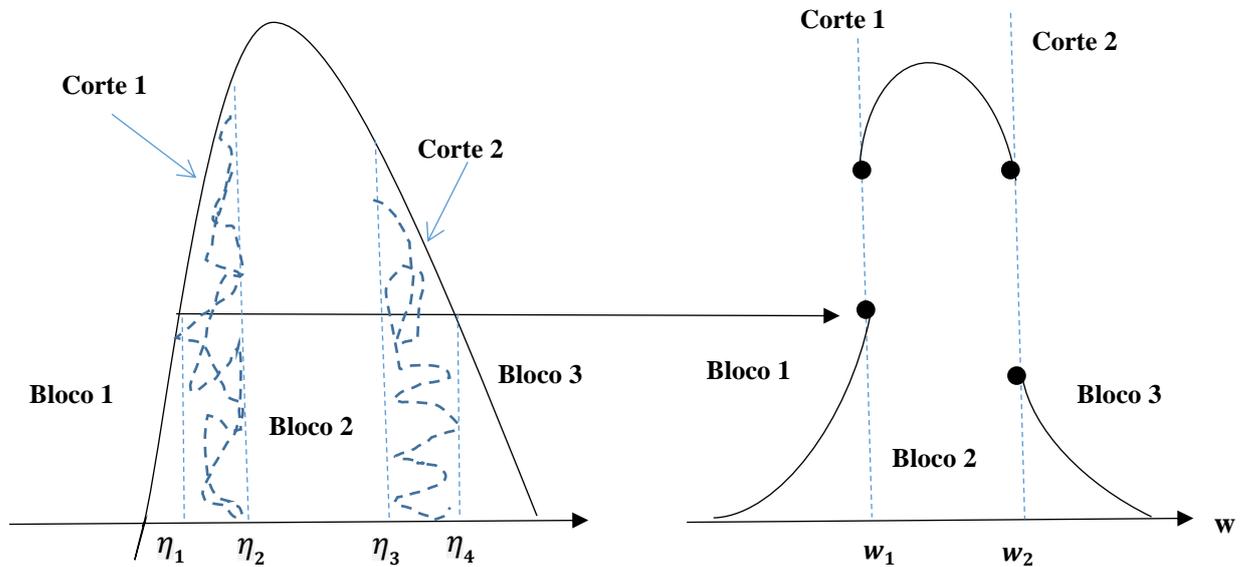
Considerando que $v = \eta + \varepsilon$ então $\sigma_v^2 = \sigma_\eta^2 + \sigma_\varepsilon^2$

Como η representa o consumo heterogêneo da água em função das preferências das famílias, esclarece Mamani Paredes (2009) ser possível construir uma relação conforme se segue:

²¹ Moffitt (1986) apresenta a derivação de uma função de máxima verossimilhança para a estimação da demanda sob um conjunto de preços não lineares, convexos, com 2 blocos e um ponto de quina.

²² Impõe que são independentes.

Figura 5: Distribuição do erro heterogêneo $f(\eta)$ e o consumo de água (W)



Fonte: Mamani Paredes, 2005, p. 67.

Assim, há a equação da demanda do modelo por bloco de preços crescentes, conforme apresentado por Olmstead, Hanemann & Stavins (2007, p. 186), onde:

$$\ln w = \begin{cases} \ln \underline{w}_1^* (Z, p_1, \tilde{y}_1; \delta, \alpha, \gamma) + \eta + \varepsilon & \text{Se } -\infty < \eta < \ln w_1 - \ln \underline{w}_1^* (Z, p_1, \tilde{y}_1; \delta, \alpha, \gamma) \\ \ln w_1 + \varepsilon & \text{Se } \ln w_1 - \ln \underline{w}_1^* (Z, p_1, \tilde{y}_1; \delta, \alpha, \gamma) < \eta < \ln w_1 - \ln \underline{w}_2^* (Z, p_2, \tilde{y}_2; \delta, \alpha, \gamma) \\ \ln \underline{w}_2^* (Z, p_2, \tilde{y}_2; \delta, \alpha, \gamma) + \eta + \varepsilon & \text{se } \ln w_{k-1} + \varepsilon - \ln \underline{w}_{k-1}^* (Z, p_{k-1}, \tilde{y}_{k-1}; \delta, \alpha, \gamma) < \eta < \ln w_{k-1} - \ln \underline{w}_K^* (Z, p_K, \tilde{y}_K; \delta, \alpha, \gamma) \\ \ln w_2 + \varepsilon & \text{Se } \ln w_2 - \ln \underline{w}_2^* (Z, p_1, \tilde{y}_1; \delta, \alpha, \gamma) < \eta < \ln w_2 - \ln \underline{w}_3^* (Z, p_3, \tilde{y}_3; \delta, \alpha, \gamma) \\ \ln \underline{w}_3^* (Z, p_3, \tilde{y}_3; \delta, \alpha, \gamma) + \eta + \varepsilon & \text{Se } \eta > \ln w_2 - \ln \underline{w}_3^* (Z, p_3, \tilde{y}_3; \delta, \alpha, \gamma) \\ \dots & \\ \ln \underline{w}_k^* (Z, p_K, \tilde{y}_K; \delta, \alpha, \gamma) + \eta + \varepsilon & \\ \text{Se } \ln w_{k-1} + \varepsilon - \ln \underline{w}_{k-1}^* (Z, p_{k-1}, \tilde{y}_{k-1}; \delta, \alpha, \gamma) < \eta < \infty & \end{cases}$$

Procedendo a deduções matemáticas, chega-se então à equação que permitirá a obtenção da função de demanda sob uma estrutura de preços escalonados, como os IBP's. Os parâmetros estimados, a partir desta equação, servirão de base para o cálculo da demanda incondicional esperada,

bem como para obter a elasticidade-preço da demanda (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 187):

$$\ln L = \sum \ln \left[\begin{array}{l} \sum_{k=1}^K \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp(-(s_k)^2/2)}{\sigma_v} \right) (\phi(r_k) - \phi(n_k)) \\ + \sum_{k=1}^{K-1} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp(-u_k)^2/2)}{\sigma_\varepsilon} \right) (\phi(m_k) - \phi(t_k)) \end{array} \right] \quad (5)$$

onde:

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad \mathbf{t}_k = (\ln w_k - \ln \underline{w}_k^*(.))/\sigma_\eta, \\ \rho &= \text{corr}(\mathbf{v}, \boldsymbol{\eta}), \quad r_k = (t_k - \rho s_k)/\sqrt{1 - \rho^2}, \\ s_k &= (\ln w_i - \ln \underline{w}_k^*(.))/\sigma_v, \quad m_k = (\ln w_k - \ln \underline{w}_{k+1}^*(.))/\sigma_\eta, \\ u_k &= (\ln w_i - \ln w_k)/\sigma_\varepsilon, \quad n_k = (m_{k-1} - \rho s_k)/\sqrt{1 - \rho^2}. \end{aligned}$$

Desse modo, o **DCC**, com a função de verossimilhança, um modelo estrutural de escolha que acomoda as restrições orçamentárias lineares por partes – é então o *modelo de linha de base* que aqui será adotado, sendo que a Equação (2) se aplicaria a famílias de baixa renda sob UP's e a Equação (5) para as demais famílias sob IBP's.

Adicionalmente, será estimada a elasticidade-preço da demanda de água nos domicílios urbanos que enfrentam preços em blocos crescentes (IBP's). Elasticidade-preço sob IBP's normalmente é modelada como a mudança na demanda que resulta de uma variação de 1% em todos os preços marginais de uma só vez.²³

Tradicionalmente as análises de demanda residencial da água no Brasil têm sido realizadas com a opção pelo uso de preços médios. Nesta pesquisa, a opção se centrará na dos preços marginais. Assim, estrutura de preços a ser analisada será a dos preços crescentes escalonados, ou em blocos, ou *increasing-block prices* (IBP's), estrutura internacionalmente mais comum para a precificação da água e aferida como a de maior eficiência (OLMSTEAD, 2010).

Para a estimação da demanda residencial de água nas duas capitais brasileiras estudadas – Cuiabá-MT e Recife-PE – as variáveis explicativas selecionadas serão variáveis socioeconômicas e ambientais, como *preço* (estrutura tarifária adotada por capital), *renda*, *tamanho da família* e *da residência*, a *idade* da população, *precipitação pluviométrica* e *temperatura média* no período, assim como a *disponibilidade hídrica* por região.

²³ The alternative is to consider the demand response to a change in just one of the block prices. However, considering a change in *all* of the block prices is more intuitive because then, no matter what marginal price a consumer faces, she experiences a 1% price increase on the margin. For consumers in the upper tiers of an IBP, the resulting changes in infra-marginal prices can be “rebated” by subtracting increased infra-marginal expenditures from household income. We discuss this further in Section 3. (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 184).

1.4.2. Dados – descrição e estatísticas

Para a estimação da função demanda residencial de água nas duas capitais brasileiras estudadas – Cuiabá-MT e Recife-PE – as variáveis explicativas selecionadas serão: *variáveis econômicas* (renda, preço marginal), *variáveis sociais* (quantidade de moradores por domicílio, características do domicílio, escolaridade) e *variáveis ambientais* (evapotranspiração, umidade, temperatura, sazonal dummy) para cada capital estudada.

Como os dados baseiam-se na pesquisa de orçamento familiar brasileira de 2008, um levantamento amostral periódico, aplicado junto a famílias brasileiras, específicos para as capitais selecionadas, ao fazer a seleção e a ponderação dos dados pelos pesos específicos destes, conforme as variáveis selecionadas constatou-se que não foram obtidos preços únicos para Cuiabá e, para Recife, somente três observações foram encontradas. Diante disso, concentrou-se tão somente na estrutura tarifária de preços em bloco crescentes, encontradas nas duas capitais. Destaca-se que não foram tomados dados referentes a regiões metropolitanas, mas tão somente às capitais citadas.

Assim, serão adotadas estruturas tarifárias não uniformes constituídas por um número n finito de blocos tarifários, com $n \geq 2$. Nelas, o preço p varia com a quantidade adquirida q . O software utilizado para a estimação do modelo foi o GRETLM.

A estrutura tarifária obtida junto às concessionárias para Recife-PE – Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), e Cuiabá-MT – Companhia de Saneamento da Capital (SANECAP), possui a característica de terem tarifas progressivas conforme aumentam os níveis de consumo de água, conforme se constata na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Estrutura tarifária de Cuiabá-MT e Recife-PE, em 2008.

BLOCOS DE PREÇO	QUANTIDADE CONSUMIDA POR BLOCO DE PREÇO	TARIFA APLICADA POR BLOCO DE PREÇO (R\$)		COMPARAÇÃO RELATIVA ENTRE DIFERENÇA DE PREÇOS (DP)		
		CUIABA	RECIFE	CUIABA	Relação	RECIFE
P0	TSF	8.00	8.56	6.50%	<	7.00 %
P1	w ₁	1.12	2.15	47.91%	<	27.98%
P2	w ₂	1.68	2.47	31.98%	<	47.02%
P3	w ₃	2.80	2.94	4.76%	<	5.00%
P4	w ₄	3.70	4.03	8.19%	<	8.92%
P5	w ₅	5.56	4.79	16.07%	>	13.85%

(*) TSF = tarifa social fixa

$$\text{Nota: } DP_{\text{Cuiabá}} = \frac{P_{\text{Cuiabá}} - P_{\text{Recife}}}{P_{\text{Recife}}} \quad \text{e} \quad DP_{\text{Recife}} = \frac{P_{\text{Recife}} - P_{\text{Cuiabá}}}{P_{\text{Cuiabá}}}$$

Fonte: SANECAP, 2015; COMPESA, 2014. Adaptado, 2016.

Observa-se que os preços em Cuiabá e Recife são distintos dos observados por Olmstead et al. (2007), que registram preços significativamente maiores no primeiro bloco de preços objetivando

garantir a cobertura dos custos fixos. Em ambas as capitais, os preços são progressivos e o primeiro bloco possui o menor nível dos preços aplicados. Observa-se também que os preços então adotados em Recife eram maiores que os de Cuiabá em todos os blocos, com exceção do quinto bloco. Por ser uma região que, tradicionalmente, tem enfrentado a menor disponibilidade hídrica do país e que possui uma companhia estadual de abastecimento de água – seus preços refletirão objetivos de uso mais regrado do recurso hídrico, e seriam aplicados a todos os municípios do Estado, indistintamente, sem observar se do litoral ou do sertão pernambucano. Já Mato Grosso não possuía mais companhia estadual desde o ano 2000, daí o preço aplicado pela companhia municipal se restringir tão somente à Cuiabá, observando então as especificidades locais.

Tanto os preços quanto as quantidades consumidas de água foram linearizadas e nessa estrutura tarifária apresentada, foram tomados cinco blocos de preço, linearizados ($lpr_1 - lpr_5$) e quatro pontos de quina (quebra):

- ⇒ Segmento 1 ($0 < \text{segm} < 10$); Segmento 2 ($10 < \text{segm} < 20$); Segmento 3 ($20 < \text{segm} < 30$); Segmento 4 ($30 < \text{segm} < 40$); Segmento 5 ($\text{segm} > 40$) → $s1 + s2 + s3 + s4 + s5$.
- ⇒ 1º Ponto de quina: ponto 10; 2º Ponto de quina: ponto 20; 3º Ponto de quina: ponto 30; 4º Ponto de quina: ponto 40 → $k1 + k2 + k3 + k4$.
- ⇒ A função de máxima verossimilhança (ML) foi assim aplicada:
- ⇒ $ML = \text{Log}(s1 + s2 + s3 + s4 + s5 + k1 + k2 + k3 + k4)$ parâmetros alfa1 – alfa 15 eta eps.
- ⇒ Para os pontos de quina, foram obtidas cinco rendas virtuais, linearizadas: $lyv_1, lyv_2, \dots, lyv_5$.

A seguir, o quadro demonstrativo das variáveis selecionadas para a estimação.

Quadro 1: Variáveis selecionadas para o Modelo de Escolha Discreto-contínua (DCC) e siglas aplicadas ao GRETL

ALFA (α)	SIGLAS GRETL	SIGLAS	VARIÁVEIS AJUSTADAS AO MODELO DCC	FONTES
VARIÁVEL TRATADA (Y)				
	lw	Wt	Quantidade final de água consumida	POF-IBGE
VARIÁVEIS HIPOTÉTICAS DE CONTROLE				
Alfa 1			Constante	
Alfa 2	Pr_i	$pr_1 - pr_5$	Preço marginal (em 5 blocos de preço)	COMPESA/SANECAP
Alfa 3	Yv_i	$yv1 - yv5$	Renda virtual (em 5 blocos de consumo)	POF-IBGE
Alfa 4	QM	Q_moradores	Quantidade de Moradores no domicílio	POF-IBGE
Alfa 5	TD	T_Domicilio	Tipo de Domicilio (casa, apartamento, outros)	POF-IBGE
Alfa 6	QC	Q_Comodos	Quantidade de Cômodos	POF-IBGE
Alfa 7	PA	Prov_Agua	Proveniência da água (rede geral, poço ou nascente, outra)	POF-IBGE
Alfa 8	QB	Q_Banheiros	Quantidade de Banheiros	POF-IBGE
Alfa 9	AE	Anos_Estud	Anos de estudos	POF-IBGE
Alfa 10	TDP	tam_dom_peq	Tamanho do domicílio: pequeno	POF-IBGE
Alfa 11	TDM	tam_dom_med	Tamanho do domicílio: médio	POF-IBGE
Alfa 12	ECH	est_chuva	Estação sazonal de chuva (Seca 0, Chuva 1)	INMET-BDMEP/POF-IBGE
Alfa 13	ER	Evapo_real	Evaporação Real.	INMET-BDMEP
Alfa 14	UR	Umid_rel	Umidade Relativa	INMET-BDMEP
Alfa 15	TM	Temp_max	Temperatura Máxima	INMET-BDMEP

Fonte: Elaboração pessoal, 2016.

Sobre as variáveis relacionadas no Quadro 1, há que se fazer algumas considerações: (a) O preço marginal por bloco de consumo foi obtido junto às companhias de abastecimento de água. Admite-se que teoricamente, pelo *mainstream*²⁴, preço e quantidade consumida mantêm uma relação inversa, ou seja, correlação negativa, e que em relação ao preço, a água é um bem com grau de alta essencialidade e de restrita substitubilidade; (b) A renda por moradores dos domicílios representa a renda *per capita* mensal, em valores de moeda real R\$/a.m. Admite-se a água como um bem normal, com uma correlação positiva entre quantidade consumida e renda; (c) O tamanho dos domicílios foi obtido como um Proxy da quantidade de banheiros e quantidade de cômodos; (d) Com a classificação dos meses de ocorrência de chuvas e secas durante 2008-2009, em Recife e em Cuiabá fornecidos pelo INMET-BDMEP (BRASIL, 2008), cruzando com o período real da coleta, foi possível classificar os períodos mensais da estação de chuva como uma variável *dummy*.

A Tabela 3 traz a estatística descritiva dos dados e, conforme já destacado por Melo & Jorge Neto (2005, p.11), percebe-se que o sistema de tarifação em bloco de preços faculta *o agrupamento de observações em torno dos pontos de mudança de faixas de consumo*, ou seja, nos pontos de quina, referente a escolhas feitas pelos consumidores de água. Nesta tabela pode-se observar que é exatamente na 1ª quina de consumo de 10 m³, que tanto em Recife – consumo mensal total de água nessa faixa em 139 m³ –, quanto em Cuiabá – consumo total de água em 154 m³–, que há uma concentração em torno de 28%, ficando Recife com 56 m³ de consumo nessa quina, enquanto Cuiabá com 97 m³ nessa faixa. Também no nível de consumo mensal de água de até 10 m³, Recife possui uma frequência acumulada (FA) de consumo mensal de água de 44,60% enquanto Cuiabá possui uma FA relativamente maior, de 69,50%.

Tabela 3: Distribuição da variável quantidade consumida de água – Cuiabá e Recife, 2008-2009.

Nível	Bloco de consumo de água (m ³)	Recife			Cuiabá		
		Quantidade consumida de água de (W_C)	Frequência relativa (FR%)	Frequência acumulada (FA%)	Quantidade consumida de água de (W_R)	Frequência relativa (FR%)	Frequência acumulada (FA%)
1	$0 \leq w_1 < 10$	83	16.5%	16.5%	57	41.5%	41.5%
2	$w_{k1} = 10$	56	28.1%	44.6%	97	28.0%	69.5%
3	$10 < w_2 < 20$	31	25.2%	69.9%	87	15.5%	85.0%
4	$w_{k2} = 20$	6	6.7%	76.5%	23	3.0%	88.0%
5	$20 < w_2 < 30$	15	12.8%	89.3%	44	7.5%	95.5%
6	$w_{k3} = 30$	3	2.6%	91.9%	9	1.5%	97.0%
7	$30 < w_2 < 40$	4	3.2%	95.1%	11	2.0%	99.0%
8	$w_{k4} = 40$	0	1.4%	96.5%	5	0.0%	99.0%
9	$w_5 > 40$	2	3.5%	100.0%	12	1.0%	100.0%
–	Número de observações	200	100.0%	100.0%	345	100.0%	100.0%

Fonte: Elaboração pessoal, 2016.

²⁴ Corrente principal nas Ciências Econômicas, pautada nos pressupostos da Escola Neoclássica.

Nota-se que o consumo entre Cuiabá e Recife distingue-se na concentração por faixa de consumo: Recife tem aproximadamente 92% da quantidade de água consumida na faixa de até 30 m³; enquanto em Cuiabá é de 97% nessa mesma faixa.

Na Tabela 4 a seguir, verifica-se que, em Cuiabá, 31,49% compreendem moradores que se concentram em domicílios pequenos; mas a maior concentração de moradores está dentre os moradores de domicílios médios 47,91%, enquanto que nos domicílios grandes encontram-se 20,60% dos moradores, conforme apontam os dados da amostra estudada.

Estabelecendo-se a relação “quantidade de moradores por tamanho de domicílio” com concentração de consumo em torno dos 80%, pode-se observar que para os domicílios pequenos (TDP) a concentração se dá até o 3º nível de consumo de água, onde 300 moradores, isto é, 81,1% consomem até menos de 20m³/a.m. Já para os domicílios médios (TDM) a concentração expande-se até o 5º nível de consumo de água, onde 499 moradores, isto é, 88,7% consomem até menos de 30m³/a.m. Também para os domicílios grandes (TDG) a concentração expande-se até o 5º nível de consumo de água, onde 213 moradores, isto é, 88,1% consomem até menos de 30m³/a.m.

Tabela 4: Distribuição da quantidade de moradores por tamanho de domicílios por nível de consumo de água para Cuiabá – MT, 2008-2009.

Nível	Bloco de consumo de água (m ³)	(QM)	(TDP)	(TDM)	(TDG)	(QM/TDP)		(QM/TDM)		(QM/TDG)	
1	$0 \leq w_1 < 10$	173	30	20	7	81	21.9%	68	12.1%	24	9.9%
2	$w_{k1} = 10$	339	36	35	26	128	34.6%	122	21.7%	89	36.8%
3	$10 < w_2 < 20$	304	27	48	12	91	24.6%	174	30.9%	39	16.1%
4	$w_{k2} = 20$	83	5	13	5	15	4.1%	49	8.7%	19	7.9%
5	$20 < w_2 < 30$	159	12	21	11	31	8.4%	86	15.3%	42	17.4%
6	$w_{k3} = 30$	27	2	4	3	5	1.4%	14	2.5%	8	3.3%
7	$30 < w_2 < 40$	31	0	7	4	0	0.0%	19	3.4%	12	5.0%
8	$w_{k4} = 40$	21	0	4	1	0	0.0%	16	2.8%	5	2.1%
9	$w_5 > 40$	38	7	4	1	19	5.1%	15	2.7%	4	1.7%
TOTAIS		1.175	119	156	70	370	100%	563	100.0%	242	100.0%

(QM) – Quantidade de Moradores por domicílio; (TDP) – Quantidade de domicílios com tamanho pequeno; (TDM) – Quantidade de domicílios com tamanho médio; (TDG) – Quantidade de domicílios com tamanho grande; (QM/TDP) – Quantidade de Moradores por tamanho de domicílio pequeno; (QM/TDM) – Quantidade de Moradores por tamanho de domicílio médio; (QM/TDG) – Quantidade de Moradores por tamanho de domicílio grande.

Fonte: Elaboração pessoal, 2016.

Já na Tabela 5 apresentada, pode-se observar que, para Recife, a relação se dá de modo peculiar, pois, independente do tamanho do domicílio, a maior concentração se dá majoritariamente até o 3º nível do consumo de água, ou seja, até menos de 20m³/a.m., sendo para TDP 82,4%; TDM 82,2% e TDG 85,6%, totalizando 557 moradores, ou seja, 83% do total de moradores de Recife, onde 34,03% moram em domicílios pequenos, 41,19% em moradias de tamanho médio e, por fim, 24,78% referem-se a domicílios grandes. Comparativamente, observa-se que em Cuiabá o consumo mensal de água por domicílio é maior que o de Recife.

Tabela 5: Distribuição de moradores por tamanho de domicílios por nível de consumo de água para Recife – PE, 2008-2009.

Nível	Bloco de consumo de água (m ³)	(QM)	(TDP)	(TDM)	(TDG)	(QM/TDP)	(QM/TDM)	(QM/TDG)			
1	$0 \leq w_1 < 10$	247	33	26	24	94	41.2%	83	30.1%	70	42.2%
2	$w_{k1} = 10$	185	18	27	11	63	27.6%	89	32.2%	33	19.9%
3	$10 < w_2 < 20$	125	8	15	8	31	13.6%	55	19.9%	39	23.5%
4	$w_{k2} = 20$	16	3	2	1	8	3.5%	6	2.2%	2	1.2%
5	$20 < w_2 < 30$	65	5	6	4	24	10.5%	23	8.3%	18	10.8%
6	$w_{k3} = 30$	7	2	1	0	4	1.8%	3	1.1%	0	0.0%
7	$30 < w_2 < 40$	16	0	3	1	0	0.0%	12	4.3%	4	2.4%
8	$w_{k4} = 40$	0	0	0	0	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
9	$w_5 > 40$	9	1	1	0	4	1.8%	5	1.8%	0	0.0%
TOTAIS		670	70	81	49	228	100.0%	276	100.0%	166	100.0%

(QM) – Quantidade de Moradores por domicílio; (TDP) – Quantidade de domicílios com tamanho pequeno; (TDM) – Quantidade de domicílios com tamanho médio; (TDG) – Quantidade de domicílios com tamanho grande; (QM/TDP) – Quantidade de Moradores por tamanho de domicílio pequeno; (QM/TDM) – Quantidade de Moradores por tamanho de domicílio médio; (QM/TDG) – Quantidade de Moradores por tamanho de domicílio grande.

Fonte: Elaboração pessoal, 2016.

1.5 RESULTADOS EMPÍRICOS

Foram rodados os modelos DCC tanto para Cuiabá como para Recife, com o propósito de obter a função demanda e as elasticidades preço e renda, respectivas, aplicando o método da máxima verossimilhança, numa amostra de dados obtida junto à POF 2008-2009.

Este trabalho partiu das análises e considerações propostas por Olmstead et al. (2007), contudo, durante o processo de aplicação do modelo para a estimação da função demanda de água sob os preços não lineares, os procedimentos econométricos adotados por Melo & Jorge Neto (2005, 2007) foram os que nortearam este trabalho, embora o software utilizado por eles tenha sido o Eviews, aqui a opção foi pelo software livre GRETL 2016²⁵.

Os resultados fundamentais da estimação baseada no modelo de escolha discreto-contínua – DCC, conforme demonstrado, serão apresentados separadamente para Cuiabá e para Recife, ensejando posterior comparação entre os resultados obtidos. Para tal foi aplicada a constante na função-demanda, de modo a considera-la ‘função com intercepto’ Essa distinção deve-se para a obtenção do ótimo de Pareto ao aplicar os critérios que conferem robustez aos resultados, ou o não ótimo, mas o melhor possível obtido (*second best*). Aqui então, foi obtida uma função heurística, uma quase aproximação da solução ótima.

1.5.1. Resultados para Cuiabá – MT e para Recife - PE

²⁵ Um software multiplataforma para análise econométrica, escrito em linguagem C, livre e de código aberto, podendo ser redistribuído e/ou modificado de acordo com os termos da Licença Pública Geral GNU (GPL) publicada pela Free Software Foundation. Disponível em: http://gretl.sourceforge.net/gretl_portugues.html.

A Tabela 6 reproduz os resultados obtidos no relatório de saída para as estimativas melhores dos parâmetros, observando-se o termo constante (intercepto) na função (5) aplicada. O propósito foi o de garantir que haveria um nível de consumo autônomo da água para os moradores dos domicílios observados. Representam uma aproximação do ótimo, da validade do modelo. É então uma função heurística que é consistente, embora não ótima. Isso é aferido pelos sinais obtidos na aplicação dos critérios dos testes de robustez do modelo aplicado. Foram os menores valores possíveis obtidos, mas para serem ótimos, deveriam vir com sinais negativos.

Neste cenário, na tabela 6, para Cuiabá, pode-se verificar a consistência do grau obtido na Elasticidade preço da demanda igual à unidade ($E_{PD} = |-1,0|$), não o mantendo como um bem de demanda preço-inelástica, mas sim unitária, ou seja, há reação inversamente proporcional na quantidade consumida de água frente a aumentos de faixa de preço. Tal resultado coincide com os resultados obtidos por Melo e Jorge Neto (2005; 2007) para o semiárido nordestino, assim como os da Elasticidade renda da demanda, confirmando a água como um bem normal, renda-inelástica para Cuiabá ($E_{RD} = 0,17$), assim como para Recife ($E_{RD} = 0,25$).

Pode-se verificar na Tabela 6 para Recife, uma inconsistência teórica do coeficiente obtido na Elasticidade preço da demanda maior que a unidade ($E_{PD} = |-1,14|$), indicando a água como um bem de demanda preço-elástico. Pela teoria, a água possui grau de essencialidade e, nos níveis básicos de sobrevivência, substitutibilidade nula (CARDOSO, 2005), configurando-se por demanda preço-inelástica. Tais resultados também não seriam coincidentes com os resultados obtidos por Melo e Jorge Neto (2005; 2007) para o semiárido nordestino, e nem com os obtidos para os EUA e o Canadá por Olmstead, Hanemann & Stavins (2007).

Contudo, pesquisas aplicadas nos EUA e analisadas na meta-análise desenvolvida por Espey, Espey & Shaw (1997), que buscaram analisar o porquê das estimativas empíricas da elasticidade-preço da demanda residencial por água variarem de forma tão significativa, identificaram que, durante o período de verão norte-americano, alcançaram graus modulares elásticos ($E_{PD} > |-1|$) para a demanda, frente a alterações de preços. Também os resultados obtidos por Hewitt e Hanemann (1995, p. 188), que também aplicaram o Modelo DCC com aplicação do método de máxima verossimilhança, apresentaram coeficientes mais altos de elasticidade-preço, indicando maior elasticidade no consumo, com valores modulares estimados variando entre $E_{PD} > |-1,57|$ e $E_{PD} > |-1,63|$.

Para Espey, Espey & Shaw (1997, p 1372) o uso de modelagem com uso de preços crescentes em bloco resulta numa demanda de água com coeficientes mais elásticos do que aqueles obtidos com aplicação dos demais modelos, de tal modo que seriam a estrutura tarifária aliada a variáveis ambientais, as que exerceriam papel crucial frente à sensibilidade de resposta dos consumidores frente a preços, ou seja, a elasticidade-preço da demanda residencial de água.

Sobre essa concepção Olmstead, Hanemann & Stavins (2007, p. 193) explicam que pode ocorrer uma reação no comportamento do consumidor frente à estrutura das tarifas de água, resultante de sua observância tanto ao preço ou a outro fator qualquer, como aos ambientais – com os programas de conservação e controle de secas – mas que isso não conferiria condição aos IBP's de imprimirem tendência de incremento na elasticidade. Isso porque consideram que, no tocante às características domiciliares há uma subjacente heterogeneidade que poderia estar correlacionada com a elasticidade preço e com a utilidade do consumidor (OLMSTEAD, HANEMANN & STAVINS, 2007, p. 193).

Já quanto à Elasticidade renda da demanda, os resultados coincidem com as pesquisas internacionais, confirmando a água como um bem normal, renda-inelástica ($E_{RD} = 0,25$).

Neste modelo, constatou-se que os resultados da estatística z validaram as variáveis explanatórias aplicadas na pesquisa.

Na tabela 6, pode-se identificar que foram cumpridos os pressupostos básicos de que o preço marginal fosse negativo e a renda virtual positiva, tanto para Cuiabá, quanto para Recife, destacando-se que, para Cuiabá, esse comportamento é mais forte, pois a relação é significativa em virtude dos dados empíricos. Já para Recife esta relação é fraca, pois não experimentou significância.

Considerando o tipo de domicílio (TP), Quantidade de Cômodos (QC), Proveniência da água (PA), Tamanho do Domicílio: Pequeno (TDP), Tamanho do Domicílio: Médio (TDM), Evaporação Real (EVR), Temperatura Máxima (TM) e Umidade Relativa (UR), os sinais dos coeficientes são as mesmas tanto para Recife, quanto para Cuiabá, o que indicaria que estas variáveis são comuns para identificar uma função de demanda da água em ambas as capitais estudadas, observando-se que, para Cuiabá, a variável mais importante foi TDP, assim como a variável QM, que também é importante para a cidade de Recife, indicando significância no modelo.

Ainda na tabela 6, identifica-se que as variáveis – quantidade de banheiros (QB), anos de estudo (AE) e estação sazonal da chuva (ECH), apresentam sinais dos coeficientes diferentes para ambas as capitais, o que indicaria que estas variáveis são particularidades de cada cidade, evidenciando que para Cuiabá estas três variáveis foram mais sensíveis que para Recife. Em Cuiabá se identifica que maior quantidade de banheiros e mais anos de estudos provocam aumento na demanda de água.

Tomando-se as variáveis explicativas que, em 2008, mais fortemente influenciaram o aumento da demanda de água em Cuiabá encontram-se a quantidade de moradores por domicílio, quantidade de banheiros, os anos de estudo; as que influenciam moderadamente estão renda e tamanho pequeno dos domicílios. Já os que influenciam fracamente estão o preço marginal e a estação chuvosa. O parâmetro eta (η) que capta a heterogeneidade nas preferências do consumidor tem valor estimado alto, garantindo que esta heterogeneidade está garantida.

Já para Recife as variáveis explicativas que mais fortemente influenciaram o aumento da demanda de água, em 2008, foram: a quantidade de moradores por domicílio e os anos de estudo. O

parâmetro eta (η) que capta a heterogeneidade nas preferências do consumidor também possui valor estimado alto, garantindo que a heterogeneidade está garantida.

Sobre as estatísticas geradas com o método de máxima verossimilhança geradas pelo pacote GRETL, para Cuiabá e Recife, tem-se que: (a) quanto à convergência deu-se em $1,82 \text{ E } -12$, com o máximo de 6000 iterações; (b) a estatística de log-verossimilhança média²⁶ para Cuiabá foi de $-0,1906$ ($= -65,74606$ para 345 observações) e para Recife foi de $-0,856274$ ($= -171,2549$ para 200 observações).

²⁶ Que implica na divisão entre a função valor maximizada pelo número de observações da amostra aplicada ao modelo.

Tabela 6: Estimação da função demanda de água pelo Modelo DCC para Cuiabá-MT e para Recife – PE, por máxima verossimilhança. Modelo A– função com intercepto

Variáveis do modelo	Coeficiente		Erro padrão ⁽¹⁾		Estatística z		p-valor		Influência sobre a demanda	
	Cuiabá	Recife	Cuiabá	Recife	Cuiabá	Recife	Cuiabá	Recife	Cuiabá	Recife
Constante	1,75383	1,48078	8,22214e+06	72,4621	0,0000	0,02044	1,0000	0,9837		
Preço marginal	-1,00048	-1,13535	0,56535	3,00727	-1,7697	-0,3775	0,0768	0,7058	*	
Renda virtual	0,171471	0,248080	0,0782499	0,496101	2,1913	0,5001	0,0284	0,6170	**	
QM	0,425243	0,595664	0,0356073	0,112655	11,9426	5,287	<0,0001	<0,0001	***	***
TD	0,298979	0,375993	0,19083	0,678064	1,5667	0,5545	0,1172	0,5792		
QC	-0,067626	-0,142209	0,0414457	0,195783	-1,6317	-0,7264	0,1027	0,4676		
PA	0,221238	0,572972	8,22214e+06	1,23723	0,0000	0,4631	1,0000	0,6433		
QB	0,287039	-0,0291404	0,0951415	0,536702	3,0170	-0,05430	0,0026	0,9567	***	
AE	0,0690053	-0,172772	0,0144635	0,0448171	4,7710	-3,855	<0,0001	0,0001	***	***
TDP	0,463358	0,592070	0,187407	0,531769	2,4725	1,113	0,0134	0,2655	**	
TDM	-0,210512	-0,172755	0,151685	0,540804	-1,3878	-0,3194	0,1652	0,7494		
ECH	-0,490317	0,591797	0,28617	1,14775	-1,7134	0,5156	0,0866	0,6061	*	
EVR	0,155659	0,385289	0,246564	0,615575	0,6313	0,6259	0,5278	0,5314		
TM	-0,900897	-1,06991	1,18287	11,2555	-0,7616	-0,09506	0,4463	0,9243		
UR	0,271967	0,582987	1,69688	8,04900	0,1603	0,07243	0,8727	0,9423		
η	1,12186	2,77235	0,0733904	0,275607	15,2861	10,06	<0,0001	<0,0001	***	***
γ	-0,153522	-0,330255	0,184117	0,367442	-0,8338	-0,8988	-4,5994	0,3688		
		Cuiabá		Recife			Cuiabá		Recife	
Máximo de Iterações		6000		6000	Tolerância de Convergência		1,82 E – 12		1,82 E – 12	
Log da verossimilhança:		-65,74606		-171,2549	Critério de Akaike		165,4921		376,5098	
Critério de Schwarz:		230,8324		432,5812	Critério Hannan-Quinn:		191,5136		399,2010	
Maximizador		BFGS		BFGS						

⁽¹⁾ Erros padrão baseados na matriz dos Produtos Externos (ou vetoriais);

(***) significativo a 1%, (**) Significativo a 5% e (*) Significativo 10%

Fonte: Elaboração pessoal, 2016.

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito de se estimar a função demanda residencial da água com uso de estruturas de preços marginais crescentes em bloco, admitindo-se a existência da renda virtual e aplicação do modelo estrutural de escolha discreto-contínua (DCC), flexível o suficiente para permitir o agrupamento de observações, com a técnica de máxima verossimilhança – foi colimado, permitindo-se a obtenção das respectivas elasticidades, preço e renda da demanda, para Cuiabá e Recife, em 2008, com base de dados fundamentais obtidos da POF 2008-2009. Explica-se que, porém, foi obtida apenas uma função heurística, uma quase aproximação da solução ótima, porém o melhor resultado possível frente aos dados disponíveis.

Foi adotada uma estruturação de preços em cinco blocos segmentados e pontos limítrofes distribuídos em 10, 20, 30 e 40 pontos de quebra, num total de 200 observações para Recife e 345 para Cuiabá.

Tal estruturação de preços por bloco denota uma tendência de concentração nas primeiras faixas de consumo, como estratégia do consumidor, de ambas as capitais, de evitar pagar mais ao deslocar-se para o bloco subsequente.

Entre Cuiabá e Recife, observando-se apenas a concentração global de quantidade consumida de água por faixa de consumo, é a capital de MT que concentra majoritariamente (97%) seu consumo de água na faixa de até 30 m³, enquanto Recife, 92%. Ou seja, comparativamente, Recife consome mensalmente maior quantidade de água, já que 8% de seu consumo atinge faixa até acima de 40 m³. Assim, tomando-se tão somente a relação quantidade consumida por faixa de consumo, observa-se que em Recife há uma maior concentração no consumo de água, comparativamente à Cuiabá. E isso à revelia de ter preços mais elevados nos blocos iniciais de consumo, indicando aqui que preços não funcionariam como redutor de consumo no caso de Recife.

Destaca-se que, em ambas as capitais, o valor cobrado no primeiro bloco de consumo (até 10 m³) não é fixo, como os verificados nos estudos de Melo e Jorge Neto (2005, 2007) e nos de Olmstead.

Contudo, ao se estabelecer a relação “quantidade de moradores por tamanho de domicílio” e tomando-se uma concentração de consumo em torno de 80%, pode-se observar que para Recife, essa relação já é diferente, pois, independente do tamanho do domicílio, quer sejam moradores de domicílios pequenos, de tamanho médio ou domicílios grandes – a maior concentração se dá majoritariamente só até o 3º nível do consumo de água, na faixa de até menos de 20m³/a.m, com 83% do total de moradores de Recife.

Já para Cuiabá, considerando-se os domicílios pequenos (TDP), a concentração se dá até o 3º nível de consumo de água, onde 81,1% dos moradores consomem até menos de 20m³/a.m. Mas para os domicílios médios (TDM) como também para os domicílios grandes (TDG), a concentração expande-se até o 5º nível de consumo de água, onde aproximadamente 88% desses moradores consomem até menos de 30m³/a.m.

Assim, em termos de consumo de água dos moradores por domicílio, afere-se que, comparativamente, em Cuiabá o consumo mensal de água domiciliar é maior que o de Recife. Sob este condicionante, para as famílias recifenses, pode-se sugerir que os preços funcionariam como indutor de redução de consumo.

Quanto à hipótese considerada, confirmou-se que a demanda residencial urbana de água nas capitais é indicador de usos regionais mais ou menos intensivos do recurso, sendo, portanto, uma importante ferramenta para se evitar a escassez e instruir políticas públicas de sustentabilidade do recurso e gestão eficiente.

Isso pode ser aferido em relação a ambas as capitais, temas de estudo neste trabalho – Cuiabá possui um consumo médio mensal de água de até 20 m³ por domicílio, apenas para 31,49% dos moradores de domicílios de tamanho pequeno, posto que os demais 68,51% de moradores da cidade, o consumo mensal de água estende-se até 30 m³ por domicílio, sendo a maioria constituída por moradores de domicílios de tamanho médio. Já em Recife, a relação é distinta, posto que, independentemente do tamanho do domicílio, a maior concentração se dá majoritariamente apenas até o 3º nível do consumo de água, ou seja, até menos de 20m³/a.m., para 83% do total de moradores de Recife.

Desse modo, em 2008, o consumo entre Cuiabá e Recife distinguia-se na concentração por faixa de consumo – enquanto Recife atingia 88% de consumo de água na faixa de até 20 m³, Cuiabá atingia 89,3% na faixa imediatamente superior até menos de 30 m³. Assim, constata-se que, comparativamente, Cuiabá um consumo mensal de água por domicílio significativamente maior que o de Recife.

Assim, com a estimação da demanda residencial da água foram obtidas as elasticidades-renda da demanda que apresentaram coeficientes de $E_{RD} = 0.17$ para Cuiabá e $E_{RD} = 0,25$ para Recife, concernentes aos pressupostos de que a água é um bem normal de demanda renda-inelástica, atendendo, portanto, aos padrões observados internacionalmente.

Neste cenário, quanto à elasticidade-preço da demanda, pode-se verificar que, para Cuiabá, há consistência no grau obtido igual à unidade ($E_{PD} = -1,0$), confirmando que o preço pode ser instrumento de redução do consumo, pois sendo um bem de demanda com elasticidade-preço unitária, haverá uma reação inversamente proporcional na quantidade

consumida de água frente a aumentos de faixa de preço. Tal resultado coincide com os resultados obtidos por Melo e Jorge Neto (2005; 2007) para o semiárido nordestino.

Já para Recife, o coeficiente obtido na elasticidade-preço da demanda foi maior que a unidade ($E_{PD} = -1,14$), indicando um bem de demanda preço-elástico, enquanto pela teoria, a água configura-se por demanda preço-inelástica, dados o seu grau de alta essencialidade e quase nula substitutibilidade nos níveis básicos de sobrevivência. Todavia, autores identificaram que, sob a ação de IBP's, as estimativas empíricas da elasticidade-preço da demanda residencial por água alcançam graus modulares elásticos ($E_{PD} > -1$) para a demanda, diante de mudanças de preços. Além disso, autores que usaram o Modelo DCC com aplicação do método de máxima verossimilhança, como Hewitt & Hanemann (1995), também obtiveram graus de elasticidade-preço mais elevados, indicando maior elasticidade no consumo, com valores modulares superiores à unidade. Nesse contexto, os resultados obtidos para Recife da elasticidade-preço da demanda encontram respaldo na literatura especializada.

Alguns indícios podem explicar tal resultado – baixa renda da população, o preço como indutor de redução de consumo *per capita*, e o uso alternativo de outras fontes de captação de água fora da rede de distribuição oficial, como o uso de poços, muito comuns na capital pernambucana.

Olmstead, Hanemann & Stavins (2007) apontam que um dos componentes explicativos de uma maior elasticidade seria a *elasticidade da probabilidade* que o consumidor identificaria em cada torção possível ao longo de sua restrição orçamentária, e o outro seria o efeito-renda secundário, oriundo dos subsídios inframarginais obtidos de mudanças de preços, ou seja, da uma renda virtual.

Assim, há uma probabilidade de o consumidor ser sensível à mudança de preços por bloco de consumo e decidir restringir seus gastos de água, promovendo economia na quantidade consumida, caso observe os preços marginais aplicados. Bem como pode obter uma renda virtual, ou subsídio, por mudança de preços. Tal concepção analítica pode ser admitida para o caso de Recife e Cuiabá.

CAPÍTULO 2 – ENSAIO II

MUNICIPALIZAÇÃO PLENA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM MATO GROSSO: EFEITOS DA MUDANÇA DE POLÍTICA PÚBLICA.

2.1 INTRODUÇÃO

De todos os serviços públicos, um dos mais essenciais é o do saneamento básico, constituído pelos serviços de (a) abastecimento de água potável; (b) esgotamento sanitário; (c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; (d) drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Este trabalho se aterá tão somente aos serviços de abastecimento de água potável. As empresas estaduais de saneamento responsáveis pelo serviço de distribuição urbana de água tratada são, na verdade, grandes usuárias de água, captadoras de água bruta²⁷. São organizações técnicas dessa prestação de serviços, executoras de políticas públicas (SILVA FILHO, ABREU e FERNANDES, 2008).

No Brasil, a partir de 1971 é que foi desencadeado o processo de ordenamento do saneamento básico com a construção e regularização do setor, através da edição de planos e arcabouço legal no contexto de uma política pública nacional.

A motivação da pesquisa surgiu no contexto de avaliação dos modelos de gestão estadual dos serviços de saneamento básico, conforme determinado pelo PLANASA. Partirá, contudo, de seu contraditório, ao propor a avaliação dos efeitos sobre o abastecimento de água em Mato Grosso justamente com a extinção de sua gestão estadual. Ou seja, avaliará os efeitos da mudança na política pública de abastecimento de água.

Segundo a ANA (2010), o estado do Mato Grosso era, até então, o único estado brasileiro a não mais possuir uma agência estadual responsável pelos serviços de água e esgoto, tendo passado a sua administração para os municípios, que se tornaram responsáveis por seu próprio sistema de abastecimento. Alguns estados (como AM e AC) intentaram também municipalizar o serviço, contudo o fizeram apenas parcialmente, além de não terem extinguido suas companhias estaduais de saneamento.

²⁷ Água não tratada, potável ou não, retirada de algum manancial, como rios, lagos, poços, barragens, etc.

Nesse contexto, a pergunta sobre se haveria vantagens advindas de um processo de municipalização plena da gestão dos serviços de água nos estados brasileiros será respondida neste trabalho com a aplicação de um modelo econométrico específico.

O objetivo geral deste ensaio foi o de aferir os efeitos de mudanças em políticas públicas no setor de abastecimento urbano de água.

A hipótese foi a de que a mudança de política pública em 2000, no âmbito do modelo de gestão estadual do abastecimento de água no estado de Mato Grosso, para gestão plenamente municipal, instituída pela Lei Estadual nº 7.358/00 que extinguiu a companhia estadual, apresentaria resultados favoráveis ao estado.

Para isso, optou-se por uma análise comparativa a partir de uma mudança de política pública feita na estrutura de gestão no Estado de Mato Grosso, que o fez diferir dos demais estados brasileiros, ao extinguir sua companhia estadual de saneamento básico.

A fim de aferir os efeitos que a ausência de uma gestão estadual centralizada conferiu ao sistema, será aplicado um estudo de caso comparativo entre o Estado de Mato Grosso e os demais Estados do Brasil, como um contrafactual, a partir da implementação dessa lei, ou seja, da mudança na política pública. Seria possível então, aferir como seriam tais efeitos desencadeados pela gestão plenamente municipalizada em Mato Grosso, caso não houvesse ocorrido essa mudança estrutural. Para aquilatar se a ausência de uma gestão estadual centralizada conferiu melhoria ao sistema, comparativamente aos demais estados que permaneceram com a gestão centralizada, será aplicado um estudo de caso comparativo entre o Estado de Mato Grosso e os demais Estados do Brasil, como um contrafactual, a partir da mudança na política pública. Para tal, será feita uma modelagem econométrica aplicando-se o *método do Controle Sintético*, proposto por Abadie e Gardeazabal (2003) e aprofundado mais tarde por Abadie, Diamond & Hainmueller (2010). Espera-se com isso comparar os resultados reais de MT com os de seu sintético.

A base de dados deste trabalho é concebida a partir dos dados colhidos junto ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), uma plataforma de informações do Ministério das Cidades. Serão utilizados também Dados Censitários IBGE (2000 e 2010), bem como informações do Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento (PNUD) e do Inmet.

Um esclarecimento faz-se necessário – o de que o termo gestão aqui será empregado tão somente como indicativo de gestão municipalizada ou o de gestão estadual, centralizada. Isso implica que aqui não serão discutidos aspectos pertinentes à gestão empresarial, mas tão somente sobre a composição da direção que é conferida às companhias de saneamento – sobre

os efeitos de uma mudança de uma gestão central, realizada e coordenada pelo Estado, para uma gestão municipalizada, realizada e coordenada pelos municípios. Ou seja, sobre os efeitos da aplicação de um ou outro modelo de gestão da atividade de abastecimento de água.

Este ensaio será composto por sete seções, com esta introdução, inclusive. A segunda apresentará o ordenamento jurídico do setor de saneamento básico no Brasil. A terceira tratará da gestão do saneamento básico no Brasil e a extinção da SANEMAT. Já a quarta seção mostrará os procedimentos metodológicos e a base de dados, apresentando a especificação econométrica do modelo do Controle Sintético para o estudo de caso comparativo. Na quinta seção serão apresentados os resultados empíricos obtidos sobre os efeitos da municipalização plena dos serviços de abastecimento de água em MT, adicionalmente apresentando duas subseções: a das tendências de trajetórias observadas em outra variável como predita e a da inferência estatística com a robustez dos resultados obtidos. Já a sexta seção terá as considerações analíticas do estudo desenvolvido. Por fim, a sétima seção conterá as referências que forneceram a sustentação teórica para a realização deste ensaio.

2.2 O ORDENAMENTO JURÍDICO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O processo de construção e regularização do setor no Brasil se deu paulatinamente com a edição de planos e leis instituidoras de políticas públicas de ordenamento do saneamento básico, que começou a acontecer, enquanto política pública nacional, a partir de 1971. Correlacionar datas e edições dessas políticas delinea um painel explicativo que possibilita o seu estudo analítico. Tem-se então que as políticas de ordenamento dos recursos hídricos no Brasil²⁸ possuem a seguinte ordenação:

- 1967: Lei Federal n.º 5.318 – Política Nacional de Saneamento;
- 1971: Plano Nacional de Água e Saneamento (PLANASA) – Criação de companhias estaduais de saneamento;
- 1997: Resolução CONAMA 237 – Licenciamento ambiental;
- 1997: Lei das Águas - n.º 9.433 – Nacional de Recursos Hídricos (PNRH); Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH);
- 2000: Lei n.º 9.984, Decreto n.º 3.692 – Agência Nacional de Águas (ANA)
- 2000: Lei n.º 9.984: Coordenação do SINGREH;

²⁸ Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/default.aspx>.

- 2007: Lei nº 11.445 – Marco regulatório. Diretrizes nacionais para o saneamento básico;
- 2010: Decreto Presidencial 7.217 – Regulamenta a Lei 11.445/2007.

Em 1971, no período da ditadura militar, a instituição do Plano Nacional de Água e Saneamento (PLANASA) representou um marco no disciplinamento do setor. Sustentado numa gestão totalmente pública, centralizada nos governos estaduais, tinha o propósito de gerar a expansão da oferta de água e do esgotamento sanitário no país, instituindo a tarifação para a autossustentação financeira das empresas. Contudo, ele provocou uma ruptura entre as instituições responsáveis pela saúde e as que planejavam o saneamento, além de concentrar as decisões nas companhias estaduais criadas em detrimento das decisões municipais. Turolla (1999 e 2002) considerou a ação do PLANASA bem sucedida durante a década de 1970, no tocante à aceleração do processo de expansão do saneamento básico no país, mesmo que estivesse aquém das demandas urbanas em franca expansão naquele momento. Entretanto, destacou também que, por focar na construção e implantação do sistema, sem preocupações maiores com sua operacionalização, o esgotamento desse modelo se deu principalmente ao restringirem-se suas fontes de financiamento – já em meados da década de 1980, e também porque a gestão totalmente pública não conseguia mais atender aos novos desafios do setor.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), já em 1997, instituiu que as concessionárias estaduais de saneamento, por serem usuárias de um recurso natural, estariam sujeitas ao licenciamento ambiental. Isso implicava na necessidade de aplicação de modelos de gestão ambiental, focados na preservação e qualidade ambiental dos recursos hídricos do país.

No mesmo período da Resolução do CONAMA, surge a Lei das Águas que, num cenário de progressiva escassez hídrica, tinha seu foco na distribuição equitativa do recurso. Assim, além de criar uma política nacional, instituiu também um sistema de gerenciamento do setor, configurando a água como objeto de proteção no contexto da estrutura do meio ambiente global, para garantir o desenvolvimento sustentável e sua manutenção ecologicamente equilibrada. A Lei definiu os fundamentos da política, objetivos, diretrizes, instrumentos e planos de recursos hídricos.

Na Lei das Águas, está definido que a água é um bem de domínio público e é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. E que, em situações de escassez, o uso prioritário do RH deverá ser o consumo humano e a dessedentação de animais. E que seria a gestão dos RH que garantiria o uso múltiplo das águas e sustentáveis da água, devendo ser

uma gestão descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Nesse cenário, o estado abriria mão de parte de seu poder para compartilhar as decisões e a gestão das águas com os usuários, prefeituras, sociedade civil organizada, através dos Comitês de bacias.

No âmbito dos instrumentos de gestão da Lei das Águas, destacam-se as autorizações e tarifas para o uso da água e o sistema de informações de recursos hídricos. Entretanto, só a partir da regulação do setor pela Agência Nacional das Águas (ANA), a partir de 2000, que os estados e municípios passaram a dar cumprimento à Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída por ela.

A ANA é uma autarquia federal, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério das Cidades. Ela possui o papel de disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela PNRH, sob a coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos SINGREH, em todo o território nacional, de tal modo a assegurar a disponibilidade ambientalmente sustentável²⁹ de água.

A fim de esclarecer e encaminhar questões não abarcadas até então pela legislação em vigor, é promulgada em 2007 a Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB), que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico. O objetivo dessa Lei era o delineamento de novas políticas setoriais para a ampliação ao acesso universal de água e saneamento básico, via incremento de investimentos. Configurando-se no novo marco regulatório do setor, a Lei 11.445 levava em consideração as especificidades locais, bem como a possibilidade de utilização de tecnologias que se adequassem à capacidade de pagamento dos usuários municipais. Assim, a LNSB definiu instrumentos e regras para o planejamento, a fiscalização, a regulação e a prestação dos serviços. Adicionalmente, esta lei focou no aumento da transparência e estabeleceu o controle social sobre todas as funções oficialmente estabelecidas. Em suma, esta lei deu o ordenamento jurídico efetivo para a consolidação do setor.

Monteiro (2007, p. 7) aponta que, no tocante ao saneamento básico definido pela LNSB, a prestação do serviço *por entidade que não integra a Administração titular do serviço depende de contrato, vedado o uso de qualquer instrumento precário*. Informa também que tal contrato, que seria o instrumento legal instituindo a cooperação entre municípios – a partir de então se estruturando como poder concedente – e as empresas

²⁹ Ambientalmente sustentável significa ser de boa qualidade e em quantidade suficiente para a geração atual e para as futuras gerações.

estaduais, denomina-se *contrato de programa*, que para sua celebração não requereria licitação.

Em 2010, o Decreto 7217/2010 veio a apresentar um regramento aos conceitos definidos na LNSB, no tocante ao planejamento e a prazos. Ficou definido o exercício financeiro de 2014³⁰ para acesso a recursos orçamentários da União ou a recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal. Também seria vedado tal acesso nesse prazo aos titulares do serviço público de saneamento que não tivessem instituído, por instrumento legal específico, o controle social – que se daria via órgão colegiado.

No transcurso de tempo do ordenamento jurídico e institucional do saneamento básico brasileiro que se iniciou em 1971, houve progressivo avanço e ampliação do serviço país afora. Porém, com a falência da PLANASA, juntamente com a extinção do Banco Nacional de Habitação – responsável pelo financiamento do setor com utilização dos recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), o setor de saneamento viveu um período de hiato institucional, delongando-se por quase 20 anos. Somente em 2007, com a instituição da LNSB, que os horizontes do serviço de saneamento básico viriam a ser ampliados. Esse marco regulatório definiu um cenário de garantias oficiais que estimulou a intensificação dos investimentos no setor. Além disso, a exigência de regulação e da elaboração de planos de recursos hídricos nos diversos níveis institucionais – federal, estadual e municipal – alterou o panorama, criando demandas gerenciais em todas as instâncias governamentais, posto que a partir de então as agências estaduais de saneamento passariam a prestar contas a uma agência reguladora, sob um cenário propício à gestão compartilhada – governo, empresa, e sociedade civil. Verifica-se que, tanto a Lei nº 11.445/2007 quanto o Decreto 7.217/2010 apontam na direção de uma gestão democrática no saneamento – pelo controle social e pela direta participação popular, através dos Comitês de bacias hidrográficas (CBH's), órgãos consultivos e deliberativos de gerenciamento³¹.

2.3 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL E A EXTINÇÃO DA SANEMAT

³⁰ Posteriormente alterado em seu Artigo 26, §2º, para a data de 31 de dezembro de 2015, conforme o Decreto nº 8.211, de 2014, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8211.htm#art1.

³¹ Maiores detalhes em Jacobi e Barbi (2007).

O saneamento básico configura-se como um mercado de *monopólio natural*, no qual, dadas as barreiras de ingresso, expressas pelos altos custos de implantação da atividade – normalmente apenas uma empresa possui economias de escala e consegue ser eficiente ao fornecer o produto a um custo inferior às demais. Isso desencadeia um conflito entre as eficiências produtivas e alocativa, bem como a retração de investimentos, como apontado por Turolla (2002). Turolla adiciona ainda que os modelos da França e da Inglaterra, por terem avançado nas parcerias público-privadas, buscando resolver esses problemas, são bem sucedidos.

No Brasil, este é um mercado regulado, cujo propósito é coibir preços abusivos, garantir melhores serviços, e a universalização dos serviços às populações de baixo poder aquisitivo. Turolla (1999) já descrevia que a indústria do saneamento no Brasil apresentava forte concentração das companhias estaduais – o que se mantém ainda no setor. Os serviços de saneamento básico no Brasil são executados por concessionárias estaduais, concessionárias privadas, municípios autônomos, municípios com autarquias³² – com suporte de assistência da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA.

A este setor cabe executar serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, desenvolvendo três atividades principais: tratamento e abastecimento de água – com Estações de Tratamento de Água (ETA); esgotamento sanitário; e disposição/tratamento dos resíduos líquidos – em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Adicionalmente, as concessionárias desses serviços respondem também pelo planejamento e execução de projetos, obras de implantação, ampliação, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

No tocante à gestão do saneamento que, após a Lei das Águas em 1997, passou a ser institucionalmente requerido nas três instâncias governamentais – da União, dos Estados e dos Municípios, Ferreira (2005) apresenta um estudo para cada uma dessas três instâncias. Na esfera federal, tanto a Caixa Econômica Federal (CEF) quanto o Banco Nacional de

³² Mato Grosso é o único estado brasileiro que extinguiu sua companhia estadual de saneamento e fez a municipalização plena de todos os seus municípios desse serviço. Alguns dos demais estados privatizaram os serviços em alguns municípios – uns deram certo, outros não. Mas todos mantiveram suas companhias estaduais. Na verdade, MT antecipou o que viria a ser posteriormente determinado pela Lei Federal nº 11.445/2007, de que todas as cidades brasileiras deveriam elaborar, até dezembro de 2010, os seus planos de saneamento básico, pois que os municípios seriam os responsáveis por organizar a prestação dos serviços de saneamento básico à população local. Portanto, a partir de então caberia a eles elaborarem a política e o plano de saneamento básico do seu território. O propósito seria o de tornar os municípios gestores de sua própria política de saneamento, até que um dia todos se tornem autônomos. Mas podendo permanecer uma companhia estadual como coordenadora ou reguladora do sistema.

Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) fomentaram iniciativas municipais para fortalecê-las e para estimular a participação do setor privado.

Na esfera estadual, existiam três dinâmicas de reestruturação das companhias estaduais: a do fortalecimento gerencial, a da desestatização e a da devolução aos municípios. Sobre a dinâmica de fortalecimento gerencial, Ferreira traz como exemplos as experiências de mudanças desenvolvidas pelas companhias de São Paulo (SABESP), Paraná (SANEPAR) e Ceará (CACEGE), explicando que novos modelos de gestão foram implantados, como o de transferir maior autonomia às unidades regionais, adoção de políticas visando incrementar a eficiência operacional, e a diversificação das fontes de recursos com a abertura do capital da empresa para investidores privados.

Para a dinâmica da desestatização, Ferreira (2005) explica que se deram apenas tentativas para tal, pois no Brasil, a noção de que a distribuição de água deve ser realizada por entidade pública é predominante. Assim, as tentativas de desestatizar as concessionárias, não foram exitosas, pois todas elas foram barradas pela oposição nos municípios que intentaram a privatização, como as CESB's do Rio de Janeiro (CEDAE) e Espírito Santo (CESAN), cuja rejeição por parte dos municípios cessou o processo das vendas. Finalmente, a estratégia de devolução dos serviços de saneamento básico aos municípios deu-se parcialmente no Amazonas (COSAMA) e plenamente em Mato Grosso (SANEMAT), onde os governos estaduais iniciaram políticas de estímulo para que os municípios pudessem assumir os serviços.

Por fim, na esfera municipal da gestão, diante da premência de investimentos demandados para expansão e operacionalização do setor, bem como da escassez de recursos, alguns municípios privatizaram seus serviços de saneamento (FERREIRA, 2005, p. 24).

Nesse contexto de mudanças na gestão do saneamento, o governo de Mato Grosso deu início ao processo de municipalização dos serviços de saneamento básico com o decreto de nº 1802³³ (MATO GROSSO, 1997), criando as condições para a extinção pretendida da Companhia de Saneamento do Estado – SANEMAT. Neste decreto o governo estadual transferia aos municípios a reassunção da prestação desses serviços, diretamente ou via transferência à iniciativa privada, *em virtude da extinção, a ser operada dos atuais vínculos existentes entre os Municípios e a SANEMAT* (Art.1º, § Único).

³³ Decreto nº 1.802, de 05-11-1997 que trazia a seguinte redação em seu Artigo 1º: A Municipalização dos Serviços Públicos de Saneamento Básico, atualmente prestado pela Companhia de Saneamento do Estado de Mato Grosso (SANEMAT), observará a legislação pertinente e os procedimentos estabelecidos neste Decreto. Parágrafo único Entende-se por Municipalização a reassunção, pelos Municípios titulares dos mencionados serviços, da prestação destes diretamente ou mediante transferência à iniciativa privada, em virtude da extinção, a ser operada dos atuais vínculos existentes entre os Municípios e a SANEMAT.

Assim, em 13 de dezembro de 2000, foi instituída a Lei Estadual nº 7.358/00 (MATO GROSSO, 2000) que extinguiu a SANEMAT, sendo o primeiro e único estado, a partir de então, a não possuir um órgão estadual de coordenação do sistema de abastecimento, dando início a um processo de municipalização plena dos serviços de saneamento básico (ANA, 2010).

2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso do estado de Mato Grosso, a fim de analisar o seu desempenho antes e depois da Lei estadual nº 7.358/00-MT, que extinguiu a companhia de saneamento básico estadual, delegando aos municípios a execução do abastecimento de água. Constituiu-se assim no único estado do país a implantar um processo de municipalização plena do serviço de abastecimento de água.

Na ausência da companhia estadual, houve sensível alteração na política pública de gestão e coordenação centralizada do setor de saneamento básico feita pelo estado. Assim, para avaliação dos efeitos dessa alteração na política pública, de já não seria possível observar as condições da gestão tão somente a partir da lei que extinguiu a empresa, de modo que Mato Grosso não poderia ser observado apenas como um estado “tratado” e não “tratado”. Por isso, propõe-se neste trabalho a utilização do *Método do Controle Sintético*, inicialmente apresentado por Abadie e Gardezabal (2003) e aprofundado posteriormente por Abadie, Diamond & Hainmueller (2010).

Este método se aplica a estudos comparativos de entidades agregadas, como empresas, escolas, unidades administrativas, etc., como explicam Abadie, Diamond & Hainmueller (2010). Ele assenta-se na constituição de um grupo de comparação que seja o mais assemelhado possível ao grupo tratado pré-intervenção. Este grupo constituído será então o grupo hipotético / sintético, contrafactual, a ser comparado com o grupo tratado, o qual se objetiva avaliar. Se o grupo hipotético possuir características assemelhadas ao do grupo real até o período em que se dê o evento, então os potenciais resultados obtidos entre ambos os grupos pós-intervenção poderão espelhar o efeito de interesse.³⁴

³⁴ Distintos estudos foram desenvolvidos para casos comparativos entre o antes e o depois de uma dada intervenção de política pública ou evento, aplicando-se este método para a obtenção de um contrafactual. Como, por exemplo, o de Silveira Neto et al. (2013), para avaliação do caso do programa Pacto pela Vida, do Estado de Pernambuco, obtendo indícios de que este programa foi bem sucedido. Também o estudo de Cavallo et al. (2010), que avaliaram o impacto causal médio de curto e longo prazo dos desastres naturais catastróficos sobre o

Abadie, Diamond & Hainmueller (2010) apresentam uma série de vantagens do método para os estudos de caso comparativos. Como a de se comparar dados entre uma unidade afetada por uma determinada ocorrência e um conjunto de unidades não afetadas. A comparação é possível mesmo que não haja disponibilidade de dados no mesmo nível de agregação.

Outra vantagem é que a proposta de uso de procedimentos de dados orientados³⁵, objetivando constituir *grupos de comparação* em estudos de caso, diminui critérios na escolha de unidades de controle de comparação que serão utilizadas para comparação com a unidade tratada, na medida em que estes, ao fazerem agrupamentos com unidades de controle com características semelhantes à unidade tratada, reduzem os critérios de escolha.

Nesse contexto, o método do controle sintético, ao recorrer a um agregado de unidades, pode fornecer uma comparação para a unidade sob intervenção melhor do que apenas uma unidade o faria. Outras duas características vantajosas desse método sobre demais métodos de regressão tradicionais são a transparência e salvaguarda contra extrapolação, apontam Abadie, Diamond & Hainmueller (2010). Isso se dá pelo fato do controle sintético ser uma média ponderada das unidades de controle disponíveis, que permite fazer a comparação entre esse grupo hipotético com o grupo real, mas não permitindo assim que haja extrapolação para outra situação, que não entre essas variáveis selecionadas, o que tornam os resultados mais específicos, peculiares, pois extrapolar estatisticamente fora do limite estabelecido pelo conjunto de valores utilizados³⁶ poderia invalidar o modelo. E também faculta a pesquisadores a decisão sobre qual a melhor arquitetura de seu trabalho, dispensando, por exemplo, as unidades doadoras de características mais díspares comparativamente à unidade tratada – sem que isso necessariamente venha afetar as conclusões do estudo, requisito importante para a isenção de pesquisa.

crescimento econômico, que consideraram esta metodologia a que proporcionaria a melhor estratégia de identificação viável para o parâmetro de interesse da pesquisa por eles realizada. Há ainda o estudo apresentado por Corseuil et al. (2013) avaliando o efeito dos pisos salariais estaduais sobre o mercado de trabalho, aplicando a metodologia do controle sintético por considerá-la a mais adequada para identificar efeitos de tratamento em unidades agregadas.

³⁵ Dados orientados compreendem um sistema em que o os objetos semelhantes são agrupados em classes. Isso permite que sejam constituídos grupos de comparação. É um procedimento de modelagem. O modelo orientado a objetos possui várias características, que são importantes em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Orientados a Objetos (SGBDOO) – um sistema de modelagem intuitiva, mais simples do mundo real – tendo por base um conjunto de objetos (entidades). [...] Os objetos que contém os mesmos tipos de valores e os mesmos métodos são agrupados em classes, onde uma classe pode ser vista como uma definição de tipo para objetos. Disponível em: http://www.flf.edu.br/revista-flf/monografias-computacao/monografia_marluce_nunes.pdf. E em http://www.cos.ufrj.br/~marta/BDOO_OR_sbbd2003.pdf. Acesso em: 21-06-2015.

³⁶ Significando que, fora do conjunto de estados selecionados e fora do período temporal definido, não se permite extrapolações, pois se incorreria em erro. Os autores afirmam que esta é uma vantagem do método.

A formalização do modelo proposto por Abadie, Diamond & Hainmueller (2010, pp. 494-496), apresenta-se como se segue:

Condições:

- o estudo de caso deve ser focado em uma ocorrência específica; que neste estudo é a Lei Estadual nº 7.358/00, que extinguiu a empresa estadual de saneamento básico em Mato Grosso;
- assume-se que apenas a unidade tratada, no caso o estado de Mato Grosso, está sujeito ininterruptamente à intervenção de interesse;
- supõe-se que haja informações disponíveis sobre $J+1$ regiões e que tão somente uma delas seja a unidade tratada (*Mato Grosso Real*). As J regiões restantes comporão um conjunto de unidades, denominado grupo de controle sintético – ou também de *unidades doadoras* – no caso, o *Mato Grosso Sintético*;
- assume-se também que as J unidades doadoras (não tratadas) não tenham sofrido intervenção nem de forma direta, nem indireta. Aqui cabe ser bastante criterioso na seleção das unidades – excluindo-se, por exemplo, as que não constam informações acerca do período anterior à lei. Assim:

Formalização:

- Y_{it}^I = variável do resultado que seria observado por unidade i no tempo t se a unidade é exposta à intervenção em períodos T_{0+1} a T . Ou seja, é a variável de resultado da unidade i no período t , SE esta unidade for tratada;
- Y_{it}^N = resultado a ser observado para a região i na ausência de intervenção, para as unidades de $i = 1, \dots, j + 1$ e períodos de tempo $t = 1, \dots, T$. Isto é, representa a variável de resultado da unidade i no período t , SE esta unidade não tiver sido tratada. Representa então o contrafactual da variável de resultado.
- Supõe-se que nos dados tem-se que $t = 1, \dots, T$ períodos de observação; Onde T_0 é o número de períodos pré-intervenção, com $1 \leq T_0 < T$;
- É possível então definir o *efeito do programa* para a unidade i no período t como:

$$\alpha_{it} = Y_{it}^I - Y_{it}^N$$
- Recorrendo-se à notação de potenciais resultados, para a unidade i no período t : $\alpha_{it} = Y_{it}^I - Y_{it}^N = Y_{it}^N + \alpha_{it}D_{it}$ onde D_{it} é um indicador que assume valor unitário caso haja exposição da unidade i à intervenção no período t ; e valor zero caso não haja. Assim,

$$D_{it} = \{1 \text{ se } i = 1 \text{ e } t > T_0; \text{ e } 0 \text{ caso contrário}\}$$

- Para que se possa estimar a sequência $(\alpha_{1T_0} + 1, \dots, \alpha_{1T})$. Para $t > T_0$,
- Como Y_{1t}^I é diretamente observado, há que se obter uma maneira de estimar o contrafactual Y_{1t}^N , para o que os autores (2010, p. 494) propõem um processo que geraria a obtenção dos valores dessa variável, dado por um modelo de fato:

$$Y_{it}^N = \delta_t + \theta_t Z_i + \pi_t \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Onde δ_t denota um fator desconhecido comum a todas as unidades no período t com cargas fatoriais constantes em todas as unidades; Z_i representa um vetor ($r \times 1$) de covariáveis observadas, não afetadas pela intervenção, de características predictoras da variável de resultado; θ_t é um vetor ($1 \times r$) de parâmetros desconhecidos; π_t é um vetor ($1 \times F$) de fatores comuns não observados, que entram no processo gerador multiplicando o vetor ($F \times 1$) de pesos dos fatores desconhecidos – *fator loadings* μ_i ; finalmente, ε_{it} representam choques transitórios aleatórios, não observados em nível de região, com média zero.

- O passo seguinte é encontrar o vetor de pesos ($J \times 1$), a fim de combinar as J unidades doadoras num grupo de controle sintético. Assim, considere-se um *vetor de pesos* $W = (w_2, \dots, w_{j+1})'$ tal que $0 \leq w_j \leq 1$, $j = 2, \dots, J + 1$, e $\sum_{j=2}^{J+1} w_j = 1$. Sendo que cada vetor distinto W representa um *grupo potencial de controle sintético*, de tal modo que, baseado nos dados observados para Y e Z das unidades doadoras e no processo proposto gerador da variável de resultado em (1), pode-se então escrever:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} = \delta_t + \theta_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j Z_j + \pi_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j \mu_j + \sum_{j=2}^{J+1} w_j \varepsilon_{jt}$$

- Supondo existir um vetor de pesos $W^* = (w^*_2, \dots, w^*_{j+1})'$ que represente uma estrutura de ponderação dos estados não submetidos à intervenção compreendendo o controle sintético do estado i sob intervenção da política, tal que se atendam as condições:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w^*_j Y_{j1} = Y_{11}, \quad \sum_{j=2}^{J+1} w^*_j Y_{j2} = Y_{12}, \dots,$$

$$\sum_{j=2}^{J+1} w^*_j Y_{jT_0} = Y_{1T_0} \quad e \quad \sum_{j=2}^{J+1} w^*_j Z_j = Z_1 \quad (2)$$

Nesse contexto, Abadie, Diamond & Hainmueller (2010) demonstram que, mediante determinadas condições de regularidade padrão, a diferença a seguir será próxima de zero³⁷:

$$Y_{it}^N - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt}$$

Isto é, o vetor W^* torna possível a criação de uma média ponderada da variável de resultado observada nas unidades doadoras, nas quais o valor é bem aproximado do contrafactual da unidade tratada para o período t para a avaliação de impactos de políticas. Dessa forma, aplicando-se essa média ponderada, obtém-se uma estimativa não viesada do impacto de interesse no período t : $\widehat{\alpha}_{1t} \equiv Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt}$. Há que se destacar, contudo, que é possível que, operacionalmente, não se encontre um vetor de pesos que faça essa diferença ser próxima de zero, pois pode não haver, necessariamente, contrafactuais perfeitos, mas aproximados.

– Por fim, o derradeiro passo é obter o vetor W^* :

Considere-se X_1 uma matriz ($k \times 1$) contendo os valores da característica Z_1 e os da variável de resultado (e/ou combinações lineares dela) para a unidade tratada no intervalo pré-intervenção. Tal como: $X_1 = (Z_1', Y_{11}, \dots, Y_{1T_0}, T_0^{-1} \sum_{t=1}^{T_0} Y_{1t})$. Ao se denotar por X_0 a matriz ($k \times J$) com as mesmas variáveis de X_1 para as J unidades doadoras, o método buscará minimizar a distância $\|X_1 - X_0 W\|$. Para essa minimização, Abadie, Diamond & Hainmueller (2010) indicam o uso de uma matriz V , ($k \times k$), simétrica e positiva semidefinida, responsável por dar a medida da distância de interesse pela seguinte fórmula:

$$\|X_1 - X_0 W\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0 W)' V (X_1 - X_0 W)}$$

– Assim, a matriz V será uma matriz que, implicitamente, atribuirá peso às combinações lineares das variáveis componentes da matriz de diferença $X_1 - X_0 W$.

– Observa-se que a escolha de V , segundo Abadie, Diamond & Hainmueller (2010), influenciará o *erro quadrado médio do estimador* – EQME (em inglês, MSPE). Por isso, eles adotam o procedimento já sugerido em Abadie e Gardeazabal (2003), tal que V seja escolhida entre as matrizes diagonais e positivas definidas de forma a minimizar o EQME da variável de resultado durante o período antecedente à intervenção. Este procedimento será aqui também oportunamente adotado.

³⁷ Ou seja, o valor esperado da diferença entre a variável predita (do estado que sofreu a intervenção) para o período sem intervenção e a soma ponderada pelo vetor W^* dos valores dos estados sem intervenção (estimador) seria zero, sendo que assim, esse seria um estimador não viesado de Y_{it}^N .

– Por fim, objetivando aferir a capacidade do método do controle sintético para reproduzir a evolução de um dado contrafactual, Abadie e Gardeazabal (2003) propõem a realização de um *Teste Placebo*, também denominado teste de falsificação, com o propósito de gerar inferência estatística em estudos comparativos de casos. O procedimento deste teste se dá ao aplicar o método do controle sintético para cada controle potencial da amostra elencada, de tal forma a avaliar se o efeito estimado pelo método para a região tratada, submetida a uma ocorrência de política pública, é efetivamente significativo em relação ao efeito estimado para a região aleatoriamente selecionada. Para os autores este teste é inferencial, pois permite que, independentemente da quantidade de regiões de comparação disponíveis, os períodos de tempo, bem como se os dados são agregados ou individuais – sempre é factível calcular a exata distribuição do efeito estimado das intervenções placebo. O que eles pretendem, na verdade, é examinar se o efeito estimado efetivo da intervenção é ou não grande comparativamente à distribuição dos efeitos estimados para as regiões *não* expostas à intervenção. (ABADIE, DIAMOND & HAINMUELLER, 2010, p. 496).

Aplicação:

Para a aplicação do método, deu-se a seguinte definição metodológica:

- a) Seleção: de indicadores de gestão para todas as unidades da federação (UF), no período de 1998 a 2010;
- b) Variáveis demográficas: população total (Censo e estimativas IBGE, IPEADADOS), população total atendida pelo abastecimento de água (SNIS);
- c) Indicadores sociais: índices de desenvolvimento humano – IDH (PNUD); Renda *per capita* (IBGE, IPEADADOS); condições de saúde através das taxas de mortalidade infantil – TMI (IBGE);
- d) Variáveis econômico-financeiras: tarifa média de água (R\$/m³); consumo médio per capita de água (l/hab/dia); receita operacional direta de água (R\$/ano); investimentos realizados em abastecimento de água pelo prestador de serviços (R\$/ano);
- e) Indicadores de gestão operacional: volume de água produzido (1.000 m³/ano); volume de água consumido (1.000 m³/ano); extensão de rede de água (km); participação das economias residenciais de água no total das economias de água (percentual), quantidade de economias residenciais ativas de água, índice de atendimento urbano de água (percentual), índice de perdas na distribuição (percentual), participação das economias residenciais de água no total das economias de água (percentual).

- f) Exclusões: serão desprezadas as UF que apresentem informações inconsistentes que não permitam a adequada construção do modelo, tais como ausências contínuas de informações ou conflito ostensivo destas, como, por exemplo, dados de população atendida por abastecimento de água com valores superiores aos da população total censitária oficial.

Nesse cenário, serão utilizados dados anuais em painel, em nível estadual para o período de 1998 a 2010. A lei foi promulgada em 13 de dezembro de 2000. Os períodos de tempo considerados foram os seguintes:

- (a) período pré-intervenção: 1998 a 1999; (b) período de corte (ocorrência da lei): 2000; (c) período pós-intervenção: 2001 a 2010, perfazendo um total de 14 anos de observações.

As variáveis que compuseram o banco de dados estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 01: Variáveis selecionadas como possíveis controles do Modelo de CS – o caso de Mato Grosso

SIGLAS	VARIÁVEIS AJUSTADAS AO MODELO CS	FONTES
VARIÁVEL TRATADA (Y)		
PTAAA	População total atendida com abastecimento de água (Habitantes)	SNIS
VARIÁVEIS HIPOTÉTICAS DE CONTROLE		
Investimento	Investimento realizado em abastecimento de água pelo prestador de serviços (R\$/ano)	SNIS
VAP	Volume de água produzido (1.000 m ³ /ano)	SNIS
VAC	Volume de água consumido (1.000 m ³ /ano)	SNIS
Rede	Extensão da rede de água (km)	SNIS
Eficiência	Índice Volume produzido/volume consumido de água (1.000 m ³ /ano) - Eficiência Técnica	SNIS
IAPTA	Índice de atendimento em abastecimento de água em relação à população total do estado, no ano de referência (%)	SNIS
PT	População Total dos Estados, ano de referência em todos os municípios – Estimativas.	IBGE/IPEADATA
Perdas	Índice de perdas na distribuição (percentual)	SNIS
Consumo	Consumo médio per capita de água (l/hab./dia)	SNIS
Tarifa	Tarifa média estadual de água (R\$/m ³)	SNIS
Renda	Renda per capita anual	IPEA-DADOS
Receita	Receita operacional direta de água (R\$/ano)	SNIS
ERAA	Quantidade de economias residenciais ativas de água (Economias)	SNIS
ERA	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%)	SNIS
IAU	Índice de atendimento urbano de água (percentual)	SNIS
TMI	Taxa de Mortalidade Infantil	IBGE
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano	PNUD

Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

Assim, ainda como proposto por Abadie, Diamond & Hainmueller (2010), as matrizes (X_1 , X_0) serão compostas pelas variáveis preditoras em Z , bem como a própria variável Y (e/ou suas combinações lineares de seus valores) no período pré-tratamento. Assim, a variável final de interesse (Y) foi considerada a da *População total atendida com abastecimento de*

água (Ptaaa). As demais possíveis variáveis de controle, não tratadas, estão especificadas no Quadro 01.

Com o propósito de rodar o modelo, a fim de avaliar o efeito da política sobre a gestão das companhias concessionárias de serviços de abastecimento básico, exclusivamente no tocante ao abastecimento de água (sem esgotos), dentre essas 18 variáveis expostas no Quadro 2, apenas foram elencadas aquelas que melhor espelhariam tal quesito gerencial.

A estimação do efeito da Lei será dada pela diferença (GAP) nos níveis da gestão do saneamento básico nos estados entre o grupo do MTR e o do MTS. Para confirmar ou não se tais efeitos são significativamente grandes, uma série de Testes Placebo será aplicada, a fim de conferir a robustez dos resultados obtidos. Nesse contexto serão observados também os valores extremos do erro quadrado médio de predição (EQMP) pré-intervenção em Mato Grosso – que é a média do quadrado das discrepâncias entre os indicadores de gestão em Mato Grosso e sua contraparte sintética durante o período 1998-2000. Frente aos resultados, estados que tiverem um EQMP pré-intervenção muito amplo, extremos, serão descartados. E esse é o propósito do teste de robustez aplicado. Identificar a linha da diferença, ou lacuna ou GAP, em que o MTR será a linha mais fortemente incomum, mais explicitamente identificada como a mais diferente para quase todo o período pós-tratamento. Indicará assim, os efeitos resultantes do tratamento aplicado.

As unidades da federação que não compuseram o contrafactual no modelo, foram as que não apresentavam informações para o período antes da lei (pré-intervenção), de tal modo a representarem um grupo de controle comparativamente o mais próximo possível em características com o estado tratado – doravante denominado *Mato Grosso Real (MTR)*. Assim, sete estados que não dispunham das requeridas informações sobre a maioria das variáveis selecionadas no período foram excluídos, bem como um estado que possuía um viés de informação – os dados informados de sua população total atendida por abastecimento de água (Ptaaa) representava aproximadamente de 2,01 a 2,88 vezes a população total censada, a partir do ano 2000 até 2010. Nesse contexto, estes oito estados não poderiam servir como comparativo de unidades doadoras a comporem o grupo de controle sintético – doravante denominado *Mato Grosso Sintético (MTS)* – que, conforme as diretrizes técnicas anteriormente já mencionadas, constitui uma *média ponderada* dos demais estados brasileiros de controle, com pesos selecionados de tal forma que esse *MTS* obtido espelhe da melhor forma os valores de um conjunto de preditores do consumo de água em Mato Grosso, antes da aprovação da Lei Estadual nº 7.358/00.

Assim, ainda como proposto por Abadie, Diamond & Hainmueller (2010), as matrizes (X_1, X_0) serão compostas pelas variáveis preditoras em Z , bem como a própria variável Y (e/ou suas combinações lineares de seus valores) no período pré-tratamento. Assim, a variável final de interesse (Y) foi considerada a da *População total atendida com abastecimento de água* (Ptaaa). As demais possíveis variáveis de controle, não tratadas, estão especificadas no Quadro 02.

Com o propósito de rodar o modelo, a fim de avaliar o efeito da política sobre a gestão das companhias concessionárias de serviços de abastecimento básico, exclusivamente no tocante ao abastecimento de água (sem esgotos), dentre essas 18 variáveis expostas no Quadro 2, apenas foram elencadas aquelas que melhor espelhariam tal quesito gerencial.

A estimação do efeito da Lei será dada pela diferença (GAP) nos níveis da gestão do saneamento básico nos estados entre o grupo do MTR e o do MTS. Para confirmar ou não se tais efeitos são significativamente grandes, uma série de Testes Placebo será aplicada, a fim de conferir a robustez dos resultados obtidos. Nesse contexto serão observados também os valores extremos do erro quadrado médio de predição (EQMP) pré-intervenção em Mato Grosso – que é a média do quadrado das discrepâncias entre os indicadores de gestão em Mato Grosso e sua contraparte sintética durante o período 1998-2000. Frente aos resultados, estados que tiverem um EQMP pré-intervenção muito amplo, extremos, serão descartados. Esse é o propósito do teste de robustez aplicado. Identificar a linha da diferença, ou lacuna ou GAP, em que o MTR será a linha mais fortemente incomum, mais explicitamente identificada como a mais diferente para quase todo o período pós-tratamento. Indicará assim, os efeitos resultantes do tratamento aplicado.

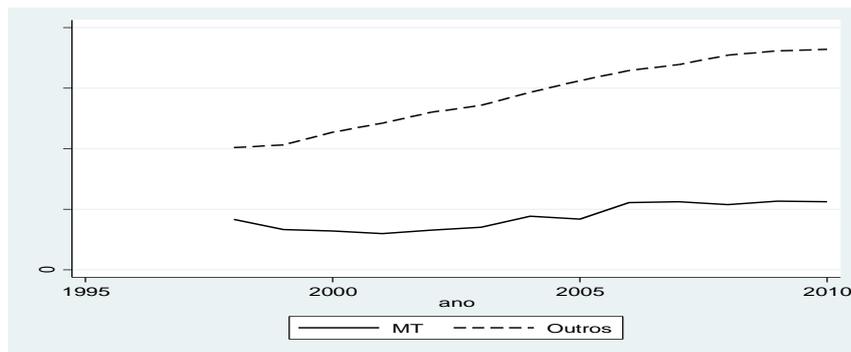
2.5 EFEITOS DA MUNICIPALIZAÇÃO PLENA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM MT: RESULTADOS OBSERVADOS

O grupo do *Mato Grosso Sintético*, composto pelos candidatos a contrafactuais, constituiu-se das seguintes unidades da federação (UF): AM, PA, MA, CE, RN, PE, AL, SE, BA, MG, ES, RJ, SP, PR, SC, MS, GO e DF. Em todos eles existem companhias de saneamento estadual que são operantes, de forma que, direta ou indiretamente, eles não estiveram expostos à influência da intervenção de tratamento. Esse grupo representa os valores dos preditores de Mato Grosso antes da aprovação da Lei. Dentre estes potenciais candidatos a ser o grupo controle, serão selecionados os que efetivamente comporão o grupo

de controle sintético a Mato Grosso. Nesse contexto, seria então considerado: *Mato Grosso Real* (MTR) e o *Mato Grosso Sintético* (MTS), como seu contrafactual.

A Figura 1 representa a evolução das médias de distribuição de água para Mato Grosso e para as demais unidades federativas (UF) – controles potenciais para MT, de 1998 a 2010. Evidencia apenas a tendência de expansão desses indicadores, comum a todos as UF's, como uma consequência das políticas institucionais de saneamento básico no Brasil, sendo que a média dos “outros estados” é de crescimento superior à média de MT. Mostra que, pela média, não se pode definir os contrafactuals de Mato Grosso para a análise comparativa da mudança de política pública.

FIGURA 1 – Média dos indicadores do abastecimento de água em MT e nos “Outros Estados”
– 1998 a 2010



Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

O método escolhido faz a seleção, em conjunto e em média, de quais estados seriam considerados como contrafactuals mais apropriados. A partir daí, gera um vetor de ponderação para o conjunto das unidades doadoras que formam o grupo de controle, de modo que o grupo sintético resultante possua características muito assemelhadas à unidade tratada no período anterior à implantação da Lei Estadual nº 7.358/00, ou seja, no período pré-intervenção. Assim, este vetor representaria a estrutura de ponderação dos estados não tratados, ou seja, representaria o controle sintético do estado sob a intervenção da política.

Para estimar os efeitos da política de extinção da companhia estadual de saneamento em MT, delimitou-se a amostra com 18 estados candidatos a controle. Dentre estes, seis estados se destacaram como os que seriam os potenciais controles, enquanto os demais foram desconsiderados, conforme apresentado na Tabela 1 que apresenta os pesos dos estados que compõem o MTS – Mato Grosso do Sul (41,2%), quatro estados do Nordeste: Rio Grande do Norte (14,8%), Ceará (13,3%), Bahia (12,2%), Pernambuco (10,5%); e o Amazonas (8,0%) –

significando que a tendência do MTR é melhor representada pela combinação destes seis estados, sendo que o do MS é o mais representativo do sintético.

Tabela 1 – Peso das Unidades da Federação no Controle Sintético de Mato Grosso (MTS)

Estado	Pesos (unidades)	Estado	Pesos (unidades)s
AL	0	MS	0,412
AM	0,080	PA	0
BA	0,122	PE	0,105
CE	0,133	PR	0
DF	0	RJ	0
ES	0	RN	0,148
GO	0	SC	0
MA	0	SE	0
MG	0	SP	0

Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

A seguir, a Tabela 2 mostra a média das variáveis aplicadas ao modelo para Mato Grosso Real e Mato Grosso Sintético, com destaque à variável predita – *População total atendida com abastecimento de água* (Ptaaa) – em relação às variáveis predictoras, de controle, selecionadas para expressarem os efeitos da gestão municipalizada plena do saneamento em MT sobre o abastecimento de água à população, no período de 1998 a 2010.

TABELA 2 – Balanço dos preditores para Mato Grosso (MT) e Mato Grosso Sintético (MTS)

Variáveis	Estado Tratado (MTR)	Estado Sintético (MTS)
Variáveis Predictoras		
Volume de água produzido (1.000 m ³ /ano)	11.795530	11.435770
Investimento	15.629290	15.651730
Rede – extensão	8.098219	8.19424
Perdas – índice de perdas na distribuição (percentual)	3.331389	3.401875
Receita operacional direta de água (R\$/ano)	17.739250	17.809950
Consumo médio per capita de água (l/há b./dia)	4.696124	4.803535
Variável Predita, de Interesse.		
População total atendida abastecimento d'água (1998 (1) 1999).	14.208690	14.205900

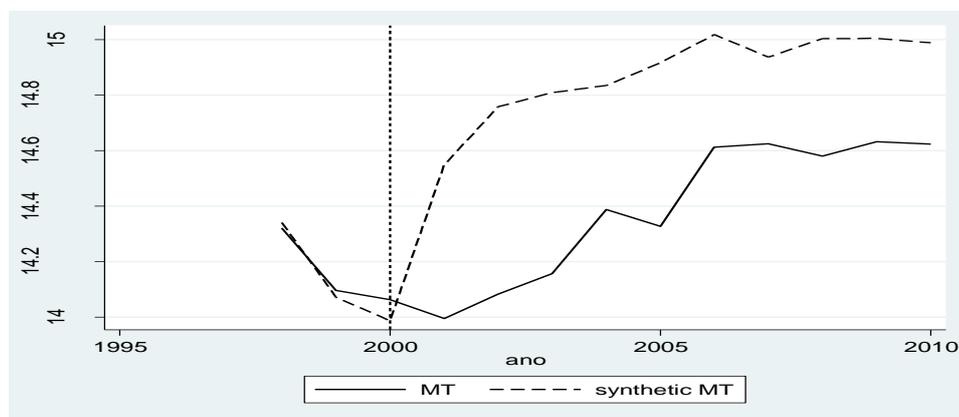
Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

Observa-se que os valores ambos estados (tratado e sintético) são positivos e espelham uma relativa semelhança de comportamento das variáveis nestes estados, durante quase todo o período pré-política observado, indicando que são bons representantes comparativos de controle.

Para ilustrar o efeito desencadeado pela alteração na política pública estadual de saneamento básico em Mato Grosso, a Figura 2 mostra a diferença entre o comportamento dos

indicadores de gestão do saneamento de MT e de seu controle sintético, espelhando os resultados para o período pré-intervenção (1998-2000) e pós-intervenção (2001-2010). Nota-se que, embora o MTS não apresente uma aproximação perfeita em relação ao estado tratado (MTR) no período pré-tratamento, suas trajetórias de queda mostram-se bastante similares. Destacando-se que a partir de 1999 MT já iniciara o processo de transferência da gestão aos municípios, embora ainda com a existência da SANEMAT, o que deu início a um franco crescimento, embora em níveis inferiores aos apresentados pelo MTS, conforme se constata na Figura 2, a seguir:

FIGURA 2 – Comportamento dos indicadores de gestão do abastecimento de água em Mato Grosso e Mato Grosso Sintético – 1998 a 2010



Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

Com a implantação da lei que extinguiu a companhia de saneamento básico em MT, em 2000, observa-se que a trajetória de franco crescimento nas taxas dos indicadores de gestão do estado tratado se manteve, mas sendo agora em níveis comparativamente inferiores a de seu sintético, justamente a partir da extinção da Sanemat. Esta tendência de crescimento dos indicadores do MTR é progressiva até aproximadamente 2004, oscilando ligeiramente para baixo em 2005 e depois retomando sua trajetória de crescimento. Mas sempre a trajetória de MTR seria de crescimento menor que o apresentado pelo MTS, pós-intervenção. Essa diferença mostra indícios de que a política alcançou resultados menos favoráveis do que poderiam ter ocorrido, caso mantivesse a coordenação central da gestão do abastecimento no estado. Os dados apontam crescimento menos proporcional, no tocante ao abastecimento de água à população (PTAAA) no período pós-intervenção, que o crescimento observado no grupo de controle sintético. Como variável predita (Y), PTAAA é tomado na pesquisa como o indicador dos efeitos da gestão do abastecimento de água no estado. Assim, comparando-se os

resultados do ano 2000 com os de 2010, em termos relativos houve um incremento para MTR na ordem de 4,49%³⁸ enquanto para MTS o aumento foi de 7,16%, a partir da implantação da lei, conforme se vê na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Diferença do comportamento da variável predita (Y) entre o estado tratado (MTR) e o estado sintético (MTS) – médias ponderadas linearizadas – 1998 a 2010.

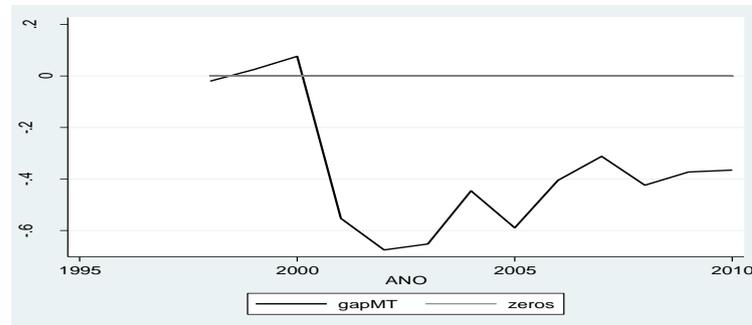
Períodos	MTR	MTS	Diferença MTR e MTS (GAP)	Diferença Relativa de Y (%) [(MTR*100/MTS) – 100]
1998	14.321345	14.340918	-0.019572720	-0,14
1999	14.096033	14.070891	0.02514197	0,18
2000	13.995337	13.986788	0.07634549	0,06
2001	14.082700	14.548696	-0.55335834	-3.20
2002	14.156311	14.757991	-0.67529145	-4.08
2003	14.156311	14.809339	-0.65302775	-4.41
2004	14.387668	14.834289	-0.44662113	-3.01
2005	14.326981	14.916508	-0.58952775	-3.95
2006	14.612664	15.018140	-0.40547569	-2.70
2007	14.624612	14.936550	-0.31193826	-2.09
2008	14.579727	15.003662	-0.42393499	-2.83
2009	14.631632	15.004505	-0.37287269	-2.49
2010	14.623239	14.988683	-0.36544477	-2.44

Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

Analisando-se mais criteriosamente tais resultados, observa-se que apenas em 1999 e 2000, MTR apresentou *Ptaaa* ligeiramente superior ao de seu MTS, para logo em seguida cair 625% comparativamente. A tendência de crescimento do indicador de efeitos de gestão para MTR foi retomada somente a partir de 2001, e mantida após a edição da lei alterando a política pública que delegava completamente aos municípios mato-grossenses a execução de sua política de saneamento básico, em processo amplo e pioneiro de municipalização plena desses serviços no país. Essa tendência ascendente terá picos, nos anos de 2004, de 2007 e 2009, porém apresentará um crescimento bem menor que o de seu sintético, na ordem de -44,62%, -31,19% e 37,29% respectivamente na diferença (GAP) entre os indicadores em ambos estados, fenômeno ilustrado na Figura 3, a seguir:

³⁸ Taxa de crescimento = [(Ano 1 *100/ Ano 0) – 100] Taxa de crescimento = [(Ano 1 / Ano 0) – 1]

FIGURA 3 - Diferença entre o Comportamento da variável predita como indicadora de gestão do serviço de abastecimento de água em Mato Grosso e Mato Grosso Sintético – 1998 a 2010

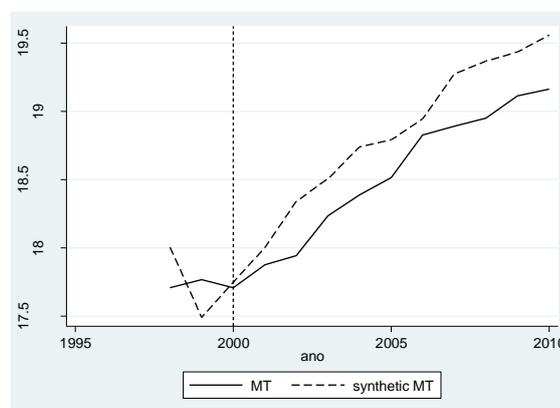


Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

2.5.1 Tendências de trajetórias observadas em outra variável como predita

Corroborando o trabalho sobre essa tendência de trajetória de crescimento menos do que proporcional de Mato Grosso em relação a seu sintético, foram testadas outras variáveis como preditas, no lugar da escolhida como referência deste trabalho, que foi a que apresentou o controle sintético pré-política mais ajustado. Mantendo o mesmo propósito de utilizar variáveis que espelhassem os efeitos resultantes da mudança da gestão do abastecimento de água em MT, foi rodado o modelo com a variável '*receita operacional*' das companhias distribuidoras de água (receita), conforme pode ser visualizado no gráfico correspondente, onde as trajetórias pós-política de mudança para a gestão plenamente municipalizada repetem o mesmo comportamento daquela analisada no presente estudo, como na Figura 4 a seguir:

FIGURA 4: Comportamento dos indicadores de gestão do abastecimento de água em Mato Grosso e Mato Grosso Sintético / variáveis alternativas – 1998 a 2010



Para Y=RECEITA

Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

Nesta situação, observa-se que a trajetória de MT apresenta crescimento após a Lei Estadual nº 7.358/00 (MATO GROSSO, 2000). Contudo, ele é sempre menor que o experimentado pelos demais estados de seu grupo do controle sintético. Ressalta-se que este gráfico apenas foi trazido à baila com o propósito de consubstanciar a análise aqui desenvolvida acerca da tendência das trajetórias observadas no abastecimento de água em Mato Grosso e seu grupo de controle sintético.

2.5.2 Inferência estatística – robustez dos resultados obtidos

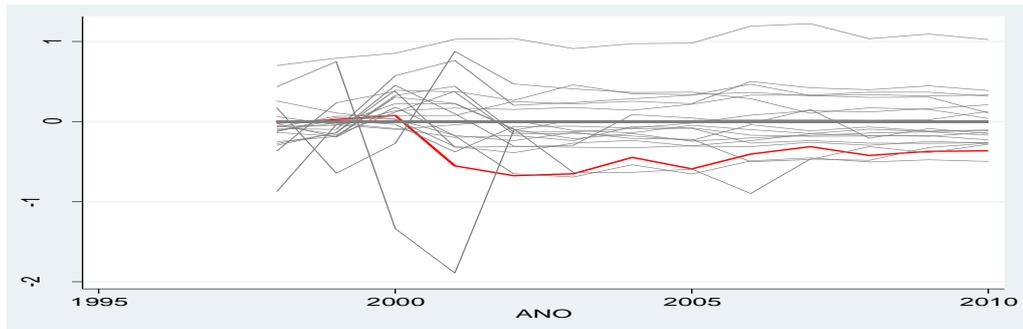
A fim de se aferir a robustez dos resultados alcançados, aplica-se também o procedimento sugerido por Abadie et al. (2010). Denominado de *Teste Placebo*, ou teste de falsificação, ou ainda teste de permutação, compara-se o efeito estimado para o MTR com as evidências obtidas sob a hipótese de que as unidades potenciais a controle, uma por vez, também tivessem se submetido aleatoriamente ao tratamento, e que a unidade falsamente tratada tenha sido a única a sofrer a intervenção e que as demais não tenham sido afetadas. Isso permitiria saber se as estimativas poderiam ser tratadas aleatoriamente, como apregoaram Abadie et al (2010), ou seja, quantas vezes seria possível obter tais resultados se fosse escolhido aleatoriamente um estado para o estudo ao invés de Mato Grosso.

Nesse contexto, caso os estudos placebo apresentarem lacunas (GAP) de magnitude igual à estimada para MT, isso indicaria que não haveria evidência significativa de que a lei surtiu algum efeito. Porém, quanto maior for a distância entre a estimativa para o falso MTR e as estimativas do MTS, as evidências serão mais fortes de que o efeito do tratamento não ocorreu por acaso, mas sim como efeito da mudança na política pública. Destaca-se que durante o período pós-intervenção, a diferença das estimativas denomina-se “efeito placebo”. Isso foi aplicado a cada um dentre todos os 19 estados candidatos a controle da amostra. Esse mesmo procedimento foi aplicado por Abadie et al (2010), Silveira Neto et al. (2013), Cavallo et al. (2010), Corseuil et al. (2013).

Assim, diante do teste em que se substitui um estado qualquer – dentre os 19 candidatos a controle – assumindo-o como se estivesse hipoteticamente sob o efeito da lei, ou seja, como se ele tivesse sido submetido a uma intervenção, observa-se a chance de ocorrer o efeito, e afere-se se há excepcionalidade nas evidências resultantes. Este é o propósito de manter todos os estados selecionados na amostra estudada, a fim de se aplicar o teste de falsificação, a fim de garantir que haja escolha aleatória de estados falsamente submetidos a

uma intervenção tal como a sofrida por MT. A Figura 5 evidencia as diferenças aqui relatadas, estando os controles sintéticos em cinza, e o estado de Mato Grosso em vermelho, compondo então 19 diferenças correlatas às apresentadas anteriormente.

FIGURA 5 – Diferença entre os indicadores do serviço de abastecimento de água nos estados e de seus respectivos Controles Sintéticos – 1998 a 2010



Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

A Figura 5 ilustra claramente que não são todos os estados que representam adequadamente controles sintéticos, pois suas trajetórias não replicam satisfatoriamente o comportamento de MT durante o período pré-intervenção. Dentre estes, destacam-se 4 estados como mal replicadores do controle sintético: AM, ES, SE e SP, cujos erros quadrados médios de previsão (EQMP)³⁹ dos indicadores de gestão do abastecimento de água situam-se, em média, em 4,99 vezes⁴⁰ superiores ao EQMP de MT no período analisado, fazendo-se necessário que eles sejam eliminados. Para a eliminação desses *outliers* aplica-se o cálculo do erro quadrado médio do estimador (EQME) pré-intervenção em Mato Grosso. Ao observar os valores extremos do EQME – que é a média do quadrado das discrepâncias na estimação dos indicadores de gestão de Mato Grosso e de sua contraparte sintética durante o período 1998-2000, – se poderão identificar quais os estados que possuem EQME pré-intervenção muito amplo. Serão exatamente estes os descartados, conforme se pode constatar na Tabela 4 adiante:

³⁹ Em inglês MSPE.

⁴⁰ MA (6,04), ES (5,26), SE (3,47) e SP (5,17).

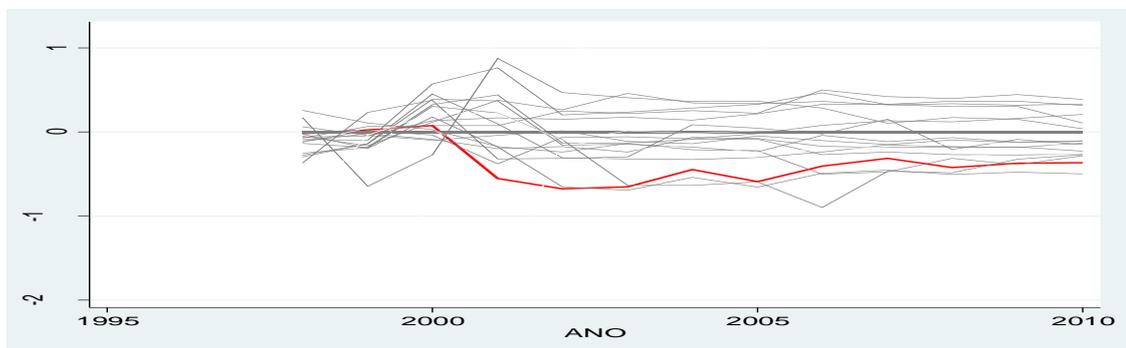
Tabela 4 – Descrição do erro quadrado médio do estimador (EQME) para os estados candidatos a controle sintético de MT – período 1998 – 2000.

Unidades Tratadas		MSPE	Unidades Tratadas		MSPE
1	AL	0.3167046	11	MT	0.1518573
2	AM	0.9177759	12	PA	0.2520743
3	BA	0.0709802	13	PE	0.3392444
4	CE	0.2310304	14	PR	0.0805233
5	DF	0.0715722	15	RJ	0.1620381
6	ES	0.7986760	16	RN	0.2945903
7	GO	0.1191089	17	SC	0.0724898
8	MA	0.3307385	18	SE	0.5275073
9	MG	0.0893664	19	SP	0.7845645
10	MS	0.4166343	–	–	–

Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

Refazendo o teste placebo, agora apenas para os 15 estados restantes, que melhor replicam o controle sintético, tem-se a Figura 6 ilustrada a seguir:

FIGURA 6 – Diferença entre os indicadores do saneamento básico dos estados e de seus melhores controles sintéticos – 1998 a 2010



Fonte: Elaboração pessoal, 2015.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste ensaio foi o de aferir os efeitos de mudanças em políticas públicas de setor de abastecimento urbano de água o qual foi atingido.

Em relação à hipótese de que a mudança de política pública em Mato Grosso no ano 2000, extinguindo a companhia estadual, não apresentaria resultados favoráveis ao estado, também foi confirmada.

Os resultados do estudo de caso aqui aplicado, referentes ao período de 1998 a 2010, indicaram evidências dos efeitos provocados pela extinção da companhia de saneamento

estadual de Mato Grosso, sendo este o único estado do país a implantar tal processo de municipalização plena de gestão do saneamento básico.

Depois do ano 2000, no Brasil, todos os estados do país apresentaram crescimento nos indicadores de resultados de população atendida (Ptaaa). E todos eles, com exceção do estado de Mato Grosso, mantendo suas companhias estaduais de saneamento básico. Assim, com o propósito de aferir o que representou essa ousadia administrativa de MT comparativamente aos demais estados brasileiros, aplicou-se o método do controle sintético sugerido por Abadie et al. (2010), por considerá-lo, metodologicamente, o mais apropriado para tratar das unidades agregadas aqui propostas, muito embora não se possa afirmar que foram obtidos os contrafactuais perfeitos. Após a implantação da lei, observou-se uma tendência de crescimento nas taxas dos indicadores de gestão, embora sensivelmente menores para Mato Grosso comparativamente com o seu sintético. Essa diferença mostra indícios de que a política não foi bem sucedida.

A avaliação foi feita com o uso dos dados oficiais disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério das Cidades. Destaca-se que a coleta de informações do setor no país ainda está em processo de consolidação – nem todos os municípios dos estados prestam as informações pertinentes, podendo-se considerar a existência de um viés de informação, o que limita conclusões mais abrangentes, já que os dados se referem apenas aos municípios que prestaram informações ao sistema, enquanto nada se sabe sobre os demais. Em alguns casos, houve possibilidade de recuperação de informações, ajustando-se a base de dados.

Porém, dentro desse contexto de informações disponíveis e que foram utilizadas na pesquisa, os dados apontam indícios de que para MT esta não foi uma política acertada, pois o crescimento do indicador da população total atendida com abastecimento de água (PTAAA) – que foi a variável de interesse – para Mato Grosso foi proporcionalmente bem menor que o observado para o grupo do controle sintético a partir da implantação da lei em 2000 até 2010. Nesse período, comparativamente em termos relativos, houve um incremento no indicador do PTAAA para MTR na ordem de 4,49% enquanto para MTS o aumento foi de 7,16% – ou seja, foi 37,29% menor em MTR.

Esse cenário reflete que o MTS, com gestão estadual centralizada, observou uma expansão 59,47% maior que a obtida por MTR com gestão plenamente municipalizada, estimulada também pelo maior crescimento nas demais variáveis preditoras selecionadas como indicadores dos efeitos dessa gestão: volume de água produzido, investimentos

realizados em abastecimento de água, extensão da rede, índice de perdas na distribuição, receita operacional direta de água e consumo médio per capita.

Para a aferição da robustez dos resultados e da inferência sobre as estimativas obtidas, aplicou-se o procedimento do teste placebo, a fim de comparar o efeito estimado para o estado tratado (Mato Grosso Real – MTR) com as evidências alcançadas, sob a hipótese de que as unidades doadoras do Mato Grosso Sintético, também tivessem se submetido ao tratamento, cada uma por sua vez e que, enquanto sendo considerada falsamente como unidade tratada, tenha sido a única efetivamente a sofrer a intervenção e que as demais não tenham sido afetadas – tal como se MTR ela fosse. Isso permitiu saber se as estimativas foram tratadas aleatoriamente, ou seja, quantas vezes a obtenção dos resultados foi possível, no caso da escolha aleatória de um estado para o estudo ao invés de Mato Grosso.

Nas maiores diferenças entre a estimativa para o MTR e as estimativas do MTS, mais fortes foram as evidências de que o efeito do tratamento deu-se como efeito da mudança na política pública em MT. O teste do efeito placebo foi aplicado a cada um dentre todos os estados tidos como potenciais controles. Substituindo-se um estado candidato qualquer por MT, como se ele estivesse sendo submetido à intervenção (teste de falsificação), foi possível obter trajetórias para eles em relação a seus controles sintéticos hipotéticos. Com isso, observou-se a ocorrência do efeito e aferiram-se as excepcionalidades nas evidências resultantes, constatando-se que nem todos os estados representaram adequadamente controles sintéticos, posto que suas trajetórias não replicaram satisfatoriamente o efeito da Lei durante o período.

Ao todo, quatro estados foram excluídos ao se verificarem os valores extremos do erro quadrado médio de predição (EQMP) – média do quadrado das discrepâncias entre o indicador de gestão em MT e sua contraparte sintética durante o período analisado. Todavia, a exclusão desses com maiores valores de EQMP não interferiu nas conclusões acerca da inferência anteriormente apresentada com a extinção da companhia de saneamento básico no estado de MT, posto que, após a mudança da política pública estadual, esses estados não replicaram bem a política de gestão municipalizada plena, permitindo-se que fossem tão somente deixados aqueles que melhor espelhassem a experiência aplicada em MT, ou seja, os melhores contrafactuais, cujo EQMP foram os mais próximos aos de MT – permitindo a análise comparativa proposta.

Assim, conclui-se que, com a aplicação do modelo comparativo do controle sintético, foi possível mostrar que essa mudança de política de governo em Mato Grosso não obteve resultados satisfatórios comparativamente aos indicadores do abastecimento de água potável

para os estados selecionados como contrafactuais da análise, ou seja, a não existência de um órgão estadual de planejamento, acompanhamento e controle, acabou comprometendo a trajetória de crescimento do setor em MT. Isso porque o contrafactual (MT sintético), com gestão estadual centralizada, observou uma expansão 59,47% maior que a obtida no estado de MT real, com gestão plenamente municipalizada.

E tais indícios negativos nos resultados, como efeito de mudança de política pública, evidenciam a necessidade de aprofundamento da pesquisa, permitindo derivar novas hastes investigativas, tal como a ampliação do estudo para um detalhamento maior, estendendo-se aos 5.570 municípios brasileiros (IBGE) – obtendo informações do saneamento básico específicas sobre as peculiaridades pertinentes às cidades brasileiras de porte grande, médio ou pequeno.

CONCLUSÕES GERAIS

Esta tese teve a água como tema único tratado nos dois ensaios apresentados. O primeiro ensaio tratou da demanda da água em duas capitais do Brasil – Recife e Cuiabá, recorrendo ao uso de preços marginais e não médios, para a estimação da função demanda da água de uso residencial urbano através de um modelo estrutural de escolha discreto-contínua, em 2008. Essa é então a originalidade deste trabalho, em virtude que é a primeira vez que a demanda de capitais brasileiras é estimada pela aplicação desta metodologia. O segundo ensaio aplicou um estudo de caso comparativo para avaliar os efeitos de uma mudança de política pública nos serviços de abastecimento de água em Mato Grosso, único estado do país a promover a municipalização plena desses serviços, com a extinção da Companhia de Saneamento do Estado – SANEMAT, em dezembro de 2000, através da Lei Estadual nº 7.358/00. Aplicou-se o modelo econométrico do controle sintético para representar um contrafactual para a gestão do abastecimento de água em Mato Grosso, na construção de um grupo de comparação o mais semelhante possível ao grupo de tratamento antes da aplicação da lei, durante o período de 1998 a 2010.

Quanto ao primeiro ensaio, seu objetivo geral foi alcançado, ou seja, foi definida a demanda residencial urbana de água e suas respectivas elasticidades. E quanto à hipótese considerada, confirmou-se que a demanda residencial urbana de água nas capitais é um indicador de usos regionais mais ou menos intensivos do recurso, sendo, portanto, uma importante ferramenta para se evitar a escassez e instruir políticas públicas de sustentabilidade do recurso e gestão eficiente.

A metodologia de utilização de preços em bloco crescentes, não lineares, para estimação da função de demanda pelo modelo econométrico de escolha discreto-contínua (DCC), aplicando a técnica de máxima verossimilhança, possibilitou constatar que, para as duas capitais estudadas no primeiro ensaio, em 2008, o consumo médio mensal de água eram distintos, por níveis de concentração nas faixas de consumo.

Tomando-se, para ambas as capitais, a “quantidade de moradores por tamanho de domicílio” e delimitando-se uma concentração relativa de consumo em torno de 80% do total, observa-se que, 83% do total de moradores de Recife, independente do tamanho do domicílio, tinham maior concentração do consumo de água até o 3º nível, até menos de 20m³/a.m. Já para Cuiabá existia discriminação de consumo por tamanho de domicílio, posto que 81,1% dos moradores de domicílios pequenos concentravam o consumo de água até o 3º nível de consumo, até menos de 20m³/a.m. Porém, tanto os domicílios médios como também os

grandes, a concentração expandia-se até o 5º nível de consumo de água, onde aproximadamente 88% desses moradores consumiam até menos de 30m³/a.m. Assim, em termos de consumo de água dos moradores por domicílio, afere-se que, comparativamente, em Cuiabá o consumo mensal de água domiciliar é significativamente maior que o de Recife.

Com essa estimação da demanda residencial da água, foram obtidas as elasticidades-renda da demanda, ambas concernentes aos pressupostos de que a água é um bem normal de demanda renda-inelástica, em conformidade com os padrões obtidos nos estudos internacionais de referência, quando aplicados preços crescentes em bloco. Para Cuiabá foram obtidos coeficientes de $E_{RD} = 0.17$ e de $E_{RD} = 0,25$ para Recife. Isso implica que as famílias são menos sensíveis a variações na quantidade demandada de água em função de sua renda, ou seja, variações na renda das famílias tendem a não influenciar consideravelmente seus níveis de consumo desse bem.

Já para as elasticidades-preço da demanda, estas apresentaram resultados distintos para cada capital. A de Cuiabá obteve grau modular igual à unidade ($E_{PD} = |-1,0|$), indicando o preço como um agente de política pública eficaz, pois aumentos relativos de preços provocarão redução igualmente proporcional nas quantidades demandadas, já que essa elasticidade-preço indica a água como um bem de demanda com elasticidade-preço unitária. Em Recife, o coeficiente obtido foi maior que a unidade ($E_{PD} = |-1,14|$), indicando um bem de demanda preço-elástico, ou seja, de consumo mais sensível a mudanças nos preços. Isso se distingue da concepção onde a água é classificada como um bem de demanda preço-inelástica, dados o seu grau de alta essencialidade e sua quase nula substitutibilidade nos níveis básicos de sobrevivência. Contudo, a literatura tem apontado que, sob a ação de IBP's e/ou o uso do Modelo DCC, as estimativas da elasticidade-preço da demanda residencial por água frente a alterações de preços, alcançam graus modulares mais elásticos. Isso indicaria uma maior elasticidade no consumo, com valores modulares superiores à unidade ($E_{PD} > |-1|$).

Nesse contexto, os resultados obtidos indicam que a adoção de preços marginais em bloco pelas companhias de abastecimento de água pode ser uma política relativamente eficaz para promover usos mais sustentáveis dos recursos hídricos.

Em Cuiabá, a política de preços crescentes em bloco faculta que a população restrinja seu consumo, com forte concentração de 85%, apenas até o 3º grau de consumo, ou seja, de menos de 20 m³ de água/mês, conforme demonstrado na Tabela 3. Adicionalmente, tomando-se o tamanho de domicílios (Tabela 4), os domicílios pequenos (TMP) concentram seu consumo neste mesmo 3º nível de concentração, enquanto os domicílios médios (TDM) assim

como os grandes (TDG), ambos estendem seu consumo até o 5º nível de consumo de água, ou até menos de 30m³/a.m.

Já em Recife, a política de preços crescentes em bloco faculta que a população estenda a concentração de quantidade de água consumida até o 5º nível, até menos de 30 m³/mês, com 89% (Tabela 3), Comparativamente a Cuiabá, em Recife essa política não se mostraria francamente indutora de restrição de consumo. Porém, ao se considerar o tamanho de domicílios (Tabela 5), o resultado é distinto, mostrando que, independentemente do tamanho destes – quer pequeno, médio ou grande, a maior concentração de consumo de água (em torno de 80%), se dá até o 3º nível do consumo de água, ou seja, até menos de 20m³/a.m. Então, em termos de tamanho de domicílio, comparativamente, observa-se que em Recife o consumo mensal de água por domicílio é menor que o de Cuiabá.

Uma explicação possível disso seria o indicativo de que, no período analisado, em Recife, o consumo médio de água por tamanho de domicílio foi menor em função de que os preços marginais por bloco aplicados pela COMPESA eram mais elevados do que os que vigoravam em Cuiabá – apenas no último nível de consumo de água (acima de 40 m³ mensais), é que essa condição era inversa. Nesse cenário, os preços poderiam ser uma das explicações para essa diferença nos padrões de consumo hídrico entre ambas capitais, somada à condição de que a população de Recife tem conhecimento de que está inserida em uma área de disponibilidade hídrica crítica e por isso possui consumo mais regrado do recurso – enquanto a população de Cuiabá, como um todo, não tem conhecimento dessa condicionante da região do Pantanal, onde se situa – ou ainda, haveria um viés na informação sobre a existência de poços não ligados à rede de distribuição de água que garantiria maiores níveis de consumo à população de Recife sem, contudo, serem contabilizados nos dados oficiais das contas de água.

Uma haste investigativa disso derivada seria a oportunidade de um levantamento mais minucioso, inclusive via imagens por geoprocessamento, a fim de se identificar a quantidade de poços existentes e o potencial de uso hídrico, conforme a disponibilidade espacial do recurso e cruzar as informações com os dados das contas obtidas pela POF. Outrossim, outra haste investigativa seria a necessidade de se avaliar a política de adoção das tarifas sociais, particularmente nas regiões onde a disponibilidade hídrica é menor, sem perder de vista a função social que cabe ao fornecimento universal de água às famílias.

Quanto ao segundo ensaio, o objetivo geral também foi alcançado, ou seja, o de avaliar dos efeitos de mudanças em políticas públicas de setor de abastecimento urbano de água. A hipótese considerada também foi confirmada – a de que a mudança de política

pública em Mato Grosso no ano 2000, alterando para uma gestão plenamente municipalizada e extinção da companhia estadual, não apresentaria resultados favoráveis ao estado.

Os resultados deste estudo de caso apontaram evidências dos efeitos desencadeados por essa opção de mudança da política pública de abastecimento de água em Mato Grosso. A aplicação do modelo comparativo do controle sintético mostrou que essa alteração de política não obteve resultados satisfatórios comparativamente aos indicadores do abastecimento de água para os demais estados selecionados como contrafactuais da análise. E tais indícios negativos nesses resultados evidenciam a necessidade de um aprofundamento da pesquisa, permitindo derivar novas hastes investigativas, tal como a ampliação do estudo para obter informações do saneamento básico específicas sobre as peculiaridades pertinentes aos grandes, médios e pequenos núcleos urbanos do país.

REFERÊNCIAS

PRIMEIRO ENSAIO

AMARAL, A. N.; SHIROTA, R. *Consumo residencial de água tratada em Piracicaba: uma aplicação do modelo de series temporais*, 2001. IV ECOECO, Belém – PA. Disponível em: http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv_en/mesa3/12.pdf. ACESSO: 29-10-2014.

ANDRADE, Thompson A.; LOBÃO, Waldir J. A.; BRANDÃO, Antônio S. P.; SILVA, Salomão L. Q. da; WHITCOMB, John B.; LOPES, Márcio D.; BERNARDO, Deisiane, P.; MARINHO, Bruno A.; OLIVEIRA, Marcelo P. *Estudo da função demanda por serviços de saneamento e estudo da tarifação do consumo residencial*. Texto para discussão n° 415. Rio de Janeiro: IPEA, 1996. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/bf_bancos/e0000626.pdf. E http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1788/1/td_0415.pdf. Acesso em: 29-09-2014.

ARBUÉS, F.; GARCIA-VALIÑAS, M. Á.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. *Estimation of residential water demand: a state-of-the art review*. Journal of Socio-Economics 32, 2003. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/4932233_Estimation_of_residential_water_demand_a_state-of-the-art_review/links/09e415072a5c409ea8000000. Acesso em: Junho-2014.

BRANCO, Otavio Eurico de. *Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade*. Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora – MG, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilidade-H%C3%ADrica.pdf>. Acesso em: jan/2016.

BRASIL. Lei N° 11.445/2007, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 18-06-2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instituto Nacional de Meteorologia – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET/BDMEP) – **Boletins Agro-mensais** sobre temperaturas, umidades relativas, precipitação, evapotranspiração em 2008. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em Nov-2015.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009**. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47307.pdf>.

_____. **Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009 – Análise do consumo alimentar Pessoal no Brasil**. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de

Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:
<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>.

CARDOSO, E. R. *A Precificação dos Recursos Hídricos de Uso Urbano no Vale do Rio Cuiabá*. Dissertação de Mestrado, Orientadores: Prof. Charles Curt Mueller/Prof. Jorge Madeira Nogueira – ECO/CEEMA/UnB. Brasília: UNB, 2005.

CARLEIAL, L. M. e CRUZ, B. O. (coordenação). *Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para a gestão de resíduos sólidos*. Diretoria de estudos e políticas regionais, urbanas e ambientais. Brasília – DF: IPEA, 2010. Disponível em:
http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/estudo_do_ipea_253.pdf. Acesso em: 23-06-2015.

CAVANAGH, S. M., HANEMANN, W. M. and STAVINS, R. N. (2002), *Muffled price signals: Household water demand under increasing-block rates*. FEEM Working Paper, 40/2002, Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponível em:
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=317924. Acesso em janeiro-2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Estimação da Elasticidade-Preço da Demanda dos Clientes Comerciais e Industriais da SABESP*. São Paulo: Fundação de Pesquisas Econômicas (FIPE)/ SABESP, 2009. Disponível em:
[http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/85F62FA047EB2B66832575FD005B3F5D/\\$File/estimacao_elasticidade_preco_demanda_prof_denisard.pdf](http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/85F62FA047EB2B66832575FD005B3F5D/$File/estimacao_elasticidade_preco_demanda_prof_denisard.pdf). Acesso em 27/05/2014.

CONEJO, João Gilberto Lotufo; MARANHÃO, Ney; BURNETT, João Augusto B. & ANTUNES, Bolívar. **Sobre um índice de disponibilidade hídrica aplicável à gestão dos recursos hídricos**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Campo Grande - MS, 2009. Disponível em:
<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=110&PAG=14>. E também:
https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/86d54c77ce6b54ec0e65aa3cfeae4825_c36373eaae96149566fd59126b7e2f24.pdf. Acesso em janeiro-2016.

DALHUISEN, Jasper M.; FLORAX, Raymond J. G. M.; GROOT, Henri L. F. de; & NIJKAMP, Peter. **Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis**. Land Economics, May 2003, 79 (2): 292-308, by the Board of Regents of the University of Wisconsin System. Disponível em: <http://ron-griffin.tamu.edu/x677/readings/dalhuisen.pdf>. Acesso em: 28-09-2014.

ESPEY, M.; ESPEY, J.; SHAW, W. D. **Price elasticity of residential demand for water: a meta-analysis**. Water Resources Research, vol. 33, n.6, p. 1369-1374, 1997.

FARIA, R. C. e NOGUEIRA, J. M. *Métodos de precificação da água e uma análise dos mananciais hídricos do Parque Nacional de Brasília*. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 35, nº 2, abr-jun. 2004. Disponível em:
http://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=344. Acesso em: 28-09-2014.

FONTENELE, Raimundo E. S.; ROSA, Antônio L. T. da. & NOGUEIRA, Cláudio A. G. *Estimativa da demanda de água residencial urbana no estado do Ceará*. Organizações Rurais & Agroindustriais, Lavras-MG, vol. 11, núm. 3, 2009. pp. 420-435. Universidade

Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Disponível em:
<http://www.redalyc.org/pdf/878/87813162004.pdf>. Acesso em: 29-09-2014.

HAJISPYROU, S.; KOUNDOURI P. & PASHARDES, P. *Household demand and welfare: implications of water pricing in Cyprus*. Environment and Development Economics 7:659-685, Cambridge University Press. Printed in the United Kingdom, 2002.

HANEMANN, W. Michael. *Discrete/Continuous Models of Consumer Demand*. Econometrica, Vol. 52, Nº 3, may 1984, pp. 541-561.

HEWITT, Julie and HANEMANN, W. Michael. *A Discrete/Continuous Choice Approach to Residential Water Demand under Block Rate Pricing*, Land Economics, 71(2): 173-92, 1995.

JOHANSSON, R. C. *Pricing irrigation water: a literature survey*. Washington, DC: World Bank, 2000. (Policy research working paper, n. 2449). Disponível em: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2000/11/04/000094946_0101705305778/Rendered/PDF/multi_page.pdf. Acesso em: 23-06-2015.

MAMANI PAREDES, Rene Paz. *Demanda Residencial Desagregada de Electricidad en el Departamento de Puno*. Tese em Economia, apresentada junto à Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. Disponível em:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/104/MAMANI_PAREDES_RENE_DEMANDA_RESIDENCIAL.pdf?sequence=1. Acesso em: abril/2016.

MELO, J. A. Mendonça de; JORGE NETO, P. de M. *Estimação de funções de demanda residencial de água em contextos de preços não lineares*. ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 33th Brazilian Economics Meeting] 01/2005. Disponível em:
<http://www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A092.pdf>. Acesso em: 29-09-2014.

_____. *Estimação de funções de demanda residencial de água em contextos de preços não lineares*. Pesquisa e planejamento econômico (ppe), v.37, n.1, abr 2007, pp.149-173.

MOFFITT, Robert. *The Econometrics of Piecewise-Linear Budget Constraint: a survey and exposition of the maximum likelihood method*. Journal of Business and Economic Statistics, Vol.14, No.3. Julho, 1986.

NOGUEIRA, José R.; CAVALCANTI, José C. *Determinação de tarifas em empresas de utilidade pública*. Revista Brasileira de Economia Vol. 50, nº 3. Rio de Janeiro: RBE – FGV, 1996, pp. 328-350. Disponível em:
<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/issue/view/50-3>. Acesso: 28-09-2014.

OLMSTEAD, S.; HANEMANN, W. M.; STAVINS, R. *Water demand under alternative price structures*. Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 54, 2007, pp. 181-198.

OLMSTEAD, Sheila. *The economics of managing scarce water resources*. Review of Environmental Economics and Policy. Volume 4, issue 2, 2010, pp. 179-198.

OLIVIER, Anne. *Water tariffs and consumption drop: an evaluation of households' response to a water tariff increase in Manaus, Brazil*. Water Policy 12, 2010, pp. 564-588. Disponível em: <http://test.iwaponline.com/wp/01204/0564/012040564.pdf>. Acesso em: 03-06-2015.

PIZAIA, Márcia G.; MACHADO, Bernardo P.; JUNGLES, Antonio E. *Aplicação de modelos empíricos para a determinação da função demanda residencial por água*. Natal – RN: Anais do XXXV Simpósio brasileiro de pesquisa operacional (SBPO), 2003. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2003/pdf/arq0087.pdf>. Acesso em 30.09.2014.

REISS, Peter C. & WHITE, Matthew W. *Household Electricity Demand, Revisited*, Graduate School of Business, Stanford University, 2002. Disponível em: <http://web.stanford.edu/~preiss/demand.pdf>. Acesso em abril/2016.

RUIJS A.; ZIMMERMANN, M; VAN DEN BERG, M. *Demand and distributional effects of water pricing policies*. Ecological Economics 66, 2008, pp. 506-516.

WOOLDRIDGE, J. M., *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press, Cambridge, MA, 2002.

SEGUNDO ENSAIO

ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. *The Economic Costs of Conflict: a case study of the Basque Country*. The American Economic Review, vol. 93, N°1, mar-2003, pp. 113-132.

ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis and HAINMUELLER, Jens. *Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program*. American Statistical Association Journal of the American Statistical Association (JASA), Vol. 105, No. 490, Applications and Case Studies, 2010.

AESBE – Associação das empresas de saneamento básico estaduais. *O novo marco regulatório do Saneamento Básico e as Companhias Estaduais*. Revista Aesbe - Ano I • nº 1 • Setembro/2007. Disponível em: http://www.aesbe.org.br/up/files/Sanear_Edi%C3%A7%C3%A3o%20N%C2%BA%201.pdf. Acesso em: 15-07-2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Cadernos de Recursos Hídricos – Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Ministério do Meio Ambiente – ANA – Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>. Acesso em: 20/04/2015.

_____. *ATLAS BRASIL. Abastecimento urbano de água* / Panorama Nacional, 2010. Volume 1 e 2. Brasília – DF: ANA, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>. Acesso em 22/05/2014.

_____. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – informe 2015*. Ministério do Meio Ambiente – ANA – Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2015. Disponível em: http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf. Acesso em 07/05/2016.

BRASIL. Decreto nº 7.217/2010, de 21 de junho de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm. Acesso em: 18-06-2015. Alterado pelo Decreto nº 8211/2014, de 21 de março de 2014.

BRASIL. Lei Nº 9.984/2000, de 17 de julho de 2000. Criação da Agência Nacional de Águas – ANA. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LeIs/L9984.htm. Acesso em: 21-06-2015.

BRASIL. Lei Nº 11.445/2007, de 05-jan-2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 18-06-2015.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1980-1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983-1997; Pesquisa nacional por amostra de domicílios 1992-1993, 1995. Rio de Janeiro: IBGE, v. 15-17, 1997.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

CAVALLO, E.; GALIANI, Sebastián; NOY, Ilan & PANTANO, Juan. **Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth**. The Review of Economics and Statistics. Massachusetts: MIT, 2013. Vol. 95, nº 5, pp. 1549-1561. Disponível em: http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/REST_a_00413#.VXhg7vIViko. Acesso: 29-10-2014.

CORSEUIL, Carlos Henrique, FOGUEL, Miguel, HECKSHER, Marcos. *Efeitos dos pisos salariais estaduais sobre o mercado de trabalho: uma nova abordagem empírica*. TD nº 1887, Rio de Janeiro: IPEA, 2013. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=20471. Acesso em 28-05-2015.

FERREIRA, Fernanda M. *Regulação por contrato no setor de saneamento: O caso de Ribeirão Preto*. Dissertação (mestrado): FGV, 2005.

FILHO, J. C. L. da; ABREU, M. C. S. de; FERNANDES, R. M. C. *Análise da gestão ambiental nas companhias estaduais de saneamento básico*. Revista Alcance – Eletrônica, v. 15, nº 03. ISSN 1983-716X, UNIVALI, p. 322 – 342, set/dez. 2008. Disponível em: www.spell.org.br/documentos/download/2669. Acesso em: 19-06-2015.

JACOBI, Pedro Roberto; BARBI, Fabiana. (2007). *Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil*. Rev. Katálysis, Florianópolis, v. 10, n. 2. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rk/v10n2/a12v10n2>. Acesso em: 24-07-2015.

MATO GROSSO. Decreto Estadual nº 1802/1997, de 05 de novembro de 1997, dispõe sobre os procedimentos a serem adotados para a condução do Processo de Municipalização dos

Serviços Públicos de Saneamento Básico. Disponível em:

<http://app1.sefaz.mt.gov.br/Sistema/legislacao/legislacaointg.nsf/9469828df5578175842567160014c894/ab240819f909c7b904256d0400478e64?OpenDocument..> Acesso em: 15-07-2015.

MATO GROSSO. Lei ordinária estadual nº 7358/00, de 13 de dezembro de 2000. Da extinção da Companhia de Saneamento do Estado de Mato Grosso (SANEMAT). Disponível em:

<http://rouxinol.mt.gov.br/Aplicativos/Sad->

Legislacao/LegislacaoSad.nsf/709f9c981a9d9f468425671300482be0/e7e40a8643a3432504257162006efdb8?OpenDocument. Acesso em: 18-06-2015.

MONTEIRO, V. *Os desafios na transição para o novo modelo de prestação de serviços de saneamento da Lei N.º 11.445/2007*. Revista Sanear – Associação das empresas de saneamento básico estaduais. Ano I, nº 1, 2007. Disponível em:

http://www.aesbe.org.br/up/files/Sanear_Edi%C3%A7%C3%A3o%20N%C2%BA%201.pdf.

Acesso em: 16-07-2015.

PNUD. Atlas do Desenvolvimento humano no Brasil 2013. Disponível em: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 (Com dados dos Censos 1991, 2000 e 2010.).

<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-UF-2000.aspx>. Acesso em 12/07/2014.

SILVA FILHO, J. C. L. da; ABREU, M. C. S. de; FERNANDES, R. M. C. *Análise da gestão ambiental nas companhias estaduais de saneamento básico*. Revista Alcance – Eletrônica, v. 15, nº 03. ISSN 1983-716X, UNIVALI, p. 322 – 342, set/dez. 2008. Disponível em:

www.spell.org.br/documentos/download/2669. Acesso em: 19-06-2015.

SILVEIRA NETO, Raul da M.; RATTON, José Luiz; MENEZES, Tatiane Almeida de.

MONTEIRO, Circe. **Avaliação de Política Pública para Redução da Violência: o Caso do Programa Pacto pela Vida do Estado de Pernambuco**. Anais do XLI Encontro Nacional de Economia – ANPEC – Associação dos Centros de pós-graduação em Economia, 2013.

Disponível em: <http://econpapers.repec.org/paper/anpen2013/227.htm>. Acesso em: 13-07-2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO – SNIS – Ministério das

Cidades. *Dados saneamento dos municípios e estados brasileiros*, 1997-2010. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: março-junho, 2015.

TUROLLA, F. A. *Provisão e operação de infraestrutura no Brasil: o setor de saneamento*.

São Paulo, 1999. 94 p. Diss. Mestrado em Economia de Empresas – EASP/FGV, 1999.

_____. *Políticas de Saneamento Básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas*. Brasília: IPEA (Texto para Discussão n. 922), 2002.

APÊNDICE A – PRIMEIRO ENSAIO

GERAÇÃO DAS SÉRIES PARA REGRESSÃO POR MAXIMA VEROSSIMILHANÇA NO PROGRAMA GRETL

(*) O início da estimação é feita via Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

(A) RECIFE

#construção das series para objeto ML no GRETL

scalar alfa1= 1.0; scalar alfa2= -1.00011; scalar alfa3= 0.999999; scalar alfa4= 0.0330565

scalar alfa5= 0.127929; scalar alfa6= 0.00639709; scalar alfa7= 0.116396; scalar alfa8= 0.000437911

scalar alfa9= 0.0156918; scalar alfa10= 0.129187; scalar alfa11= 0.132541; scalar alfa12= -0.406160

scalar alfa13= 0.0679705; scalar alfa14= -2.97958; scalar alfa15= -1.12828

scalar eps= 4; scalar eta= 10

#construção das funções

series

g1=alfa1+alfa2*lpr1+alfa3*lyv1+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series

g2=alfa1+alfa2*lpr2+alfa3*lyv2+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series

g3=alfa1+alfa2*lpr3+alfa3*lyv3+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series

g4=alfa1+alfa2*lpr4+alfa3*lyv4+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series

g5=alfa1+alfa2*lpr5+alfa3*lyv5+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

#construindo as series do Segm1: 0<segm<10

series w1=(lw-g1)/sqrt(eps^2+eta^2)

series t1=(ln(10)-g1)/eps

series r1=(t1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w1)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)

series s1=dnorm(w1)*cnorm(r1)/sqrt(eps^2+eta^2)

#construindo as series do ponto 10

series k12=(ln(10)-g2)/eps

series k11=(ln(10)-g1)/eps

series u1=(ln(10)-lw)/eta

series k1=dnorm(u1)*(cnorm(k12)-cnorm(k11))/eta

#construindo as series Segm2: 10<segm<20

series w2=(lw-g2)/sqrt(eps^2+eta^2)

series t2=(ln(20)-g2)/eps

series r2=(t2-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w2)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)

series s2=dnorm(w2)*(1-cnorm(r2))/sqrt(eps^2+eta^2)

#construindo as series do ponto 20

series k22=(ln(10)-g3)/eps

```

series k21=(ln(10)-g2)/eps
series u2=(lw-ln(20))/eta
series k2=dnorm(u2)*(cnorm(k22)-cnorm(k21))/eta
#construindo as series do Segm 3: 20<segm<30
series w3=(lw-g3)/sqrt(eps^2+eta^2)
series t3=(ln(20)-g3)/eps
series r3=(t3-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w3)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)
series s3=dnorm(w3)*(1-cnorm(r3))/sqrt(eps^2+eta^2)
#construindo as series do ponto 30
series k32=(ln(10)-g4)/eps
series k31=(ln(10)-g3)/eps
series u3=(lw-ln(30))/eta
series k3=dnorm(u3)*(cnorm(k32)-cnorm(k31))/eta
#construindo as series do Segm4: 30<segm<40
series w4=(lw-g4)/sqrt(eps^2+eta^2)
series t4=(ln(40)-g4)/eps
series r4=(t4-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w4)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)
series s4=dnorm(w4)*(1-cnorm(r4))/sqrt(eps^2+eta^2)
#construindo as series do ponto 40
series k42=(ln(10)-g5)/eps
series k41=(ln(10)-g4)/eps
series u4=(lw-ln(40))/eta
series k4=dnorm(u4)*(cnorm(k42)-cnorm(k41))/eta
#construindo as series do Segm5: segm>40
series w5=(lw-g5)/sqrt(eps^2+eta^2)
series t5=(max(lw)-g5)/eps
series r5=(t5-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w5)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)
series s5=dnorm(w5)*(1-cnorm(r5))/sqrt(eps^2+eta^2)
#construindo a serie para armazenar as contribuições individuais de ML
series logl1=log(s1+s2+s3+s4+s5+k1+k2+k3+k4)

```

(B) CUIABÁ

#construção das series para objeto ML no GretL

scalar alfa1= 1.5771; scalar alfa2= -1.00111; scalar alfa3= 1.0517519; scalar alfa4= 0.157493

scalar alfa5= 0.0980981; scalar alfa6= 0.0769545; scalar alfa7= 0.0455274; scalar alfa8= -0.0367327

scalar alfa9= 0.0485703; scalar alfa10= 0.224047; scalar alfa11= 0.153172; scalar alfa12= -0.293573

scalar alfa13= -0.0109355; scalar alfa14= -1.54301; scalar alfa15= -0.261512

scalar eps= 4; scalar eta= 10

#construção das funções

series

g1=alfa1+alfa2*lpr1+alfa3*lyv1+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*itm

```

series
g2=alfa1+alfa2*lpr2+alfa3*lyv2+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series
g3=alfa1+alfa2*lpr3+alfa3*lyv3+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series
g4=alfa1+alfa2*lpr4+alfa3*lyv4+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

series
g5=alfa1+alfa2*lpr5+alfa3*lyv5+alfa4*QM+alfa5*TD+alfa6*QC+alfa7*PA+alfa8*QB+alfa9*AE+alfa10*TDP+alfa11*TD
M+alfa12*ECH+alfa13*ler+alfa14*lur+alfa15*ltm

#construindo as series do Segm1: 0<segm<10

series w1=(lw-g1)/sqrt(eps^2+eta^2)

series t1=(ln(10)-g1)/eps

series r1=(t1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w1)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)

series s1=dnorm(w1)*cnorm(r1)/sqrt(eps^2+eta^2)

#construindo as series do ponto 10

series k12=(ln(10)-g2)/eps

series k11=(ln(10)-g1)/eps

series u1=(ln(10)-lw)/eta

series k1=dnorm(u1)*(cnorm(k12)-cnorm(k11))/eta

#construindo as series Segm2: 10<segm<20

series w2=(lw-g2)/sqrt(eps^2+eta^2)

series t2=(ln(20)-g2)/eps

series r2=(t2-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w2)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)

series s2=dnorm(w2)*(1-cnorm(r2))/sqrt(eps^2+eta^2)

#construindo as series do ponto 20

series k22=(ln(10)-g3)/eps

series k21=(ln(10)-g2)/eps

series u2=(lw-ln(20))/eta

series k2=dnorm(u2)*(cnorm(k22)-cnorm(k21))/eta

#construindo as series do Segm 3: 20<segm<30

series w3=(lw-g3)/sqrt(eps^2+eta^2)

series t3=(ln(20)-g3)/eps

series r3=(t3-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w3)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)

series s3=dnorm(w3)*(1-cnorm(r3))/sqrt(eps^2+eta^2)

#construindo as series do ponto 30

series k32=(ln(10)-g4)/eps

series k31=(ln(10)-g3)/eps

series u3=(lw-ln(30))/eta

series k3=dnorm(u3)*(cnorm(k32)-cnorm(k31))/eta

#construindo as series do Segm4: 30<segm<40

series w4=(lw-g4)/sqrt(eps^2+eta^2)

series t4=(ln(40)-g4)/eps

series r4=(t4-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w4)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)

```

```

series s4=dnorm(w4)*(1-cnorm(r4))/sqrt(eps^2+eta^2)
#construindo as series do ponto 40
series k42=(ln(10)-g5)/eps
series k41=(ln(10)-g4)/eps
series u4=(lw-ln(40))/eta
series k4=dnorm(u4)*(cnorm(k42)-cnorm(k41))/eta
#construindo as series do Segm5: segm>40
series w5=(lw-g5)/sqrt(eps^2+eta^2)
series t5=(max(lw)-g5)/eps
series r5=(t5-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))*w5)/sqrt(1-(eps/sqrt(eps^2+eta^2))^2)
series s5=dnorm(w5)*(1-cnorm(r5))/sqrt(eps^2+eta^2)
#construindo a serie para armazenar as contribuições individuais de ML
series logl1=log(s1+s2+s3+s4+s5+k1+k2+k3+k4)

```