



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

ANDRÉ PEDRO DA SILVA

**ANÁLISE NA DEMANDA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO URBANO
NA MICRORREGIÃO DE ARARIPINA-PE.**

**SUMÉ-PB
2021**

ANDRÉ PEDRO DA SILVA

**ANÁLISE NA DEMANDA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO URBANO
NA MICRORREGIÃO DE ARARIPINA-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos

Linha de Pesquisa: Metodologias para Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros

**SUMÉ - PB
2021**



S586a Silva, André Pedro da.

Análise da demanda de água de abastecimento urbano na Microrregião de Araripina - PE. / André Pedro da Silva. - 2021.

60 f.

Orientador: Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Abastecimento de água urbano - demanda. 2. Microrregião de Araripina - PE - abastecimento de água. 3. Demanda por água - Araripina - PE. 4. Gestão de recursos hídricos. 5. Elasticidade-preço - demanda de água. 6. Tarifação da água. 7. Sistema de abastecimento de água. 8. Região do Araripe - PE - abastecimento de água. 9. Funções de demanda por água. I. Medeiros, Paulo da Costa. II. Título.

CDU: 628.1(043.2)

ANDRÉ PEDRO DA SILVA

**ANÁLISE NA DEMANDA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO URBANO
NA MICRORREGIÃO DE ARARIPINA-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Paulo Roberto Megna Francisco
Examinador Externo – CCA/UFPB**

**Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro.
Examinador Interno – UAEB/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 27 de dezembro de 2021.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela vontade de vencer e de seguir com meus sonhos, conseguir alcançar meus objetivos e poder ajudar minha família.

A toda minha família, meus pais, Antônio Pedro da Silva e Maria Isabel da Conceição, Luciene Ferreira da Silva, minhas irmãs, Amanda Amiriela Ferreira da Silva e Ana Vitória Pedro da Silva, e a minha namorada, Heloísa Ramos Mendes, que juntos me ajudaram em todos os aspectos e sempre acreditaram no meu potencial.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, onde tive a oportunidade de cursar Engenharia de Biosistemas e este Mestrado Profissional de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, com ensino de qualidade, me capacitando para a vida profissional.

Aos meus amigos de caminhada acadêmica e irmãos que a vida me deu, José Joércio, Vinícius Ferreira, Kaique Muniz, Adailton Júnior, Davi Costa, Albert Mackenzie e a todos os outros que não citei, mas que todos de forma direta ou indireta estiveram comigo durante essa jornada.

A todos os professores e técnicos que fazem parte dessa instituição e que fizeram parte durante minha caminhada no mestrado.

Em especial, ao meu Professor, amigo e orientador, Paulo da Costa Medeiros por ter confiado e acreditado na minha capacidade, para juntos desenvolvermos o trabalho.

Aos professores que aceitaram participar da banca de defesa, Dr. George do Nascimento Ribeiro e Dr. Paulo Roberto Megna Francisco, meu sincero obrigado.

Ao apoio para realização deste trabalho por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, em especial ao MSc. João Virgílio Felipe Lima, gerente da Unidade de Negócios desta Companhia, pela disponibilidade do banco de dados da região do Araripe, possibilitando a construção deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

“Quem é correto nunca fracassará e será lembrado para sempre.” (Salmos 112:6)

RESUMO

Este trabalho objetivou realizar a análise do comportamento dos usuários de água no setor doméstico/residencial utilizando-se do parâmetro da elasticidade-preço da demanda, identificando quanto proporcionalmente sensíveis os mesmos estiveram diante do aumento de preço do metro cúbico de água consumido. A área de estudo contemplou os municípios localizados na Microrregião de Araripina/PE para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2015. Na análise de demanda urbana foram utilizados dados: de micromedição e estrutura tarifária fornecidos pela Companhia Pernambucana de Saneamento; e de metodologias alternativas, carros-pipa, numa condição hipotética de falta de água no sistema de abastecimento. Na análise da demanda em função do aumento de tarifa, verificou-se comportamento predominantemente elástico nos meses vigentes e posteriores ao reajuste tarifário, em média, para um aumento de 1% no valor da tarifa, a redução da demanda corresponderia 2,92%, proporcionalmente. Também foram cruzados esses resultados nos períodos de El Niño e La Niña: as demandas médias elásticas nas ocorrências de El Niño foram expressivamente heterogêneas; nos demais casos, os valores ficaram abaixo da média global. Nas metodologias alternativas foram calculadas as elasticidades e estruturadas as funções de demanda: comparando-se o consumo no abastecimento pela Companhia, foram observadas fortes reduções de demanda, no entanto, consumo em carros-pipa e os altos preços do mercado paralelo condicionaram valores de elasticidades indicando demandas inelásticas. Os resultados apoiarão os estudos de cobrança pelo uso da água utilizando-se modelos de caráter econômico em regiões com climatologia semelhante.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos; Instrumento econômico; Elasticidade-preço da demanda.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the behavior of water users in the domestic/residential sector using the price elasticity of demand parameter, identifying the sensitivity of demand in the face of the increase in the price of the cubic meter of water consumed. The study area included the cities located in the Microregion of Araripina -PE/ Brazil, for the period from January 2007 to December 2015. In the analysis of urban demand, data were used: from a water meter and tariff structure provided by COMPESA - Pernambuco Sanitation Company; and alternative methodologies, water trucks, in a hypothetical condition of lack of water in the supply system. In the analysis of demand due to the increase in the tariff, there was a predominantly elastic behavior, on average, for a 1% increase in the tariff, the reduction in demand would correspond to 2.92%, proportionally. These results were also crossed in the El Niño and La Niña periods: the mean elastic demands in the El Niño occurrences were quite heterogeneous; in other cases, the values were below the global average. In alternative methodologies, elasticities were calculated and demand functions were assembled. Strong reductions in demand in water truck consumption and high parallel market prices that conditioned elasticity values indicating inelastic demands were observed. The results are expected to support studies of charging for water use using economic models in regions with similar climatology.

Keywords: Water resources management; Economic instrument; Price elasticity of demand.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Etapas do sistema de abastecimento d'água e da rede de distribuição.	20
Figura 2	- Tipologia da redução do consumo frente o aumento do preço segundo a teoria da elasticidade-preço da demanda.	26
Figura 3	- Bacias de influência na microrregião de Araripina.	28
Figura 4	- Municípios da microrregião de Araripina do estado de Pernambuco.	29
Figura 5	- Apresentação de Índices do Monitoramento de Secas.	30
Figura 6	- Períodos de El Niño e La Niña entre 2007 e em paralelo aos meses vigente e sequente aos aumentos tarifários da COMPESA	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Tarifas para o usuário residencial aplicada pela COMPESA – Período julho de 2006 a junho de 2015.	31
Tabela 2	- Estimativa de valores da água comercializados em carros-pipa, em R\$/m ³ no estado de Pernambuco período de 2007 a 2015.	33
Tabela 3	- Variação da Tarifa segundo estrutura tarifaria da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA (Período: janeiro de 2007 a dezembro de 2015)	36
Tabela 4	- Proporção dos dados analisados no parâmetro da elasticidade (%).	38
Tabela 5	- Elasticidade média no abastecimento urbano dos municípios da Microrregião de Araripina/PE nos meses vigente e posterior ao aumento tarifário (anos de 2007 a 2015) – consumidor na categoria residencial normal.	39
Tabela 6	- Valores das elasticidades médias para o usuário urbano da Microrregião de Araripina/PE, em períodos coincidentes aos meses de El Niño e La Niña.	40
Tabela 7	- Diferenças proporcionais entre os limites do consumo per capita de água para os municípios da Microrregião de Araripina/PE.	43
Tabela 8	- Pares ordenados e funções de demanda na modalidade de água fornecida por carros-pipa nos municípios da Microrregião de Araripina/PE.	44
Tabela 9	- Elasticidade-preço da demanda entre as modalidades alternativas - água fornecida por carros-pipa (COMPESA e Mercado Paralelo) nos municípios da Microrregião de Araripina.	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Geral.....	16
2.2	Específicos.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	Gestão de recursos hídricos.....	17
3.2	Sistema de abastecimento d'água.....	18
3.2	Cobrança pelo uso da água.....	22
3.4	A política tarifária no abastecimento público de água.....	25
3.5	Elasticidade-preço da demanda.....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1	Área de estudo.....	28
4.1.1	Região do Araripe.....	29
4.2	Banco de dados de micromedição.....	30
4.3	Estrutura tarifária.....	31
4.4	Períodos de abordagem.....	31
4.5	Funções de demanda por água.....	32
4.5.1	Preços de demanda em modalidades alternativas.....	33
4.5.2	Demandas por água: estimativas.....	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1	O aumento tarifário.....	36
5.2	A análise da demanda frente ao aumento tarifário.....	36
5.2.1	Proporções dominantes dos resultados.....	36
5.2.2	Elasticidade média mensal.....	39
5.2.3	Elasticidade média em períodos de El NIÑO e de la NIÑA.....	40
5.3	Funções de demanda por água em usos alternativos.....	42
5.3.1	Preços de demanda.....	42
5.3.2	Estimativas das demandas.....	42
5.3.3	Funções de demanda por água.....	44
6	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	APÊNDICE A – RELATÓRIO TÉCNICO.....	58

1 INTRODUÇÃO

A água na forma líquida representa componente fundamental à formação da vida do nosso planeta, a base de carbono (WESTALL e BRACK, 2018). Apenas 0,025% do aporte global da água doce encontra-se diretamente disponível ao homem (rios e lagos) ademais: 0,75% nos aquíferos; 1,725% nas calotas polares; e predominantemente na forma salgada, 97,5% nos mares (ANA, 2018). Além de, proporcionalmente ser diminuta, a água superficial encontra-se heterogeneamente distribuída no mundo (0,396% nas Américas, 0,318% na Ásia, 0,15% na Europa, 0,09% na África, e 0,039% na Oceania) (ANA, 2009).

A escassez hídrica é um problema em várias partes do mundo, mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países com alto estresse hídrico (UN-WATER, 2018a); 4 bilhões de pessoas ressentem grave escassez hídrica em pelo menos 1 mês no ano (MEKONNEN e HOEKSTRA, 2016), estima-se que esse número poderá atingir entre 4,8 a 5,7 bilhões de pessoas no ano de 2050 (BUREK et al., 2016); e em áreas agrícolas, 3,2 bilhões de pessoas vivem de alta a muito alta escassez, sendo 1,2 bilhão em condições severas.

O Brasil corresponde em 12% da disponibilidade de água doce no mundo, 18%, incluindo-se em entradas de águas internacionais. No entanto, também não há uniformidade de ocorrência por todo o país, no caso da água superficial 80% na bacia amazônica; em média contempla 57% das áreas urbanas, para 84% da população; na Região Nordeste, atende 65% das áreas urbanas para 79% da população (ANA e PNUMA, 2007).

Para o Nordeste, acrescentam-se ainda as ocorrências de secas no Semiárido (SUDENE, 2017) comprometendo, por efeitos evaporimétricos, o potencial hídrico dos açudes frente ao aumento populacional e, conseqüentemente o aumento do consumo de água.

Nesse sentido, segundo Brasil (1997), identificou-se a necessidade de mudanças na gestão dos recursos hídricos no Brasil, como controle das demandas e suas aplicações sob a ótica da sustentabilidade, incorporando-se contextos social, econômico e ambiental frente às disponibilidades cada vez mais reduzidas. A Lei 9.433/97 incorporou essa ótica, como uma proposta de um novo paradigma, objetivando uma gestão integrada e participativa, colocando a água como bem de domínio público, recurso natural finito e dotado de valor econômico priorizando-se, na escassez, o consumo humano e a dessedentação animal.

A gestão integrada dos recursos hídricos é tarefa complexa, envolve várias áreas do conhecimento desde as bases técnicas, aspectos econômicos, sociais e ambientais até os aspectos institucionais, envolvendo vários processos e subprocessos (GRIGG, 2014), bem relacionada à implementação dos instrumentos de gestão (outorga, cobrança, enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderantes, planos de recursos hídricos e sistema de informações) (ANA, 2019), numa dinâmica de tomada de decisões.

Ainda segundo ANA (2019), as informações sobre as demandas dos usuários de água, apresentam-se como fundamentais no processo de gestão dos recursos hídricos. Apoiando-se para o bom funcionamento dos componentes do sistema de gestão e eficácia para seus objetivos, confere a banco de dados de qualidade e quantidade.

Dentre os objetivos do instrumento de gestão, cobrança pelo uso da água, verifica-se o reconhecimento da água como bem econômico e dá ao usuário uma indicação de seu real valor (Art. 19, Lei 9.433/97). Um dos temas inerentes na análise econômica de um bem se refere à composição de curvas de demanda, que confronta valores de preço e respectivo consumo. Várias abordagens podem ser feitas a partir desses pares de dados, a exemplo da mensuração de quanto o usuário estaria sensível frente ao aumento de preço do metro cúbico da água consumida (BRASIL, 1997).

A presente pesquisa refere-se a análise da demanda dos usuários do setor residencial urbano nos municípios localizados na microrregião de Araripina, no semiárido do Estado de Pernambuco/Brasil, sob duas vertentes: o cálculo da elasticidade-preço da demanda por água, parâmetro que mensura a sensibilidade do usuário frente o aumento tarifário e; na confecção de funções de demanda tudo ou nada, como abordagem que apoia modelos econômicos de cobrança pelo uso da água, derivados de hipóteses de usos alternativos ante a interrupção no abastecimento público de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o comportamento do consumidor de água urbano, segundo o parâmetro da elasticidade-preço da demanda, no abastecimento público e em modalidades alternativas na Microrregião de Araripina-PE.

2.2 Específicos

- Filtrar os dados de micromedição dos usuários de água por: localidade, unidade consumidora, mês/ano de registro, categoria de usuário e faixa de consumo;
- Definir os períodos a serem analisados e calcular: as diferenças de demandas; acréscimos de preço segundo a estrutura tarifária da COMPESA; e respectivas elasticidades-preço da demanda;
- Analisar das elasticidades em períodos de El Niño e La Niña;
- Calcular a estimativa de demanda e da elasticidade em modalidades alternativas de consumo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Historicamente as civilizações se desenvolveram nas proximidades dos rios, facilitando-se para o uso da água no meio doméstico, agrícola e navegação, posteriormente com avanço das tecnologias, conferiu outros meios de captação armazenamento e transporte de água (FANG e JAWITZ, 2010). Apesar dos recursos hídricos estarem presentes nas diferentes necessidades humanas, na maioria das vezes não foi reconhecida sua fundamental importância para com o futuro (FERREIRA e FERREIRA, 2006), numa escassez que vem se expandindo no tempo e no espaço, conferindo a água potável e o saneamento pela Organização das Nações Unidas (ONU), um dos destaques do ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) (UN, 2015). O uso tradicional da gestão hídrica urbana apresenta deficiências, sem distinguir as diferentes qualidades de água às diversas modalidades de uso (COSGROVE e LOUCKS, 2015).

De forma heterogênea e em alguns casos, em paradoxo, a distribuição da água no Brasil, na relação oferta e demanda, fortalece cada vez mais a importância do sistema de gestão. Áreas com baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos estão suscetíveis à escassez e estresse hídrico, outras com abundância de água associada às baixas demandas (SERRANO e CARVALHO, 2013).

Ainda segundo Serrano e Carvalho (2013), considerando um histórico de crescimento das atividades humanas, culminando-se nas últimas décadas com aumento das demandas, ante muitos casos escassez quali-quantitativa de água em diferentes escalas territoriais, torna-se fundamental a gestão das águas.

3.1 Gestão de recursos hídricos

Ressalta-se as mudanças com o histórico dos debates dos temas ambientais e correlatos na segunda metade do século XX - Clube de Roma (1972); Conferência das Nações Unidas em Estocolmo (1977); Conferência de Mar del Plata (1987); Relatório de Brundtland (na definição do desenvolvimento sustentável, em 1992), Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92); criação da Comissão Mundial do Meio Ambiente (1993) (OLMO e MOSCHEN, 2015) sendo influenciadoras na proposição da Política Nacional de Recursos Hídricos, de 1997 (PNRH) (SERRANO e CARVALHO, 2013).

No Brasil, destacam-se como antecedentes à PNRH, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e a Constituição Federal de 1988 (CF). Esta relevantemente dispõe: sobre o Meio Ambiente (art. 225); sobre as águas - tornando-se públicas de domínio da União (art. 20, III), dos estados e distrito federal (art. 26, I) e a instituição do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definição de critérios de outorga de direitos de seu uso (art. 21, XIX) (MELO et al., 2012).

Em 8 de janeiro de 1997, instituiu-se a Política Nacional dos Recursos Hídricos, criando-se o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos SINGREH, de forma clara que a gestão se daria por meio deste sistema, não sendo por uma única instituição pública (ANA, 2019). Como princípios fundamentais (art. 1): a água é um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, e que a gestão dos recursos hídricos deve priorizar, em situações de escassez, o abastecimento público e a dessedentação de animais, de forma descentralizada contando com a participação do poder público, dos usuários e da sociedade.

Como instrumentos de gestão (art. 5): Planos de Recursos Hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e; a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Este último sob o contexto econômico, sendo aspecto que permeia temas sobre o comportamento de consumo ante o aumento do preço de um bem (DAMÁSIO et al., 2004).

3.2 Sistemas de abastecimento d'água

A questão do abastecimento urbano está inserida entre as metas do ODS 6 (água e saneamento para todos) da Agenda 2030, em UN-WATER (2021) verifica-se a dinâmica de atualização de informações, através do monitoramento de dados de modo apoiar as oito metas desse objetivo. A mesma referência cita informações mundiais relacionadas ao abastecimento urbano, entre elas: atualmente, em áreas urbanas, vive 55% da população global, devendo aumentar para 68% até 2050 (acréscimo de mais de 2,5 bilhões de pessoas, 90% do aumento ocorrendo na Ásia e na África) (UN-WATER, 2018b); falta de controle de qualidade da água das Companhias de Água do setor privado, dentre os principais desafios (UN-WATER, 2017); e 80% das pessoas em áreas urbanas usam abastecimento de água encanada (UN, 2017).

Mediante o notório crescimento populacional, admite-se a necessidade de melhorias e ampliações nos sistemas de abastecimento, para que desta forma possa garantir o fornecimento de água adequado, levando em consideração a qualidade e quantidade para a população, diante disso, evidencia-se que é de interesse geral garantir a eficácia de tal serviço (KUSTERKO, 2018).

Grande parte da população mundial vem enfrentado crises de escassez hídrica, com grandes desafios aos sistemas de abastecimento d'água urbanos (RISCH et al., 2014). O crescimento populacional é bem associado ao crescimento das demandas hídricas. Em 2017, 86,1% dos domicílios, correspondiam às economias residenciais ativas no abastecimento público de água (com pagamento de conta e/ou consumo), uma aumento de 32% em relação a 2008, apresentando-se de forma heterogênea nas Regiões (47,6% no Norte; 90,9% no Centro-Oeste; 93,3% no Sul; 97% no Sudeste; e 73,4% no Nordeste) (IBGE, 2020).

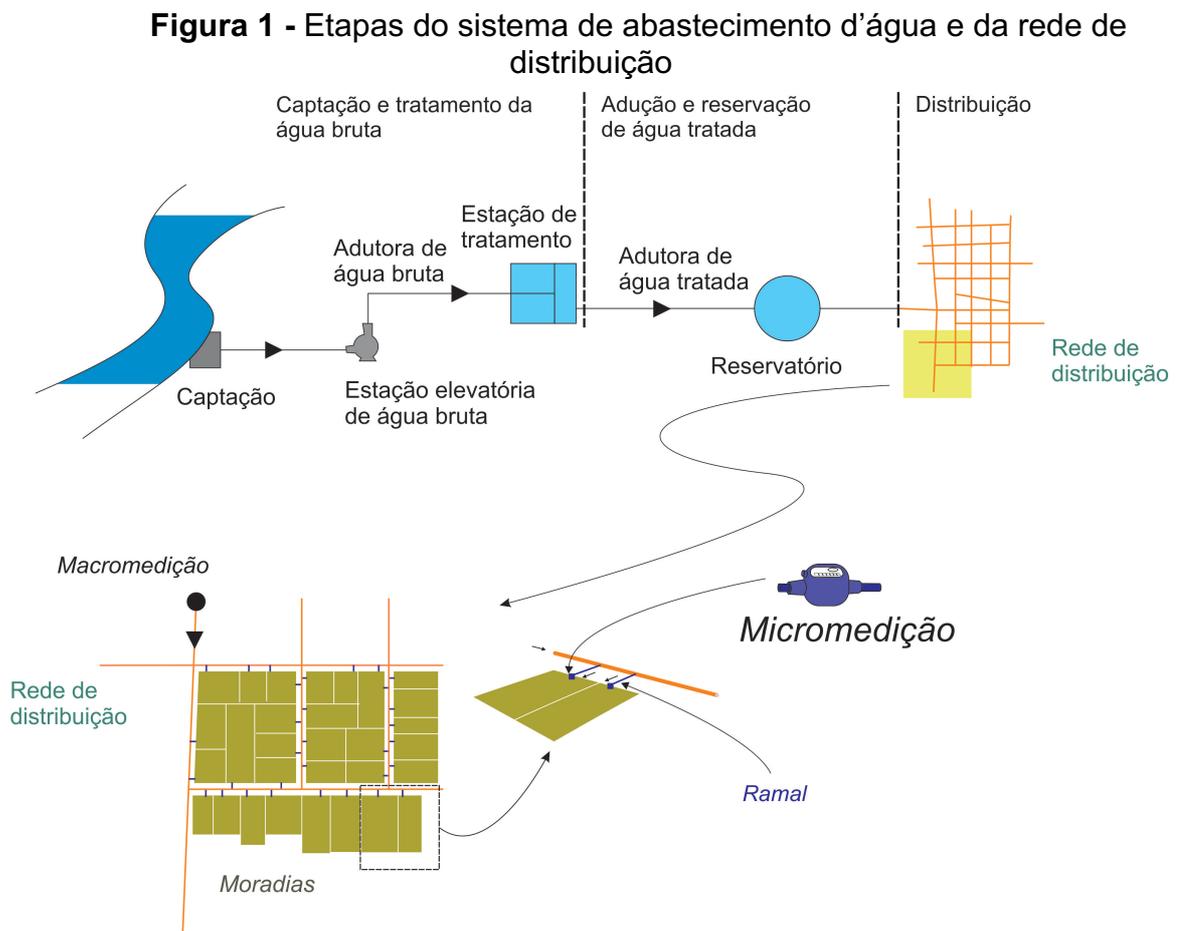
A eficácia dos serviços de abastecimento de água é pressionada pelas elevadas perdas na distribuição, sendo um problema mundial, destaca o Instituto Trata Brasil (ITB, 2021) tendo em vista as várias etapas desde a retirada da água bruta, passando pelo tratamento, contemplando a adução e distribuição, numa dinâmica no controle de vários aspectos, dentre eles: pressões, qualidade/potabilidade e quantidade/demandas.

Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o índice de perdas referente ao ano de 2015 nas redes de distribuição, ou seja, nas companhias estaduais de saneamento foi de 36,7%. Desta forma, é nítida a importância de uma gestão eficaz no gerenciamento de perdas para as companhias de saneamento, principalmente para se manterem competitivas (REIS, 2017).

Dentre as infraestruturas relacionadas às comunidades humanas (sistema de rede de energia elétrica, sistemas de drenagem, ruas, serviços de coleta/destino de resíduos sólidos, sistemas de coleta/tratamento de esgoto), uma das mais fundamentais confere ao sistema de abastecimento de água potável, atendendo o consumo nos usos doméstico, comercial, industrial e público.

O sistema de abastecimento de água para consumo humano é a instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão (FUNASA, 2006).

O sistema de abastecimento de água compreende os componentes: Manancial - fonte de retirada de água superficial/subterrânea com qualidade e quantidade para atender a demanda; Captação - conjunto de estruturas e equipamentos adjuntos ao manancial para retirada de água; Estação Elevatória - objetivando recalcar a água para a unidade seguinte (TARDELLI FILHO, 2006; MISIUNAS, 2005); Adutora - canalização que se destina conduzir água à estação de tratamento (de água bruta) e à rede de distribuição (de água tratada) (MS, 2010), normalmente nesta fase não tem derivação (SARZEDAS, 2009); Estação de tratamento de água - fase de tratamento para adequar aos padrões de potabilidade; Reservatório - elemento do sistema de distribuição de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição; Rede de distribuição - tubulações e conexões, objetivando destinar a água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendada (MEDEIROS FILHO, 2009) (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006); Netto Azevedo (2015) e Sarzedas (2009).

O sistema pode apresentar diversos modelos em função de aspectos técnicos, econômicos e sociais (RAMINELLI, 2021). Sarzedas (2009) subdivide em três partes principais: o sistema produtor, compreendendo da fase de captação ao tratamento da água bruta; o sistema adutor, com peças especiais de proteção contra os transientes hidráulicos, conferindo transporte de água tratada sob pressão, perfazendo grandes distâncias, alcançando dezenas de quilômetros, geralmente com tubulações acima de 300mm de diâmetro; sistema de distribuição, compreendendo a rede de distribuição (contempla de 50 a 75% do custo total de todo sistema de abastecimento) com peças especiais de controle de vazão e de pressão, setorizadas em pontos estratégicos (SANTOS, 2014), destacando-se os locais de macromedição para atendimento ao parque de hidrômetros - consumidores (residenciais, comerciais, públicos e industriais) através de ramais, estes mensurados por micromedidores - sendo fase com topologia complexa, normalmente seguindo vias públicas, apresentando grande quantidade de elementos, com forte ocorrências de perdas físicas e aparentes (TSUTIYA, 2004).

O sistema de abastecimento relacionado a esses dois últimos pontos, macromedição e micromedição, confere a fase de medição do balanço hídrico, testemunhando boa parte das perdas no sistema de abastecimento (aparentes ou comerciais – consumos não autorizados (fraudes), falhas do sistema comercial, submedição dos hidrômetros; reais ou físicas – compreendendo os vazamentos) sendo problemática mundial (ABES, 2015).

A micromedição é o estágio final do abastecimento, utilizando-se de equipamentos (hidrômetros), na distribuição das vazões, cujo confronto com a macromedição mensuram-se as perdas (FUNASA, 2019; MENESES, 2011; SANTOS, 2014). Os autores ainda destacam que, o uso da automação confere uma tecnologia que pode ajudar neste controle de redução de perdas e desperdícios, uma ótica de sistemas inteligentes, agregando-se melhoria e confiabilidade dos registros, pode tornar a análise mais eficiente, com agilidade na tomada de decisões e diminuem a necessidade de operadores de sistemas com equipes volantes para manobras rotineiras.

O consumo de água dos usuários pode variar em função de condições climáticas ou sazonalidade, da modalidade de usuário (comercial, industrial, público e doméstico), de fatores socioeconômicos (padrão de vida), aspectos qualitativos,

perdas no sistema, qualidade da água, hora e dia da semana, entre outros (MENESES, 2011).

3.3 Cobrança pelo uso da água

De acordo com o art. 19 da Lei de Política Nacional de Recursos Hídricos, a cobrança pelo direito de uso da água tem por objetivos: i) reconhecer os recursos hídricos como “bens” dotados de valor econômico e indicar seu real valor para os usuários; ii) incentivar o uso racional; e iii) servir de instrumento para a captação de recursos financeiros com o objetivo de financiar as ações definidas no plano de bacia (ALVES, 2014).

A cobrança aplica-se apenas sobre os recursos hídricos sujeitos a outorga, tais como: derivação ou captação para uso final (inclusive abastecimento público) ou como insumo produtivo; extração de aquífero para uso final ou como insumo produtivo; lançamento de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não em corpos d’água; uso hidroelétrico; qualquer uso que altere o regime, a quantidade e a qualidade do recurso hídrico (BRASIL, 1997).

A aprovação do valor a ser cobrado decorrerá de pacto firmado pelos segmentos do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) (detentor das competências legais relativas à governança das principais etapas da Cobrança, na sugestão dos valores e decisões sobre a aplicação dos recursos arrecadados) com apoio técnico da agência de água (estadual ou ANA), seguido pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) ou Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estes últimos em função do domínio das águas, estadual ou federal, respectivamente (ANA, 2019b).

A estimativa do real valor a ser cobrado no Brasil denota complexidade, tendo em vista a inexistência de mercados de água no país, incluindo a multiplicidade de usos e usuários (DAMÁSIO et al., 2004).

Segundo Motta (2000) e Mckenna e Keane (2015), os instrumentos econômicos atuam, justamente, no sentido de alterar o preço (custo) de utilização de um recurso, internalizando as externalidades e, portanto, afetando seu nível de utilização (demanda). Nesse sentido, de forma geral, duas vertentes principais de modelos para cobrança pelo uso da água bruta são dispostas: modelos arrecadatórios (também conhecido por financeiro ou por *ad hoc*) e os modelos do tipo econômico. Estes últimos são capazes de suportar a concepção de instrumentos de gestão eficazes para

promover uma alocação mais eficiente da água, a fim de induzir alocações economicamente ótimas e equitativas (ASSIS et al., 2018).

No Quadro 1, observam-se subdivisões dessas vertentes, propostas por Carrera-Fernandez e Garrido (2002), todas seguindo um dos princípios econômicos básicos: eficiência econômica; eficiência distributiva (ou equidade) e recuperação dos custos (auto sustentabilidade financeira). Os modelos *ad hoc* são formulados considerando preços de custo médio, em função do montante/investimentos para melhoria de qualidade/quantidade de água, condicionando a auto sustentabilidade financeira; ou utilizando o produto do volume de água retirado/lançado em um dado período, pelo seu respectivo preço público unitário, ponderados por um ou mais coeficientes que associam fatores externos (tipo de uso e usuário, condições físicas da região, sociais, etc.). Os *ad hoc*, são considerados ineficientes sob o ponto de vista da eficiência econômica, entretanto, são os mais utilizados em bacias estaduais e federais do Brasil (ARMADA e LIMA, 2017; RODRIGUES e AQUINO, 2019).

Quadro 1 - Principais teorias de cobrança pelo uso da água

COBRANÇA	TEORIAS	
Modelos Segundo a Teoria Econômica	Equilíbrio Parcial	da Demanda
		da Oferta
		do Equilíbrio de Mercado
	Equilíbrio Geral	do First Best
		do Second Best
Modelos <i>ad hoc</i>	Auto Sustentabilidade Financeira	
	Critérios Técnicos	

Fonte: Adaptado de Carrera-Fernandez e Garrido (2002).

Nos modelos de cunho econômico: quando se analisa uma única modalidade de usuário, é dito de equilíbrio parcial, podendo subdividir em três teorias - da demanda (na teoria do consumidor, água como consumo; teoria da firma, água como insumo produtivo); da oferta, na função lucro da teoria da firma, de acordo com o custo marginal de curto ou longo prazo no gerenciamento do sistema hídrico; e a de

equilíbrio de mercado, com a formação de preços no livre jogo da oferta e demanda; na consideração dos múltiplos usuários do sistema, tem-se a categoria de equilíbrio geral, subdividindo em: modelos *first Best* estabelecendo as condições necessárias para obtenção do bem-estar social e eficiência econômica; *secondbest*, considerando distorções da economia na alocação ótima dos recursos, política de preços ótimos (CARRERA-FERNANDEZ E GARRIDO; 2002).

Concernente à teoria da demanda (Quadro 1), a ausência de mercados de água, condiciona a busca de forma indireta da valoração da água através de função de demanda para cada uso, utilizando-se do conceito de disposição a pagar, através do uso da teoria de demanda contingente (no uso de mercado hipotético observando as preferências reveladas pelos usuários), sendo muito laboral com uso de equipe de pesquisa e imprecisão na confiabilidade dos resultados; da demanda tudo ou nada, sendo um método simples, identificando-se o custo de oportunidade da água, simulando-se a interrupção do abastecimento – extraindo o máximo valor que o usuário estaria disposto a pagar por uma quantidade de água estando indiferentes entre continuar a usar essa água ou buscar uma solução alternativa que produza o mesmo efeito (GARRIDO, 2017).

Utilizando-se de pares ordenados de preço e demanda em modalidades diferentes, uma menos onerosa e outra mais onerosa, obtém-se a curva, e consequentemente, a função de demanda tudo ou nada (DAMÁSIO et al., 2004).

Trata-se de um modelo econômico de cobrança que determina a curva de demanda ordinária (derivada da função tudo ou nada), cujo valor, representa a disposição a pagar do usuário (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

3.4 A política tarifária no abastecimento público de água

A Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, dentre elas a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País.

Cabendo a ANA, estabelecer de regulação tarifária com vistas a promover a prestação adequada, o uso racional de recursos naturais, o equilíbrio econômico-

financeiro e a universalização do acesso ao saneamento básico (at. 4 Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000). A entidade reguladora, observadas as diretrizes determinadas pela ANA, editará normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços abrangendo, dentre outros aspectos: ... IV- O regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão (art. 23, Lei nº 11.445/2007).

As estruturas tarifárias conferem custos que envolvem os serviços de tratamento e transporte da água. No Brasil utiliza-se modelo tarifário definido como blocos crescentes, que considera faixa de consumo específica e a partir daí é cobrado uma taxa mínima baseado na faixa primária. Também vale salientar a existência das tarifas sociais, que existem com o intuito de garantir a região de pobreza, acesso ao abastecimento urbano e racional. Mesmo que ainda não exista comprovação, as tarifas com valores diferenciados cobradas para pessoas com rendas mais baixas, visam tornar este recurso acessível a tal classe (FRACALANZA et al., 2013; BRITTO, 2015; SANTOS, 2019).

É importante ponderar que, o aumento da tarifa influencia diretamente nos usuários de baixa renda, talvez mais sensíveis ao aumento de preço conferindo que, quanto menor a renda familiar, maior será o impacto econômico. Opostamente, para famílias com rendas superiores, o impacto econômico para alguns casos, não chega a ser relevante, podendo até ocorrer aumento de consumo (BRANDÃO e PAVIANI, 2015), sendo indiferente quanto a tal situação.

3.5 Elasticidade-preço da demanda

Nas abordagens microeconômicas baseadas em (FIGUEIREDO et al., 2014; GARRONE, 2019; GHINIS et al., 2020; PURI e MAAS, 2020), os pares de demanda versus preço em momentos diferentes condicionam ao traçado das curvas de demanda. A partir da curva da demanda, pode-se perceber se usuário é susceptível ou não a sua alteração de preço, através da elasticidade-preço da demanda. A proporção da redução da demanda frente a esse aumento compreende três vertentes principais: demanda elástica, demanda unitária ou demanda inelástica.

Conforme Vasconcellos (1998), a lei da oferta e demanda, quando o preço aumenta, a quantidade procurada, habitualmente, decresce e vice-versa. A elasticidade-preço da demanda (PINDYCK e RUBINFELD, 2013; BAIDYA et al, 2014)

mede a variação percentual da demanda “q” em resposta a uma alteração percentual no preço da água “p”. O uso desse parâmetro apoia estudos da fundamentação econômica, mensurando quanto o consumidor estaria disposto a reduzir a demanda de água caso corresse um aumento do preço do metro cúbico da água ofertada.

A elasticidade-preço da demanda é medida pela relação (Equação 1).

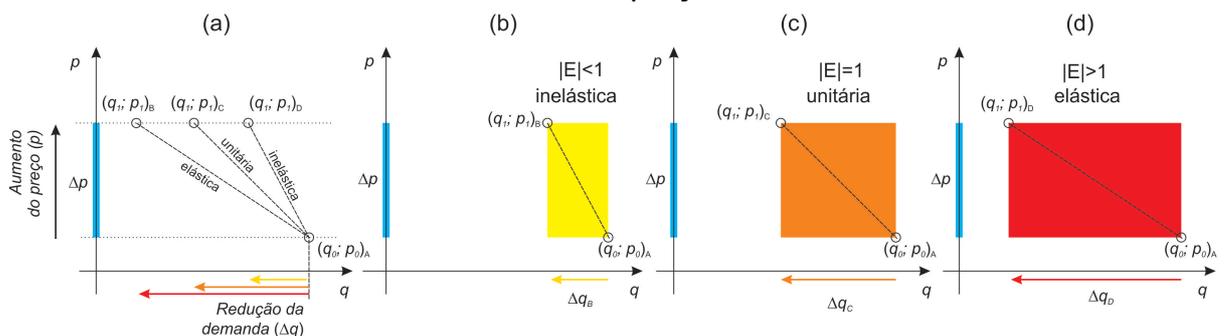
$$E = \frac{(q_1 - q_0)/q_0}{(p_1 - p_0)/p_0} = \frac{\Delta q/q_0}{\Delta p/p_0} \quad (1)$$

Sendo:

- q_0 = quantidade demandada inicialmente;
- q_1 = quantidade demandada após o aumento de preço;
- p_0 = preço inicial;
- p_1 = preço final/com aumento.

Em função da relação inversa entre uma variação no preço (aumento) e a variação na quantidade demandada (redução), proposta por Vasconcellos (1998), a elasticidade condicionará a um número negativo. Nesse sentido, o valor da elasticidade (E) mensura quanto proporcionalmente, o usuário reduzirá a demanda frente o aumento do preço (Figura 2).

Figura 2 – Tipologia da redução do consumo frente o aumento do preço segundo a teoria da elasticidade-preço da demanda



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2019).

Na Figura 2a, observa-se as curvas segundo os pares ordenados de demanda (q) e preço (p), partindo-se da condição inicial $(q_0, p_0)_A$ para a final em três possibilidades: $(q_1, p_1)_B$; $(q_1, p_1)_C$ e; $(q_1, p_1)_D$.

Quando o módulo da elasticidade se encontra abaixo de 1 ($|E| < 1$), a demanda é dita inelástica, ou seja, a variação da demanda (Δq_B) é inferior ao aumento do preço (Δp), desta forma, não é tão sensível ao aumento de preço (Figura 2b). Quando o módulo é igual à unidade ($|E| = 1$), a demanda é dita unitária, a redução da demanda encontra-se na mesma proporção do aumento do preço ($\Delta q_C = \Delta p$) (Figura 2c). Quando o módulo da elasticidade assume valores superiores a 1, a demanda é dita elástica, sendo o consumidor bastante sensível ao aumento no preço da água, ou seja, a redução da demanda maior que o aumento do preço, proporcionalmente ($\Delta q_D = \Delta p$) (Figura 2d).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área de estudo contemplou três áreas hidrográficas, onde a maior parte dos municípios estão inseridos total/parcialmente na Bacia do rio Brígida, outra parte na Bacia Riacho das Garças e uma pequena área na parte do grupo de pequenos rios interiores 9 (APAC, 2020) (Figura 3).



Fonte: Adaptado da Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM, 2003).

A bacia hidrográfica do rio Brígida está localizada no alto Sertão de Pernambuco, entre $07^{\circ} 19' 02''$ e $08^{\circ} 36' 32''$ de latitude sul, e $39^{\circ} 17' 33''$ e $40^{\circ} 43' 06''$ de longitude oeste, limitando-se ao norte com os Estados do Ceará e Piauí e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 9 - GI9 (UP28), ao sul com a bacia do riacho das Garças (UP12) e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 6 - GI6 (UP25), a leste com a bacia do rio Terra Nova (UP10) e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 5 - GI5 (UP24), e a oeste com o Estado do Piauí (APAC, 2020).

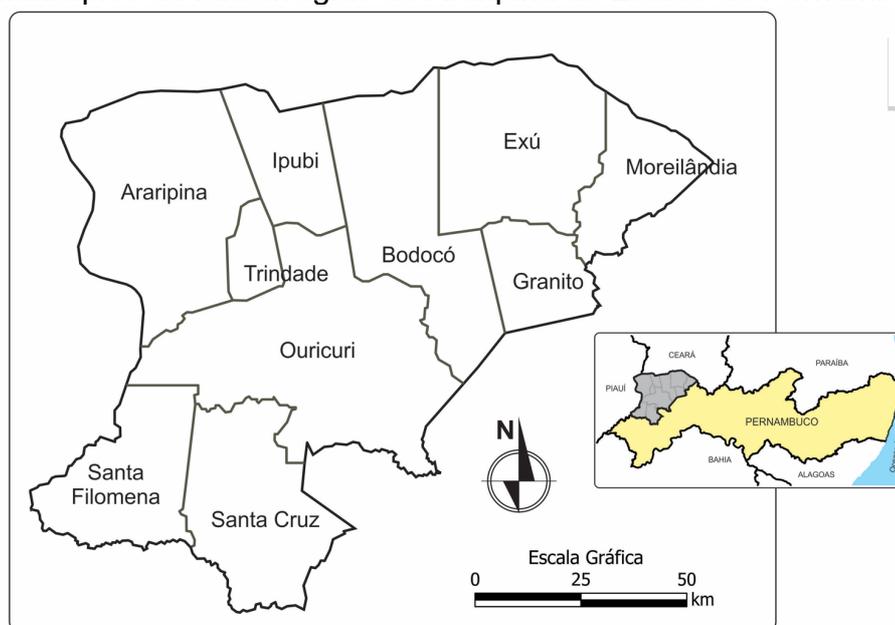
O Rio Brígida nasce ao norte no município de Exú no Estado de Pernambuco e apresenta uma extensão aproximada de 193 km e abrange uma área de 13.495,73 km², o que corresponde a 13,73% da superfície total do Estado, até desaguar no rio São Francisco. Os principais afluentes são os riachos Tabocas, Alecrim, do Gentil, da Volta e São Pedro, pela margem direita, e os riachos dos Cavalos, Salgueiro, do Cedro

e Carnaúba pela margem esquerda. O rio São Pedro é o maior tributário com uma extensão de 160 km destacando ainda o riacho Gravatá com 27 km (APAC, 2020).

4.1.1 Região do Araripe

A Região do Araripe localiza-se entre os paralelos 7°18'40" e 8°38'26", na latitude sul, e os meridianos 39°06'09" e 40°51'29" na longitude oeste, situada na porção semiárida (Figura 4), onde a precipitação anual varia entre 450 e 600mm, tendo como principal característica a irregularidade na sua distribuição têmporo-espacial, refletida pela vegetação predominante de caatinga hiperxerófila (PERNAMBUCO, 2006).

Figura 4 – Municípios da microrregião de Araripina do Estado de Pernambuco

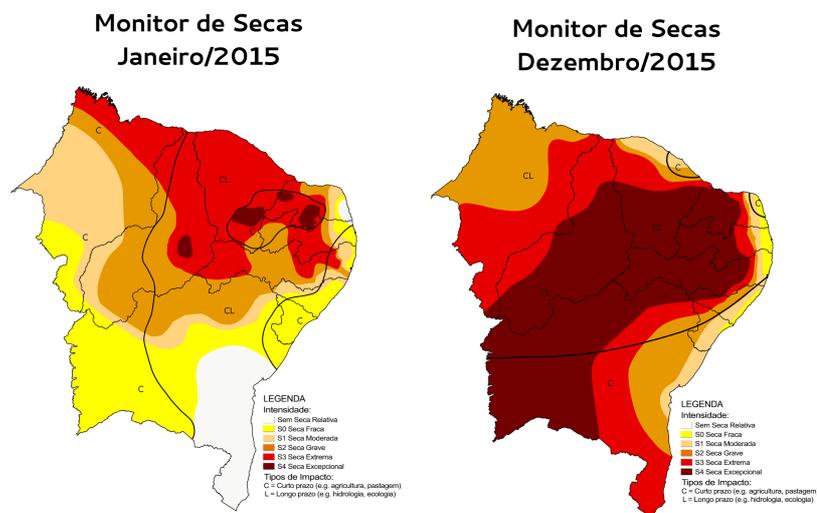


Fonte: Adaptado de MDA (2015) e PERNAMBUCO (2006).

A microrregião de Araripina faz divisa com os Estados do Ceará e Piauí possui uma área de 11.548 km² e um total de 307.631 habitantes com uma densidade demográfica de 26,6 hab/km². Seu território corresponde a 18,48% do Sertão de Pernambuco e se encontra a uma altitude de 515 m. Contempla os municípios de Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilandia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade. O Produto Interno Bruto (PIB) da microrregião representa 14,46% do PIB da região Sertão. Os moradores da microrregião representam 19,53% dos habitantes do sertão pernambucano (PERNAMBUCO, 2006 e MDA, 2015).

O Semiárido do Nordeste reflete bem as dificuldades no atendimento das demandas em função de baixa oferta, observadas nas sazonalidades, com curta estação chuvosa, e frequentes secas, chuvas abaixo da média histórica (GALVÍNCIO e DE MOURA, 2005; LIMA e GIRÃO, 2020). Entre anos de 2011 a 2016 o Estado de Pernambuco teve fortes perdas econômicas consequentes nos efeitos negativos da seca (SILVA, 2017). Devido à diminuição de chuvas nos meses de dezembro de 2014 e janeiro de 2015, Pernambuco tem sofrido drasticamente com os efeitos da seca: no início de 2015, em algumas áreas, em atenção às regiões do oeste e do agreste, verificaram-se situações de seca extrema, com período de curto e longo prazo; em outras áreas do estado, os efeitos estiveram nas categorias de intensidade leve e extrema, de curto prazo, como no setor leste; no final do ano, com grande aumento de área de seca para a área leste, com intensidade extrema e intensidade excepcional em grande parte do estado (ANA, 2016) (Figura 5).

Figura 5 - Apresentação de Índices do Monitoramento de Secas



Fonte: adaptado de ANA (2016).

4.2 Banco de dados de micromedição

O banco de dados da micromedição, oriundo de registros em planilha eletrônica de COMPESA (2017a), contempla informações do Sistema Adutor do Araripe, segundo as cidades (incluindo distritos): Araripina (Lagoa do Barro, Morais, Nascente, Rancharia e Gergelim); Bodocó (Jardim – Bodoco, Né Camilo e Sipaubá); Exu (Timorante); Granito (Rancharia); Ipubi (Serra Branca e Serrolândia); Moreilandia; Ouricuri (Barra de São Pedro, Jacaré, Jatobá, Lopes, Santa Rita e Varzinha); Santa

Cruz; Santa Filomena (Poço Comprido e Socorro); Trindade (Mangueira). Também constam nos dados do sistema adutor, dos distritos de Matias e Jacaré, ambos do município de Araripina/PE. Perfazendo-se assim, mais de 4 milhões de registros (Período: janeiro de 2007 a dezembro de 2015), a matriz de dados inclui categorias (público, comercial, residencial, industrial), consumos e valores faturados.

4.3 Estrutura tarifária

As tarifas mensais correspondentes para cada metro cúbico de água consumido na categoria residencial podem ser observadas na estrutura tarifaria correlacionada ao período analisado (janeiro de 2007 a dezembro de 2015) (COMPESA, 2017b) (Tabela 1) nas categorias: Mínimo (consumo até 10 m³) e Normal (consumo acima de 10 m³).

Tabela 1 - Tarifas para o usuário residencial aplicada pela COMPESA – Período julho de 2006 a junho de 2015

Início da vigência		Tarifas						
		Faixa de consumo (m ³)						
Ano	Mês	Consumo mínimo R\$/10m ³	Categoria Normal					Acima de 90
			0 a 10	10 a 20	20 a 30	30 a 50	50 a 90	
		R\$/m ³						
2006	07	19,31	1,92	2,21	2,63	3,62	4,29	8,23
2007	09	20,05	2,00	2,29	2,74	3,77	4,46	8,55
2008	09	21,50	2,14	2,47	2,94	4,03	4,79	9,19
2009	11	23,34	2,32	2,67	3,19	4,38	5,20	9,97
2010	12	24,51	2,43	2,81	3,35	4,60	5,46	10,47
2011	12	26,21	2,60	3,00	3,58	4,92	5,84	11,20
2012		26,21	2,60	3,00	3,58	4,92	5,84	11,20
2013	03	27,59	2,74	3,17	3,77	5,18	6,14	11,78
2014	03	30,00	2,98	3,44	4,09	5,63	6,67	12,82
2015a	03	32,51	3,23	3,73	4,43	6,10	7,23	13,89
2015b	06	33,75	3,34	3,86	4,59	6,31	7,48	14,38

Fonte: adaptado de COMPESA (2017b).

4.4 Períodos de abordagem

De posse de pares ordenados preço (p_i) (tarifas) e demandas (q_i) (registros de micromedições), torna-se importante a delimitação dos períodos a serem considerados, ou seja, os meses relacionados aos aumentos tarifários.

Nesse sentido, esta pesquisa atentou-se para o comportamento do usuário tanto no mês do reajuste de tarifa como também, no mês imediatamente posterior a

esse aumento, de modo a constatar uma possível reação do consumidor em atenção/identificação do acréscimo tarifário.

Partindo-se dos parâmetros de demanda da Equação 1, considerando q_0 , a demanda no mês inicial de análise e, q_1 , a demanda do mês seguinte, o cálculo da elasticidade levou em consideração a análise da demanda para os dois primeiros meses de cada nova vigência da estrutura tarifária no período observado, contemplando os anos de 2007 a 2015, com reajustes nos meses conforme Tabela 1.

Efeitos climatológicos diferenciados em eventos de El Niño e La Niña são frequentes no semiárido do Nordeste. As elasticidades médias desses eventos para cada mês/ano considerados nesta pesquisa, confere uma abordagem diferenciada ante ao comportamento do usuário residencial-urbano. Rodrigues et al. (2017) discretiza os períodos de El Niño e La Niña entre os anos de 1936 a 2016.

4.5 Funções de demanda por água

As funções de demanda são fundamentais nas proposições de modelos econômicos. Conforme teoria já mencionada, as curvas de demandas são representadas por pares ordenados de demanda e preço (CARRERA-FERNANDEZ E GARRIDO; 2002), como na curva AB (Figura 2) com A ($q_A; p_A$) e B ($q_B; p_B$) ou, nessa mesma Figura, os pares das curvas AC e AD, seguindo a relação neoclássica que, para um dado aumento de preço do metro cúbico da água, ocorrerá uma redução do consumo. Com esses dados, a partir do coeficiente angular (m) e linear (b) da equação da reta ($(p_B - p_A) = m(q_B - q_A) + b$), determina-se a função de demanda (DAMÁSIO et al., 2004). As funções de demanda representam a forma algébrica do comportamento do consumidor ante o aumento tarifário.

A partir dessas funções é possível fazer estimativas de demandas em relação aos acréscimos/decréscimos de preços ou vice-versa, nas estimativas de preços em função de demandas diferenciadas. Também é base para aplicações de modelos de cobrança pelo uso da água de caráter econômico (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO; 2002; DAMÁSIO et al., 2004).

Duas vertentes foram destacadas: as curvas de demanda do usuário no uso comum, vide abastecimento público pela COMPESA e; visando agregar informações para subsidiar abordagens em modelos econômicos de cobrança pelo uso da água, foram consideradas modalidades alternativas, na hipótese de escassez hídrica,

através da compra de água fornecida por carros-pipa (DAMÁSIO et al., 2004), sendo caso comum no Semiárido do Nordeste brasileiro.

4.5.1 Preços de demanda em modalidades alternativas

Para as propostas alternativas (carro-pipa): na estrutura tarifária da COMPESA (COMPESA, 2017b) podem ser identificados os valores do m³ da água fornecida por essa Companhia; no mercado paralelo, valores considerados segundo referências e estimativas diferenciadas.

Na Tabela 2, verificam-se os valores da água comercializados através de carros-pipa em R\$/m³, no período de 2007 a 2015 no Estado de Pernambuco: no mercado paralelo (os anos de 2007, 2009, 2010 e 2013, os valores foram estimados conforme Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA) e pela COMPESA, conforme Resoluções da Agência Reguladora de Pernambuco - ARPE (COMPESA, 2017b). Acrescenta-se que, para essas hipóteses alternativas já se considera a potabilidade dessas águas, ou seja, tanto no fornecimento no mercado paralelo, quanto aos reservatórios/armazenamentos dos veículos “pipas”, com garantias dos aspectos qualitativos, tendo em vista a não necessidade de acrescentar custos sequentes em possíveis tratamentos.

Tabela 2 - Estimativas de valores da água comercializados em carros-pipa, em R\$/m³ no estado de Pernambucano período de 2007 a 2015

Ano	Mercado paralelo	COMPESA
2007	17,64	7,84
2008	18,75	8,40
2009	19,56	9,11
2010	20,71	9,57
2011	17,50	10,23
2012	43,75	10,23
2013	23,40	10,78
2014	25,00	11,72
2015a	28,57	12,70
2015b	29,27	13,15

Fonte: Adaptado de IBGE, (2008); Fernandes, (2008); IBGE, (2009); IBGE, (2010b); Santana, 2011; Caatinga, 2012; IBGE, 2013; IBGE, 2014; Campelo, 2014; ARPE, 2014; ARPE, 2015; Carvalho, 2015; COMPESA, 2017a.

4.5.2 Demandas por água: estimativas

Primariamente, as estimativas de demanda por água nos municípios da Microrregião de Araripina fornecida pelo abastecimento público da COMPESA referem-se aos registros de consumo, derivando o comportamento do consumidor através das elasticidades-preço da demanda.

No caso de consumo de água através de modalidades alternativas, os valores não são estabelecidos como característica de mercado. Assim sendo, as informações de preço e demanda em usos alternativos poderiam ser identificados na técnica de demanda contingente, através de entrevistas de campo que apoiariam na estimativa de quanto percentualmente se reduziria o consumo quando se busca essas modalidades (CARRERA-FERNADEZ e GARRIDO, 2002). Tal atividade confere caso bastante laboral, sendo inviável no âmbito da pandemia, COVID-19. Assim sendo, contexto de demanda em usos alternativos foram direcionados às estimativas de consumo com base em dados da literatura.

A modalidade de consumo de água oriunda de transporte por carro-pipa em mercado paralelo, mesmo que o metro cúbico apresente-se bem mais oneroso que o abastecimento da Companhia de Saneamento, é uma opção bastante realizada nas ocorrências de falta de água de longos períodos (PEREITA et al., 2015; SANTANA, 2016).

Damásio et al. (2004), destacam a forte redução do consumo nessa preferência alternativa do usuário, aplicado em modelos de caráter econômico de cobrança pelo uso da água, tendo estimado para as Bacias Hidrografias do rio Paraíba do Sul (PS-SP) e dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ-SP), uma redução de 50% do consumo.

No abastecimento urbano a quota per capita representa o rateio do volume distribuído pelo quantitativo populacional atendido, tal parâmetro é derivado de vários fatores (FERNANDES NETO et al., 2004; MATOS, 2007; COSTA, 2015) como: socioeconômicos, climatológicos, hábitos de higiene, grau de desenvolvimento urbano (industrialização), disponibilidade hídrica, pressão hidráulica no sistema predial/domiciliar, equipamentos hidráulico-sanitários, valor da tarifa, entre outros.

Na literatura existem tabelas com valores médios propostos segundo faixas populacionais da zona urbana (VON SPERLING, 2005; GUEDES et al., 2016 e CECCONELLO et al., 2019). Esses valores inferiores e superiores de quotas

representam limiares padrões de consumo dentro de faixa populacional. Em outras palavras, na zona urbana do município, o consumo, em média, é estimado entre esses limites. Essas informações podem apoiar na estimativa de redução de demanda, utilizando-se da diferença percentual como proporção de redução de demanda, caso de consumos dentro de uma faixa proposta na literatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 O aumento tarifário

Na Tabela 3 observam-se as variações de tarifas do ano/mês da vigência em relação à tarifa anterior, parâmetro $\Delta p/p_0$ (Equação 1), p_0 , tarifa inicial e p_1 , tarifa com aumento. Assim sendo, para 2007, foi considerada a tarifa aplicada na estrutura tarifária do ano anterior 2006 (Tabela 1) e, sequencialmente, para os demais anos em seus respectivos meses.

Tabela 3 - Variação da Tarifa segundo estrutura tarifaria da COMPESA (Período: janeiro de 2007 a dezembro de 2015)

Vigência		Variação da Tarifa ($\Delta p/p_0$)
Ano	Mês	
2007	09	0,039
2008	09	0,073
2009	11	0,086
2010	12	0,050
2011	12	0,070
2012		-
2013	03	0,052
2014	03	0,088
2015	03	0,084
2015	06	0,035

Fonte: Autoria própria; tarifas adaptadas de COMPESA (2017b)

Para o período em estudo, o maior aumento tarifário foi observado em março de 2014 (8,8%). O ano de 2015, teve o terceiro maior aumento, em março (8,4%) e o menor deles, três meses depois, em junho (3,25%) porém, o agregado condiciona esse, como o ano de maior impacto econômico para o consumidor em relação ao ano anterior (12,41%). O aumento tarifário médio entre 2007 e 2015, foi de 6,11%.

5.2 A análise da demanda frente ao aumento tarifário

5.2.1 Proporções dominantes dos resultados

Esta fase correspondeu atividade bastante laboral na pesquisa, tendo em vista a análise do banco de dados que contemplava todas as localidades e o sequenciamento de meses em séries de anos diferenciados.

Os dados de variação da demanda seguiram a hierarquia da localidade, usuário e meses sequenciais, partindo-se dos meses da Tabela 3, calculando-se as variações da demanda para cada usuário da série.

No mês vigente do aumento tarifário, a elasticidade-preço da demanda foi calculada comparando-se com os dados de micromedição deste mês com a do mês anterior, para cada usuário. Da mesma forma, para o cálculo da Elasticidade do mês seguinte ao aumento tarifário, foram consideradas as demandas deste mês em relação ao anterior (vigente ao aumento da tarifa). Assim sendo, iniciando-se no mês de reajuste de 2007, setembro (Δq em relação a agosto) e no mês seguinte, outubro (Δq em relação a setembro). Finda-se a análise com as demandas relacionadas ao mês do reajuste tarifário do mês de junho de 2015.

Enfatiza-se que, em muitos casos observou-se a ausência de dados ou demanda inicial (q_0) registrada como zero, condições que não possibilitam o aporte de variação da demanda ($\Delta q/q_0$) (Equação 1). Ocorreram casos de valores extremamente elevados, provavelmente por erro de registro, problemas de hidrômetro ou danos na rede/vazamento, informações que também foram descartadas para a análise.

Os valores obtidos para a elasticidade (E) (Equação 1), estão discretizados nas demandas: elástica, inelástica e unitária. As condições em que a demanda cresceu posteriormente ao aumento tarifário, não foram abordadas no contexto, pois não se enquadram à condição neoclássica da relação oferta e demanda.

Uma observação que se deve destacar é a proporção dos dados com meses do aumento tarifário (incluindo o mês posterior a este) considerados no cálculo, Tabela 4. Nesta Tabela observa-se que, em média, 20,17% dos resultados apresentam-se elásticos, destes 49,27%, foram considerados para o cálculo apenas 0,81% dos dados que corresponderam à característica inelástica; a condição unitária é pouco observada, menos de 0,04% dos dados; 34,82% dos dados não apresentam alteração de demanda, muitos desses, provavelmente, em função de cada faturamento considerar o consumo mínimo mensal ($10m^3$), sendo assim valor constante; as demais informações correspondem a valores não considerados e ausência de dados. Destacam-se como maiores proporções em abril de 2013 (35,84%), para o caso elástico; abril de 2014 com 18,60% (elástico considerado); sem alteração da demanda, em outubro de 2017, com 54,17% dos resultados; com ausência de informações nos meses de 2015, em média 61,46% dos resultados. Este último caso,

condicionado ao ano com o menor número de registros de consumo (LACERDA et al, 2014; LOPES e SOARES, 2016; PEREIRA et al., 2017). As menores proporções podem ser destacadas em 10,44% para o caso elástico em abril de 2015; 1,99%, em julho de 2015, nos resultados de demanda elástica considerados; 15,67%, em julho de 2015, sem alteração da demanda; 11,70% sem alteração da demanda

Tabela 4 - Proporção dos dados analisados no parâmetro da elasticidade-preço da demanda (%)

Condição para análise da demanda	Ano/mês					
	2007		2008		2009	
	set	out	set	out	nov	dez
Elástica	10,641	10,742	14,084	24,329	15,908	18,028
Elástica - considerada	3,299	2,917	8,278	11,777	10,084	12,334
Unitária	-	-	0,016	0,020	0,023	0,031
Inelástica	0,081	0,072	1,091	0,764	1,873	1,804
Sem alteração da demanda	54,028	54,168	52,704	51,750	52,858	53,014
Não considerado	15,299	16,867	19,958	11,437	16,882	13,854
Sem informação	19,951	18,151	12,146	11,701	12,456	13,269
	2010/2011		2010/2011		2013	
	dez/10	jan/11	dez/11	jan/12	mar	abr
Elástica	20,404	21,376	23,776	28,731	33,264	34,835
Elástica - considerada	8,366	11,988	13,901	16,292	14,010	15,162
Unitária	0,057	-	0,009	-	0,067	0,043
Inelástica	0,313	1,019	1,188	1,180	0,458	0,358
Sem alteração da demanda	47,783	45,841	31,146	30,900	20,598	20,334
Não considerado	15,526	15,431	26,518	23,485	27,206	25,585
Sem informação	15,917	16,333	17,364	15,704	18,408	18,846
	2014		2015			
	mar	abr	mar	abr	jun	jul
Elástica	30,008	30,301	12,229	10,443	12,842	11,156
Elástica - considerada	17,575	18,602	5,257	4,834	2,274	1,944
Unitária	0,003	0,005	0,043	0,125	-	-
Inelástica	1,588	1,860	0,357	0,499	0,041	0,054
Sem alteração da demanda	20,084	20,335	19,814	19,945	15,825	15,674
Não considerado	27,248	24,527	7,157	8,629	8,076	11,263
Sem informação	21,071	22,971	60,400	60,360	63,217	61,853

Fonte: Autoria própria; micromedição adaptada de COMPESA (2017a).

5.2.2 Elasticidade média mensal

Na Tabela 5, verificam-se os valores das elasticidades médias nos meses vigentes e posteriores ao aumento tarifário, segundo a estrutura tarifária da COMPESA nos anos de 2007 a 2015, nos consumidores da categoria residencial/normal. Atenta-se que, para o cálculo da diferença de demanda, foram considerados os registros de micromedição dos meses anterior, vigente e posterior ao aumento tarifário.

Tabela 5 – Elasticidade-preço da demanda, média no abastecimento urbano dos municípios nos meses vigente e posterior ao aumento tarifário (anos de 2007 a 2015) – consumidor na categoria residencial normal

Característica da demanda	Ano/mês					
	2007		2008		2009	
	set	out	set	out	nov	dez
Elástica	-2,992	-3,055	-2,697	-3,155	-2,606	-2,633
Unitária	-	-	-1,012	-1,015	-1,010	-1,011
Inelástica	-0,748	-0,806	-0,763	-0,774	-0,736	-0,744
	2010/2011		2011/2012		2013	
	dez/10	jan/11	dez/11	jan/12	mar	abr
Elástica	-2,891	-2,731	-2,800	-2,856	-3,073	-3,108
Unitária	-1,000	-	-1,000	-	-1,012	-1,012
Inelástica	-0,797	-0,764	-0,764	-0,774	-0,827	-0,823
	2014		2015			
	mar	abr	mar	abr	jun	jul
Elástica	-2,752	-2,747	-2,884	-2,891	-3,280	-3,411
Unitária	-1,003	-1,002	-0,992	-0,992	-	-
Inelástica	-0,765	-0,764	-0,679	-0,685	-0,472	-0,694

Fonte: Autoria própria; micromedição e tarifas, adaptados de COMPESA (2017a; 2017b)

Além da modalidade unitária, $E = -1$, também foram calculados os valores médios das elasticidades: no mês vigente ao aumento tarifário, com $E = -2,886$, para a condição elástica e $E = -0,728$, para a condição inelástica; no mês posterior a esse aumento da tarifa, $E = -2,954$, para a demanda elástica e $E = -0,759$, para a demanda inelástica.

O comportamento entre os meses apresenta-se aproximado, o consumidor foi ligeiramente mais sensível, no mês posterior ao aumento tarifário: em 2,36% na condição elástica; e 4,23% na inelástica.

5.2.3 Elasticidade média em períodos de El Niño e de La Niña

Na Tabela 6, observam-se os valores das elasticidades que representam as médias das elasticidades observadas na Tabela 5, em períodos coincidentes aos meses de intensidades de El Niño (Fraca; Moderada; Muito forte) e La Niña (Fraca; Moderada; Forte) informados por Rodrigues et al. (2017).

Tabela 6 - Valores das elasticidades médias para o usuário urbano em períodos coincidentes aos meses de El Niño e La Niña propostos por Rodrigues et al. (2017).

Períodos: ano/mês (início e fim) de ocorrência													
2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2014	2015	2015	2016
ago	jun	out	fev	ago	mar	jul	abr	ago	fev	nov	jun	jul	mai
El Niño - Intensidade													
-	-	-	-	Moderada	-	-	-	-	-	Fraca	-	Muito Forte	-
Elástico													
-	-	-	-	-2,619	-	-	-	-	-	-3,018	-	-3,411	-
Inelástico													
-	-	-	-	-0,740	-	-	-	-	-	-0,612	-	-0,694	-
La Niña - Intensidade													
Forte	Fraca	-	-	-	-	Forte	Moderada	-	-	-	-	-	-
Elástico													
-3,023	-3,155	-	-	-	-	-2,811	-2,828	-	-	-	-	-	-
Inelástico													
-0,777	-0,774	-	-	-	-	-0,780	-0,769	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria; micromedição e tarifas, adaptados de COMPESA (2017a; 2017b)

Segundo os dados da Tabela 6, o caso da demanda elástica nos meses/anos correspondentes aos eventos de El Niño, o comportamento do usuário apresenta-se bem heterogêneo, menos expressivo em El Niño moderado ($E = -2,619$), maior em El Niño fraco ($E = -3,018$) e mais sensível no El Niño forte ($E = -3,411$), este no final da série, ano de 2015. Não diferente para a demanda inelástica, nesses casos, de El

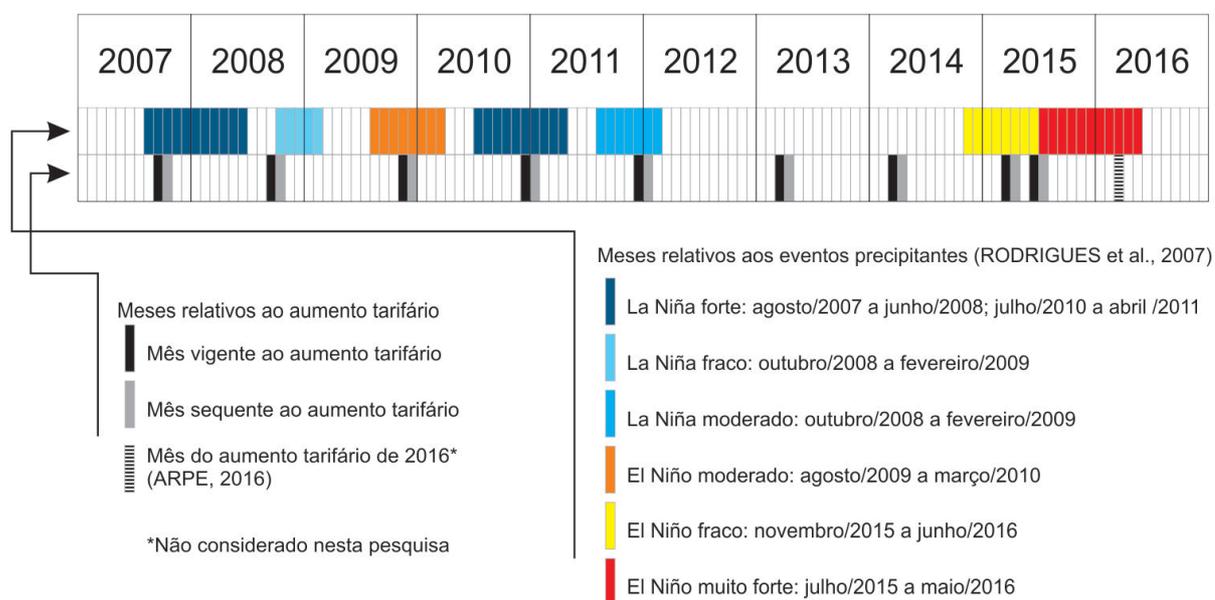
Niño nas intensidades moderada, fraca e muito forte, as elasticidades corresponderam em -0,740, -0,612 e -0,694, respectivamente.

Na Tabela 5, observa-se as demandas elásticas nos meses/anos de La Niña: nas ocorrências de intensidade de forte pra fraca, entre 2007 e 2009, os valores das elasticidades apresentam-se aproximados entre -3,023 e -3,155, nessa ordem; entre os anos de 2010 e 2012 (de intensidade forte para moderada), com elasticidades médias respectivas de -2,811 e -2,828. Já para as demandas inelásticas, respectivamente nesses períodos e intensidades, o comportamento foi homogêneo, com elasticidade média de -0,775, variando entre -0,769 a -0,780.

Atenta-se que essas médias, estão relacionadas aos meses coincidentes de aumento tarifário analisados e os eventos precipitantes propostos por Rodrigues et al. (2017).

Na Figura 6, observa-se a distribuição dos meses dos eventos precipitantes de El Niño e La Niña entre os anos de 2007 e 2016 em paralelo aos meses vigente/sequente ao aumento tarifário (2007 a 2015).

Figura 6 - Períodos de El Niño e La Niña ente 2007 e 2016 em paralelo aos meses vigente e sequente aos aumentos tarifários da COMPESA



Fonte: autoria própria, com base em COMPESA (2017b) e Rodrigues et al. (2017).

Na Figura 6, destacam-se os pares de períodos de La Niña entre agosto de 2007 e fevereiro de 2012 intermediado por um El Niño moderado entre agosto de 2009 e março de 2010; a longa sequência de meses em El Niño fraco para muito forte entre

novembro de 2015 a maio de 2016; e o período março de 2012 a outubro de 2014, sem esses eventos precipitantes, considerados como normais.

Em 20 de março de 2016, ocorreu aumento tarifário segundo Resolução ARPEN° 107, de 18 de fevereiro de 2016 (ARPE, 2016), sendo período coincidente com o El Niño muito forte, destacado na Figura 6, porém, não considerada na análise desta pesquisa, tendo em vista que a série de dados de micromedição que compreendeu período de janeiro/2007 a dezembro/2015.

Comparando-se com a média global das elasticidades (Tabela 5) durante El Niño moderado, a demanda apresenta 10,3% abaixo da média na condição elástica; também nesta condição de demanda, em El Niño forte, a redução é de 16,16% maior que a média global; nas demais ocorrências de La Niña (forte, fraco e moderado) e El Niño (fraco), os valores de redução de demanda, elástica e inelástica, apresentam-se próximos da média global.

5.3 Funções de demanda por água em usos alternativos

5.3.1 Preços de demanda

Para as alternativas de consumo menos e mais custosas, foram consideradas as águas transportadas por carros-pipas. Os preços (valor do m³ de água) em duas opções: preços fornecidos pela COMPESA (p_2) e o preço final, o valor do m³ de água transportado por carro pipa, fornecido pelo mercado paralelo (p_3), ambos os preços disponíveis na Tabela 2.

5.3.2 Estimativas das demandas

Face a ausência de pesquisa de campo quanto ao consumo dos usuários em uso de água fornecida por carro-pipa (em virtude de condições de Pandemia COVID-19), as proporções das reduções das demandas foram estimadas em função dos limites máximo, médio e mínimo das cotas per capita de água, segundo dados amplamente difundidos na literatura. Assim sendo, foi considerada a diferença percentual entre valores limites de quota (atribuídos por faixa populacional de uma zona urbana) como sendo a redução da demanda.

Na Tabela 7, verificam-se os dados de população e porcentagem ao total da Microrregião de Araripina (IBGE, 2010); quotas per capita propostas por Von Sperling (2005) (GUEDES et al., 2016; CALMON et al., 2016) com limites inferior (q_{VPi}), superior (q_{VPs}) e médio (q_{VPM}).

Tabela 7 - Diferenças proporcionais entre os limites do consumo per capita de água propostos por Von Sperling (2005) para os municípios da Microrregião de Araripina/PE

Município - Microrregião de Araripina	Quota per capita* em função da população** (litros/hab/dia)			Diferença proporcional entre as quotas (%)	
	Limite inferior	Limite superior	Médio		
	q_{VPi}	q_{VPs}	q_{VPm}	$q_{VPs} - q_{VPm}$	$q_{VPs} - q_{VPi}$
Araripina	120	220	170	29,41	83,33
Ouricuri	120	220	170	29,41	83,33
Bodocó	110	180	145	24,14	63,64
Exu	110	180	145	24,14	63,64
Ipubi	110	180	145	24,14	63,64
Trindade	110	180	145	24,14	63,64
Santa Cruz	110	180	145	24,14	63,64
Santa Filomena	110	180	145	24,14	63,64
Moreilandia	110	180	145	24,14	63,64
Granito	100	160	130	23,08	60,00
Média				25,09	67,21

Fonte: autoria própria, adaptado de Von Sperling (2005).

A partir da Tabela 7, verifica-se que as diferenças proporcionais para cada município entre os limites superior e médio e, entre os limites superior e inferior, representam em média, 25,09 e 67,21%, respectivamente. Estes valores são considerados como redução de demanda nas modalidades alternativas de consumo menos cara e mais cara, nessa ordem.

A partir desses valores percentuais 25,09 e 67,21%, foi considerada a redução da demanda ante o valor de consumo mínimo por parte da estrutura tarifária da COMPESA, ou seja, consumo mensal de 10 m³. Assim sendo, as demandas mensais pós redução, segundo esses percentuais representam 7,49 m³ e 3,28 m³.

Essas reduções bruscas segundo modalidades alternativas mais caras, assim como propôs Damásio et al. (2004), com redução de 50%, normalmente são derivadas de mudanças no consumo compelindo, além da racionalização mais rigorosa, à priorização de demandas associadas à alimentação, higiene e outros usos mais essenciais, utilizando-se de água com qualidade inferior para demais necessidades.

5.3.3 Funções de demanda por água

Com os pares ordenados (demanda e preço) em dois pontos, foi possível elaborar as funções de demanda por água, a partir dos coeficientes angular/linear da equação da reta. Na Tabela 8 verifica-se os pares ordenados (preço e demanda) e respectivas funções de demanda, (q_2, p_2) e (q_3, p_3) , estes para as metodologias alternativas de água fornecida por carros-pipa: mais custosa (COMPESA) e menos custosa (mercado paralelo), respectivamente.

Tabela 8 - Pares ordenados e funções de demanda na modalidade de água fornecida por carros-pipa nos municípios da Microrregião de Araripina/PE.

Período		Pares ordenados				Função de demanda por água
		COMPESA*		Mercado paralelo		
Ano	Mês	q ₂	p ₂	q ₃	p ₃	
2007	set - out	7,49	7,84	3,28	17,64	$p = -2,328. q + 25,28$
2008	set - out	7,49	8,40	3,28	18,75	$p = -2,457. q + 26,81$
2009	nov - dez	7,49	9,11	3,28	19,56	$p = -2,481. q + 27,69$
2010 - 2011	dez - jan	7,49	9,57	3,28	20,71	$p = -2,646. q + 29,39$
2011 - 2012	dez - jan	7,49	10,23	3,28	17,50	$p = -1,726. q + 23,16$
2012						
2013	mar - abr	7,49	10,78	3,28	23,40	$p = -2,996. q + 33,22$
2014	mar - abr	7,49	11,72	3,28	25,00	$p = -3,152. q + 35,34$
2015	mar - abr	7,49	12,70	3,28	28,57	$p = -3,768. q + 40,93$
2015	jun - jul	7,49	13,15	3,28	29,27	$p = -3,829. q + 41,83$

Fonte: autoria própria

Comparando-se essas demandas, modalidades alternativas menos e mais custosas, a variação perfaz uma redução de 56,23%. Com esta variação e as variações dos preços ao longo do período analisado, foram calculadas as elasticidades-preço da demanda, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Elasticidade-preço da demanda entre as modalidades alternativas - água fornecida por carros-pipa (COMPESA e Mercado Paralelo) nos municípios da Microrregião de Araripina – Período: 2007 a 2015

Período		Variação de preço	Elasticidade
Ano	Mês	$\Delta p/p_0$	para redução de demanda de 56,23%
2007	set - out	125,00%	-0,450
2008	set - out	123,20%	-0,456
2009	nov - dez	114,70%	-0,490
2010 - 2011	dez - jan	116,40%	-0,483
2011 - 2012	dez - jan	71,10%	-0,791
2012			
2013	mar - abr	117,00%	-0,480
2014	mar - abr	113,30%	-0,496
2015	mar - abr	124,90%	-0,450
2015	jun - jul	122,70%	-0,458

Fonte: autoria própria.

As diferenças de preço (Tabela 9), apresentam-se heterogêneas, em média de 114,3%. Os aumentos mais expressivos são nos meses março de 2015 (124,9%) e em setembro de 2007 (125%). No mês de aumento de 2011, dezembro, observa-se a menor diferença de 71,1%.

Na Tabela 9, os resultados indicam uma resposta de demanda ante as diferenças de preços nas modalidades alternativas variando de -0,045 a -0,791, com média de 0,506, ou seja, para um dado aumento de preço de 10% entre as modalidades alternativas (carros-pipa), o consumidor reduziu a demanda, em média, de 5,06%.

A característica do consumidor na abordagem alternativa condiciona um comportamento inelástico, mesmo que a diferença de demanda estimada tenha correspondido valor bem expressivo, 56,23%. Tal fato se deve às fortes diferenças entre os valores do m³ de água cobrado nas modalidades alternativas (ao longo do período analisado) terem apresentado proporções bem maiores ($\Delta p/p_0$, Tabela 9).

6 CONCLUSÃO

Na análise da demanda em função do aumento de tarifa para o abastecimento urbano por parte da COMPESA, verificou-se comportamento predominantemente elástico nos meses vigentes e posteriores ao reajuste tarifário. Na análise global dos resultados, em média, para um aumento de 1% no valor da tarifa, a redução da demanda correspondeu a 2,92%, proporcionalmente.

Grande parte do banco de dados de micromedição utilizada nesta pesquisa apresentou registro mínimo mensal faturado de 10m³. A existência de dados efetivamente consumidos em categorias de baixa demanda, poderiam abranger mais precisão por parte dessa faixa de consumidores.

Os principais eventos precipitantes atuantes no Nordeste brasileiro, El Niño e La Niña, foram cruzados durante o desenvolvimento desta pesquisa. As demandas médias elásticas nas ocorrências de El Niño foram heterogêneas. Nos demais casos, os valores ficaram abaixo da média global.

Nas considerações hipotéticas no uso de metodologias alternativas na falta de água por parte da companhia de saneamento, foram observadas fortes reduções de demanda carro pipa (COMPESA e mercado paralelo). Os altos preços do mercado paralelo condicionaram elasticidades indicando demandas inelásticas.

A análise da sensibilidade do usuário frente ao aumento do preço do metro cúbico da água, através da elasticidade-preço da demanda, configurou-se como parâmetro importante de forma a subsidiar modelos de cobrança pelo uso da água de caráter econômico.

REFERÊNCIAS

- ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água. Posicionamento e contribuições técnicas da ABES. 2015. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf>. Acesso em:
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência sala de imprensa. Agência de notícias. 2008. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13600-asi-ipca-de-dezembro-fica-em-028-e-fecha-2008-em-590#:~:text=Com%20isso%2C%20o%20IPCA%20do,principalmente%20pela%20alta%20dos%20alimentos>. Acesso em: 02 de dezembro de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência sala de imprensa. Agência de notícias 2009. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13774-asi-ipca-de-dezembro-fica-em-037-e-fecha-o-ano-de-2009-em-431>. Acesso em: 13 de novembro de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência sala de imprensa. Agência de notícias. IPCA de dezembro fica em 0,78 e fecha 2014 em 6,41. 2014. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/15585-ipca-de-dezembro-fica-em-0-78-e-fecha-2014-em-6-41>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência sala de imprensa. Agência de notícias. IPCA varia de 0,71 a 0,68 no segundo trimestre. 2013. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/15400-em-abril-ipca-varia-0-71>. Acesso em: 26 de novembro de 2021.
- AGTHE, D. E.; BILLINGS, R. B.; BURAS, N. Managing Urban Water Supply. Baton Rouge: Kluwer Academic Publishers, v. 46, p. 1-22, 2003.
- Agthe, D. E.; R.B. Billings. Water-Price Effect on Residential and Apartment Low Flow Futures. Journal of Water Resources Planning and Management, v.122, n.1, p. 20-23, 1997.
- ALVES, R. F. F. et al (Org.). **Agência de Água: o que é, o que faz e como funciona**. 4. ed. Brasília: ANA, 2014. 85 p.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. GEO Brasil: Recursos Hídricos. Componente da Série de Relatórios Sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2007. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2007/GEOBrasilRecursosHidricos.pdf>>. Acesso em: cccccccccc
- ANA. Agência Nacional de Águas. Cobrança pelo uso de recursos hídricos. Disponível em: <www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ana_encarte_cobranca_conjuntura2019.pdf>

ANA. Agência Nacional das Águas. **Monitor de Secas**. 19 de jan. de 2016. Disponível em: <<http://monitordesecas.ana.gov.br/mapa>>. Acesso em 31 mar. de 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Água no mundo. 2018. Disponível em: <www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Fatos e Tendências – Água. 2009. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: abril, 2021.

ANA. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos. **Cobrança Pelo Uso dos Recursos Hídricos**, Vol. 7, 2019.

ANA. Lei das Águas. **Política Nacional dos Recursos hídricos: Fundamentos, Objetivos e diretrizes.**, 2019b.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Rio Brígida, disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=13. Acesso em: 29/02/2020.

ARMADA, C. A.; LIMA, R. L.. A cobrança pelo uso da água como importante instrumento jurídico-econômico da gestão hídrica no contexto da Região Nordeste. Revista Eletrônica Direito e Política, v. 12, n. 3, p. 1590-1613, 2017. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rdp/article/viewFile/12118/7008>>.

ARPE - Agência de Regulação de Pernambuco, Resolução ARPE N°107, de 18 de fevereiro de 2016. Autoriza o Reajuste Tarifário de 2016 dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários do Estado de Pernambuco, prestados pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. Disponível em: <http://www.arpe.pe.gov.br/images/RESOLUCAO/Resolucao_107_Reajuste_COMPE SA_fev16.pdf>.

ARPE, Agência de regulação do Pernambuco. Resolução ARPE n° 89. 05, fevereiro. 2014. Disponível em: http://www.arpe.pe.gov.br/images/RESOLUCAO/Resolucao_n_89_ARPE_RTCom pesa_2014.pdf. Acesso em: 26 de novembro de 2021.

ARPE, Agência de regulação do Pernambuco. Resolução ARPE n° 99. 20, maio. 2015. Disponível em: http://www.arpe.pe.gov.br/images/RESOLUCAO/Resolucao_99A_2015_RTE_COMP ESA.pdf. Acesso em: 26 de novembro de 2021.

ASSIS, W. D.; RIBEIRO, M. M. R. ; MORAES, M. M. G. A. . Proposição de melhorias para o Sistema de Cobrança pelo Uso da Água Bruta da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ONLINE), v. 23, p. 779-790, 2018. Disponível em :<www.scielo.br/j/esa/a/kXp3QTqnrldkgXs3P9ZY6Kbg/?format=pdf&lang=pt>.

BAIDYA T. K. N; AIUBE, F. A. L.; MENDES, M. R. C.; BATISTA, F. R. S. Fundamentos de Microeconomia. Interciência. Rio de Janeiro. 2014. 364p. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/41910>>.

BIBLIA, A.T. Salmos. Português. In: Bíblia sagrada. Reed. Versão de Antonio Pereira de Figueiredo. São Paulo: Ed. Das Americas, Cap. 112, vers.6.

BRANDÃO, Alexandre. PAVIANI, Aldo. Consumo de água em Brasília: Crise e oportunidade. Texto para Discussão TD - n. 8 (2015). Brasília: Companhia de Planejamento do DF, n. 8, outubro, 2015. 28 p

BRASIL. Lei n.0 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm >. Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui A Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Regulamenta O Inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e Altera o Art. 1º da Lei Nº 8.001, de 13 de Março de 1990, Que Modificou A Lei Nº 7.990, de 28 de Dezembro de 1989. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 04 maio 2017.

BRITTO, A. L. Tarifas sociais e justiça social no acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. In: CASTRO, J. E. et al. O direito à água como política pública na América Latina: uma exploração teórica e empírica. Brasília: Ipea, 2015. Cap. 9, p. 209-226.

BUREK, P.; SATOH, Y.; FISCHER, G.; KAHIL, M.T.; SCHERZER, A.; TRAMBEREND, S.; NAVA, L.F.; WADA, Y.; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; MAGNUSZEWSKI, P.; COSGROVE, B. ; WIBERG, D. Water Futures and Solution - Fast Track Initiative (Final Report). IIASA WorkingPaper. IIASA, Laxenburg, Austria: WP-16-006. 2016. Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13008/>>.

CALMON, A.P` . S. ; SOUZA, J. C. ; REIS, J. A. T. ; MENDONÇA, A. S. F. . Uso combinado de curvas de permanência de qualidade e modelagem da autodepuração como ferramenta para suporte ao processo de enquadramento de cursos d-água superficiais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, p. 118-133, 2016. Disponível em: <www.scielo.br/j/rbrh/a/SfTdtm9LrKhj45VgRTHKc8h/?format=pdf&lang=pt>.

CAMPELLO, Tereza; FALCÃO, Tiago; DA COSTA, Patrícia Vieira (Ed.). O Brasil sem miséria. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2014. Acesso em: 22 de novembro de 2021.

CARRERA-FERNANDEZ, José; et GARRIDO, Raymundo-José. Economia dos Recursos Hídricos. EDUFBA. Salvador. 2002.)

CARVALHO, C..Moradores do Sertão e do Agreste vivem em guerra por água. Uol, 2015. Disponível em:<https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2015/03/01/moradores-do-sertao->

e-do-agreste-vivem-em-guerra-por-agua-170236.php. Acesso em: 22 de novembro de 2021.

CECCONELLO, S. T., CENTENO, L. N., LEANDRO, D., & CASTRO, A. S. (2019). Ecoeficiência na mudança dos padrões de consumo de água: um estudo de caso em residências do município de Pelotas/RS. *Revista de Ciência e Inovação*, 4(1), 72-81. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9ae2/449c3b5951e1c97ec502e3107d94aabdc98f.pdf>

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. Dados de micromedição Período de Janeiro de 2007 a dezembro de 2015. Abril de 2017a.

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. Estrutura Tarifária. Período de Fevereiro de 2002 a março de 2016. Abril de 2017b.

COSGROVE, W. J; LOUCKS, D. P..Water management: Current and future challenges and research directions, *Water Resources*. 51,4823–4839, 2015. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2014WR016869>>.

COSTA, A. G.. Sistemas de abastecimento de água. Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2015. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2102/1/Sistema%20de%20Abastecimento%20de%20%C3%81guas-%20Livro.pdf>>.

DAMÁSIO, J.; SILVEIRA, A. H. P. ; FERNANDEZ, J. C. ; TEIXEIRA, T. C. S.. Efeitos da Cobrança do Recurso Água Sobre Agregados da Economia Brasileira. 2004.. Disponível em CD.

FANG, Y.; JAWITZ, J. W. The evolution of human population distance to water in the USA from 1790 to 2010. *Nature Communications*. 10, Articlenuber: 430. Disponível em: < www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6347611/>. Acesso em: abril, 2021.

Fatos e fotos da caatinga. Os barreiros do sertão do Nordeste. 15, agosto. 2012. Disponível em: <https://fatosefotosdacaatinga.blogspot.com/2012/08/>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

FERNANDES NETO, M. L. ; NAGHETINI, M. ; VON SPERLING, M. ; LIBÂNIO, M. . Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para municípios de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 9, n.2, p. 100-107, 2004.

FERNANDES, H..Celpe faz poda e ameaça árvores na área de proteção ambiental da Lagoa Olho D'água. *Blog Lagoa Olho D'água*. 28, fevereiro. 2008. Disponível em:www.lagoaolhodagua.com.br/2008/02/. Acesso em:05 de dezembro de 2021.

FERREIRA, Gabriel Luis Bonora Vidrih; FERREIRA, Natália Bonora Vidrih. **Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos**. Bauru, SP. p.1-11, nov. 2006. Disponível em:

<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/810.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2017.

FIGUEIREDO, S. L.; POMPERMAYER, R. S.; CALATRONE, T. A.. Análise da demanda de água em sistemas de abastecimento público. ANAIS DO VI SIMPROD, 2014. Disponível em:<https://ri.ufs.br/handle/riufs/7797>

FOSTER, Henry S.; BEATTIE, Bruce R. Urban residential demand for water in the United States. **Land Economics**, v. 55, n. 1, p. 43-58, 1979.

FRACALANZA, A. P.; JACOB, A. M.; EÇA, R. F. Justiça ambiental e práticas de governança da água: (re)introduzindo questões de igualdade na agenda. **Ambiente & Sociedade**, n.1, v. 16, p. 19-38, jan.-mar. 2013.

FUNASA. **Fundação Nacional de Saúde Manual de saneamento**. 5.ed. Brasília: Funasa, 2019. 545 p.
https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/506/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_Edicao.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FUNSA. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p. (ISBN: 85-7346-045-8). Disponível em:
<<https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/funasa-manual-saneamento.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

GALVÍNCIO, J. D.; DE MOURA, M. S. B. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no Estado de Pernambuco. **Revista de Geografia**: Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE. V.22, n.2, 2005. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228646/23069>

GARRIDO, Raymundo José Santos. **Contribuições à cobrança pelo uso da água no Brasil**: abordagem econômica e avaliação de preços ótimos vis-à-vis preços praticados na bacia do rio Paraíba do Sul. 2018. 263 f., il. Tese (Doutorado em Economia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em:
<https://repositorio.unb.br/handle/10482/32163>

GARRONE, P.; GRILLI, L.; MARZANO, R..Price elasticity of water demand considering scarcity and attitudes. **UtilitiesPolicy**, v. 59, p. 100927, 2019. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178718302893>

GHINIS, C. P.; FOCHEZATTO, A.; KUHN, C. V..A política tarifária como instrumento de gestão da demanda por água: estimando a elasticidade preço da demanda nos municípios do Rio Grande do Sul, 2010-2016. **Revista de Economia Aplicada**, 2020. Disponível em:
https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/17085/2/A_politica_tarifaria_com_o_instrumento_de_gestao_da_demanda_por_agua_estimando_a_elasticidade_preco_da_demanda_nos.pdf>

GOVERNO, DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco-Condepe/Fidem. **Baciashidrográficas**, 2003.

GRIGG, N. S. Integrated water resources management: unified process or debate forum? **International Journal of Water Resources Development**. 30(3):409–422, 2014. Disponível em: <https://aquadoc.typepad.com/files/grigg_iwrm-1.pdf>. Acesso em: abril de 2021.

GUEDES, N. S.; JUNIOR ATHAYDE, G. B. ; CHAVES, G. L. R. . Análise do consumo per capita de água em municípios do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2016. CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2016. v. 7. Disponível em: <www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-015.pdf>.

IBGE - Instituto brasileiro de estatística. **Notícias senso - IPCA de dezembro fica 0,63 e fecha 2010 com 5,91**. 2010b. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=1800&t=ipca-dezembro-fica-0-63-fecha-2010-5-91&view=noticia>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNSB 2017: Abastecimento de água atinge 99,6% dos municípios, mas esgoto chega a apenas 60,3%**. 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28324-pnsb-2017-abastecimento-de-agua-atinge-99-6-dos-municipios-mas-esgoto-chega-a-apenas-60-3>>

IBGE. **População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=1&uf=26>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

ITB. Instituto Trata Brasil. **Perdas de Água, 2021**. Disponível em: <www.tratabrasil.org.br/pt/estudos/perdas-de-agua>.

KUSTERKO, S.; ENSSLIN, S. L.; ENSSLIN, L.; CHAVES, L. C. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 615-626, 2018. Disponível em: <www.scielo.br/j/esa/a/Rn6rhxLMbP6NyLN3YmJLx/?format=pdf&lang=pt>

LACERDA, F. F., NOBRE, P., DO CARMO SOBRAL, M., & LOPES, G. M. B.. Alterações climáticas globais; uma realidade em Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 11, p. 121-154, 2014. Disponível em: <http://200.17.137.114/index.php/apca/article/view/1118>

LIMA, M. G. C.; GIRÃO, O. Considerações Teóricas sobre a Dinâmica Superficial em Ambientes Tropicais Áridos e Semiáridos: Aplicação ao Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Espaço Aberto**, v. 10, p. 9-26, 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/download/31401/21335>>

LOPES, L. S. D. O., & SOARES, R. C.. Suscetibilidade à desertificação das terras secas de Gilbués (Estado do Piauí) e Cabrobó (Estado do Pernambuco), nordeste do Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 1, n. 56, p. 307-323, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451746028013.pdf>

Martin, W E., and J.F. Thomas. "Policy Relevance in Studies of Urban Residential Water Demand," **Water Resources Research**, 22 (13): 1735-1741, 1986.

MARTINS, R.; COELHO, F.; FORTUNATO, A. Water losses and hydrographical regions influence on the cost structure of the Portuguese water industry. **Journal of Productivity Analysis**, v. 38, p. 81-94. 2011.

MATOS, J. C. C. T. (2007). **Proposição de Método para a Definição de Cotas per capita Mínimas de Água para Consumo Humano**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação MTARH.DM – 102/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UNB, Brasília - DF, 122p. Disponível em: <<http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/JenniferConceição.pdf>>

MCKENNA, Killian; KEANE, Andrew. Residential load modeling of price-based demand response for network impact studies. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 7, n. 5, p. 2285-2294, 2015.

MDA, Ministério do Desenvolvimento Agrário. Coordenação Geral de Monitoramento e Avaliação. Secretaria da Agricultura Familiar. Sertão do Araripe – PE, março, 2015. Disponível em:

<http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_081_Sert%C3%83%C2%A3o%20do%20Araripe%20-%20PE.pdf>.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **Abastecimento de Água**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. 147 p. 2009. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A.Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances** 12Feb 2016: Vol. 2, no. 2, e1500323. Disponível em: <<https://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323/tab-figures-data>>.

MELO, G. K. R. M. M.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B. Histórico evolutivo legal dos recursos hídricos no Brasil: uma análise da legislação sobre a gestão dos recursos hídricos a partir da história ambiental. **Âmbito Jurídico**, v. 100, p. 00, 2012. Disponível em: <<https://ambitojuridico.com.br/>>.

MENESES, Ronaldo Amâncio. **Diagnóstico operacional de sistemas de abastecimento de água: o caso de Campina Grande**. 2011. 162f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2011. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11155>

MISIUNAS, D. **Failure Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Supply Systems**. Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund Institute of Technology. DoctorTesis, 2005. . Disponível em: <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/5704571/26607.pdf>

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **O uso de Instrumentos Econômicos na Gestão Ambiental**. p.1-35, abr. 2000. Disponível em:

<https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/35691/JA_Instr_Econ_Gestion_Ambiental_R_Seroa_da_Motta.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2017.

MS - Ministério da Saúde. **Glossário Saneamento e Meio Ambiente**, 2010. Disponível em <www.aguabrasil.iciet.fiocruz.br/index.php?pag=sane>.

NETTO AZEVEDO.; FERNADEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. Manual de hidráulica - 9ª Ed. Edgard Blucher . 2015. 632p.

OLMO, F. ; MOSCHEN, V. R. B. . **Direito, Constituição e Cidadania**: contribuições para os objetivos de desenvolvimento do Milênio. 1. ed. FLORIANÓPOLIS: CONPEDI, 2015. v. 1. 5-658p. Disponível em: <http://conpedi.danilolr.info/publicacoes/c178h0tg/p2qwwuu8/FIn6qxykfid6sEMq.pdf>.

PEREIRA, R. A., DA SILVA, S. V., MANÃO, R. F. V., MENDES, L. E., & SANODA, R. T. S. Proposição de método aplicado à uma cobrança justa das parcelas relativas à coleta, afastamento e tratamento dos efluentes lançados nos sistemas públicos de esgotos e suas implicações no faturamento das companhias de água e esgoto. XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2015. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/II-315.pdf>

PEREIRA, M. L. T., SOARES, M. P. A., SILVA, E. A., DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A., & DE SOUZA, W. M.. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 394-402, 2017. Disponível em: <http://ead.codai.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1452>

PERNAMBUCO, 2006. **Sistema Integrado de Recursos Hídricos Bacias Hidrográficas**. 2006. Disponível em: <www.sirh.srh.pe.gov.br/site/documentos/PDF_Mapas/Bacias/BaciasHidrograficas_atlas2006.pdf>.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, R. L. **Microeconomia**. Pearson Universidades; 8 ed. 2013, 768p. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/5668>>.

PURI, R.; MAAS, A.. Evaluating the sensitivity of residential water demand estimation to model specification and instrument choices. **Water Resources Research**, v. 56, n. 1, p.e2019WR026156, 2020. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2019WR026156>

RAMINELLI, L. K. **Hidráulica e planejamento aplicados ao saneamento**. InterSaberes; 1ed, 2021. 250p.

REIS, V. A. **Os resultados da capacitação dos burocratas de nível de rua na coleta de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS Brasília**. 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19382/6/2017_ViniciusAlvesdosReis_tcc.pdf>.

RISCH, Eva; LOUBET, Philippe; NÚÑEZ, Montserrat; ROUX, Philippe. **How environmentally significant is water consumption during wastewater treatment?: Application of recent developments in LCA to WWT technologies**

used at 3 contrasted geographical locations. *Water Research*, Vol 57, pp 20–30, 2014.

RODRIGUES, L. O., SOUZA, W. M., COSTA, V. S. O., & PEREIRA, M. L. T.. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco (Influence of El Niño and La Niña events on rainfall of Agreste Pernambuco). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/7a7b/7bbf10bad38375ac8e89cd617505e779f831.pdf>>.

RODRIGUES, Marcus Vinícius Sousa; AQUINO, Marisete Dantas de. Metodologia para o cálculo da cobrança pelo uso da água bruta no Estado Ceará adotando coeficientes ponderadores: estudo de caso para o setor de abastecimento público na sub-bacia hidrográfica do Rio Salgado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30^o., 16 a 19 jun. 2019, Natal, no Rio Grande do Norte. Anais [...] Natal, no Rio Grande do Norte, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/55168>

SANTANA, Vitor Leal; ARSKY, Igor da Costa; SOARES, Carlos Cleber Sousa. Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do Programa Cisternas no semiárido brasileiro. ANAIS DO I CIRCUITO DE DEBATES ACADÊMICOS, 2011. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

SANTANA, O. A. Resistência social na Caatinga árida: a narrativa de quem ficou no colapso ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 38, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/43574/29132>

SANTOS, Danielle Dionisia; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação da Metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife–PE. *Revista Dae*, v. 197, n. 1, p. 56-80, 2014.

SANTOS, Larissa Fernanda Souza. **Demanda de água urbana no setor comercial da microrregião de Araripina/PE**. 43f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11532>

SARZEDAS, G. L. Planejamento para a reabilitação de tubulações em sistemas de distribuição de água. Dissertação, 2009. Mestrado em engenharia Civil - Hidráulica USP/SP.

SERRANO, Laura Mendes; CARVALHO, Matheus Valle de. Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e Tarifas de Água e de Esgoto: uma proposta de aproximação. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 306-333, jul./dez. 2013. Semestral. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/revistadaufmg/article/view/1806/1303>>. Acesso em: 03 jul. 2017.

SILVA, A. P.; MEDEIROS, P. C.; ALCÂNTARA, H. M. Análise na Demanda de Água de Abastecimento Público no Semiárido Brasileiro. III SEMINÁRIO NACIONAL PROFÁGUA: Pôsteres. Agosto, 2019. Disponível em: <<http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/1412>>.

SILVA, Cleide. **Nordeste enfrenta maior seca em 100 anos**: Reservatórios de água da região têm, em média, 16,3% capacidade de armazenamento; rios e açudes estão secos. 2017. Economia - Estadão. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,nordeste-enfrenta-maior-seca-em-100-anos,10000098878>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

SILVA, CRISTINA MENDES; PÁDUA, VALTER LÚCIO DE; BORGES, JORGE. Contribuição ao estudo de medidas para redução da perda aparente de água em áreas urbanas. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 249-268, 2016.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do Semiárido**, 2017, Disponível em: <<http://antigo.sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/mapa-semiarido-1262municipios-Sudene.pdf>>; Acesso em: Abril de 2021.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e redução de perdas**, in: **Tardelli Filho, M. T. Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2006.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Termos técnicos e conceitos fundamentais – Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. XIII – 643 p.

UN. United Nations. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Disponível em: <www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E>.

UN. United Nations. WHO/UNICEF Joint Monitoring Program for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) – 2017 Update and SDG Baselines. 2017. Disponível em: <www.unwater.org/publications/whounicef-joint-monitoring-program-water-supply-sanitation-hygiene-jmp-2017-update-sdg-baselines/>.

UN-WATER. United Nations. Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics: World Urbanization Prospects 2018. 2018b. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/>>

UN-WATER. United Nations. SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. 2018a. Disponível em: <www.unwater.org/app/uploads/2018/12/SDG6_SynthesisReport2018_WaterandSanitation_04122018.pdf>.

UN-WATER. United Nations. Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all. 2021 Disponível em: <www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-for-all/>.

UN-WATER. United Nations. UN-Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2017 report: financing universal water, sanitation and hygiene under the sustainable development goals. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254999/9789241512190-eng.pdf;jsessionid=8B33CD985817E3C87CC484C35F3A2730?sequence=1>>

VASCONCELLOS, Marco Antonio S.; GARCIA, Manuel E. **Fundamentos de economia**. São Paulo: Saraiva, v. 2, 1998.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, UFMG. 2005.

WESTALL, F., BRACK, A. The Importance of Water for Life. **Space Science Reviews**, 214, 50 (2018). Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-018-0476-7>>. Acesso em: março de 2021.

APÊNDICE A

RELATÓRIO TÉCNICO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

RELATÓRIO TÉCNICO

**COMPORTAMENTO DA DEMANDA NO USUÁRIO RESIDENCIAL
URBANO NA MICRORREGIÃO DE ARARIPINA ENTRE 2007 E 2015.**

*Este relatório é referente à análise de demanda do usuário residencial urbano na Microrregião de Araripina-PE segundo CONSUMIDORES DO ABASTECIMENTO PÚBLICO NA CATEGORIA NORMAL ATENDIDOS PELA COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA, de autoria do Engenheiro de Biossistemas **André Pedro da Silva**, referente à parte de Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande.*

Introdução

Na microeconomia, a relação neoclássica de mercado confere que, para um dado aumento de preço o consumidor tende a reduzir a demanda, sendo sensível em resposta ao referido acréscimo. Esse princípio econômico também é aplicado na relação usuário de água e demanda consumida. Para mensurar essa sensibilidade, foi considerado o uso do parâmetro elasticidade-preço da demanda, que considera a variação percentual da redução da demanda em relação ao percentual de aumento de preço (R\$), através da equação:

$$E = \frac{(q_1 - q_0)/q_0}{(p_1 - p_0)/p_0} = \frac{\Delta q/q_0}{\Delta p/p_0}$$

Sendo:

q_0 = quantidade demandada inicialmente;

q_1 = quantidade demandada após o aumento de preço;

p_0 = preço inicial;

p_1 = preço final/com aumento.

Em função da relação inversa entre uma variação no preço (aumento) e a variação na quantidade demandada (redução), a elasticidade condicionará a um número negativo. Nesse sentido, o valor da elasticidade (E) mensura quanto proporcionalmente, o usuário reduzirá a demanda frente o aumento do preço: quando $|E| < 1$, a demanda é dita inelástica, ou seja, a variação da demanda é inferior ao aumento do preço; quando $|E| = 1$, a demanda é dita unitária, a redução da demanda encontra-se na mesma proporção do aumento do preço; quando $|E| > 1$, a demanda é dita elástica, a redução da demanda maior que o aumento do preço.

Zonas urbanas consideradas

Os espaços temporais considerados foram os meses que ocorreram os aumentos tarifários. As demandas foram extraídas do banco de dados da micromedição, oriundo de registros em planilha eletrônica de COMPESA (2017a), contempla informações do Sistema Adutor do Araripe, segundo as cidades (incluindo distritos): Araripina (Lagoa do Barro, Morais, Nascente, Rancharia e Gergelim);

Bodocó (Jardim – Bodoco, Né Camilo e Sipaubá); Exu (Timorante); Granito (Rancharia); Ipubi (Serra Branca e Serrolândia); Moreilandia; Ouricuri (Barra de São Pedro, Jacaré, Jatobá, Lopes, Santa Rita e Varzinha); Santa Cruz; Santa Filomena (Poço Comprido e Socorro); Trindade (Mangueira).

Variação Tarifária

Utilizando-se dos valores estrutura tarifária da COMPESA (COMPESA 2017b), foram calculadas as variações de tarifas (Tabela 1).

Tabela 1 - Variação da Tarifa segundo estrutura tarifaria da COMPESA (Período: janeiro de 2007 a dezembro de 2015)

Vigência		Ano	Mês	Variação da Tarifa (p/p_0)
		2007	09	0,039
		2008	09	0,073
		2009	11	0,086
		2010	12	0,050
		2011	12	0,070
		2012		-
		2013	03	0,052
		2014	03	0,088
		2015	03	0,084
		2015	06	0,035

Fonte: Autoria própria; tarifas adaptadas de COMPESA (2017b)

Elasticidade-preço da demanda na área de estudo

Os dados de variação de consumo seguiram a hierarquia da localidade, usuário e meses sequenciais, calculando-se as variações da demanda para cada usuário da série. No mês vigente do aumento tarifário, a elasticidade-preço da demanda foi calculada comparando-se com os dados de micromedição deste mês com a do mês anterior, para cada usuário. Da mesma forma, para o cálculo da Elasticidade do mês seguinte ao aumento tarifário, foram consideradas as demandas deste mês em relação ao anterior (vigente ao aumento da tarifa).

Atenta-se que, em função do princípio econômico da relação de mercado que considera a redução de demanda em função do aumento do preço, ocorrências de acréscimos de demandas ou situações de demandas inalteradas não foram consideradas.

Uma observação que se deve destacar é a proporção dos dados com meses do aumento tarifário (incluindo o mês posterior a este) considerados no cálculo, em média: 20,17% dos resultados apresentam-se elásticos, destes 49,27% foram considerados para o cálculo (limite de $E = -5$, para evitar ocorrências de registros de redução de demanda bastante elevada); apenas 0,81% dos dados que corresponderam à característica inelástica; a condição unitária foi pouco observada, menos de 0,04% dos dados; 34,82% dos dados não apresentam alteração de demanda, muitos desses, provavelmente, em função de cada faturamento considerar o consumo mínimo mensal ($10m^3$); demais proporções devido a ausência de dados.

Na Tabela 2, observam-se os valores das Elasticidades, conferindo o comportamento de demanda dos usuários. A condição unitária não foi observada no ano de 2007, em janeiro de 2011 e de 2012 e em junho e julho de 2015.

Tabela 2 – Elasticidade-preço da demanda, média no abastecimento urbano dos municípios nos meses vigente e posterior ao aumento tarifário (anos de 2007 a 2015) – consumidor na categoria residencial normal

Característica da demanda	Ano/mês					
	2007		2008		2009	
	set	out	set	out	nov	dez
Elástica	-2,992	-3,055	-2,697	-3,155	-2,606	-2,633
Inelástica	-0,748	-0,806	-0,763	-0,774	-0,736	-0,744
	2010/2011		2011/2012		2013	
	dez/10	jan/11	dez/11	jan/12	mar	abr
Elástica	-2,891	-2,731	-2,800	-2,856	-3,073	-3,108
Inelástica	-0,797	-0,764	-0,764	-0,774	-0,827	-0,823
	2014		2015			
	mar	abr	mar	abr	jun	jul
Elástica	-2,752	-2,747	-2,884	-2,891	-3,280	-3,411
Inelástica	-0,765	-0,764	-0,679	-0,685	-0,472	-0,694

Fonte: Autoria própria; micromedição e tarifas, adaptados de COMPESA (2017a; 2017b)

Os valores médios das elasticidades: no mês vigente ao aumento tarifário, correspondeu a: $E = -2,886$, para a condição elástica; e $E = -0,728$, para a condição

inelástica. No mês posterior a esse aumento da tarifa: $E = -2,954$, para a demanda elástica; e $E = -0,759$, para a demanda inelástica.

Conclusão

Os resultados indicam que, para um dado aumento de 1% na Tarifa entre os anos de 2007 e 2015, os usuários do abastecimento urbano residencial – categoria normal, atendidos pela COMPESA, apresentaram redução de consumo, proporcionalmente em: 2,88% para os casos elásticos e 0,73% para os casos inelásticos. O comportamento entre os meses apresenta-se aproximado, o consumidor foi ligeiramente mais sensível, no mês posterior ao aumento tarifário: em 2,36% na condição elástica; e em 4,23% na inelástica.

Referências

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. Dados de micromedição Período de Janeiro de 2007 a dezembro de 2015. Abril de 2017a.

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. Estrutura Tarifária. Período de Fevereiro de 2002 a março de 2016. Abril de 2017b

Agradecimentos

À Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, pela disponibilização dos dados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.