



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE
AÇÕES DE GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE ÁGUA
DIRECIONADAS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE
CARUARU-PE**

ROSINELE DE ANDRADE SANTANA

Caruaru, 2018

ROSINELE DE ANDRADE SANTANA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES
DE GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE ÁGUA
DIRECIONADAS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE
CARUARU-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques
Bezerra

Coorientador: Prof. Dr. Artur Paiva Coutinho

Caruaru, 2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S232a Santana, Rosinele de Andrade.
Avaliação da viabilidade da implantação de ações de gestão da demanda e oferta de água direcionadas ao abastecimento de água de Caruaru – PE. / Rosinele de Andrade Santana. - 2018.
75 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Saulo de tarso Marques Bezerra
Coorientador: Artur Paiva Coutinho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2018.
Inclui Referências.

1. Recursos hídricos. 2. Saneamento. 3. Abastecimento de água. I. Bezerra, Saulo de Tarso Marques (Orientador). II. Coutinho, Artur Paiva (Coorientador). Título.

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2018-241)

ROSINELE DE ANDRADE SANTANA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES
DE GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE ÁGUA
DIRECIONADAS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE
CARUARU-PE**

Aprovada em 29 de agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof^ª. Dra. Sylvana Melo dos Santos (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof^ª. Dra. Leidjane Maria Maciel de Oliveira (Examinadora externa)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Nasci para vencer!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar meus passos durante esta jornada, por ser a minha fortaleza nos momentos de adversidades. À minha família pela base sólida que me deram, e com isto enfrentar os desafios da vida, em especial a meu irmão Daniel de Andrade pelo suporte, à minha irmã Diana de Andrade por sempre acreditar em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Saulo de Tarso M. Bezerra, pela confiança e orientação. Ao coorientador Prof. Dr. Artur Paiva Coutinho, pelo apoio e contribuições para o desenvolvimento deste projeto. Aos especialistas que participaram do painel Delphi e das entrevistas e que, portanto, demonstraram elevado comprometimento com a iniciativa. De modo geral, a todos os docentes e demais profissionais colaboradores da pesquisa que dedicaram um pouco do seu tempo.

Aos colegas do mestrado pelos momentos de descontração, companheirismo, de certo foi a melhor turma. Além destes, em especial a Rubem Vivaldi e Isabela Coelho pela parceria. Agradeço também à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro ao longo do desenvolvimento do projeto. Enfim, obrigada a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

RESUMO

O crescimento populacional, as mudanças climáticas, bem como a ocorrência de secas prolongadas vêm intensificando, nos últimos anos, as crises de abastecimento de água no Agreste Pernambucano. A gestão dos recursos hídricos na região é complexa, posto que tem que compatibilizar a quantidade limitada de água no território com os múltiplos usos, dentre os quais o abastecimento público de água potável tem prioridade. Nesse contexto, a pesquisa objetivou investigar a dinâmica entre a demanda e a oferta de água potável de Caruaru-PE, apontando as medidas mais relevantes, relacionadas à gestão eficiente de água, para o abastecimento local. A metodologia consiste na consolidação de informações por meio de especialistas que atuam na temática de recursos hídricos, que foram consultados através de entrevistas e questionários. As entrevistas deram embasamento para a avaliação do abastecimento, enquanto os questionários visaram avaliar alternativas para o abastecimento de água por meio da técnica Delphi. Nesta técnica, buscou-se que especialistas chegassem a um consenso sobre as ações de gestão que possuísem maior aceitação e viabilidade de implantação no município. A visão panorâmica da situação do abastecimento, por meio de uma óptica discursiva, apontou que, embora a situação seja crítica, a conclusão das obras de ampliação dos novos sistemas adutores da região possibilitará segurança hídrica para as próximas décadas. No cenário de escassez da região, toda iniciativa de aumento da oferta e de gestão da demanda devem ser estimuladas. Contudo, mesmo que todas as ações de gestão hídrica sejam importantes, nem sempre a implementação destas é viável em uma região, em função dos fatores intrínsecos ao local. Neste contexto, os resultados do estudo Delphi identificaram 18 ações prioritárias pautadas no aumento da oferta e com enfoque na gestão da demanda para o abastecimento de Caruaru-PE. Logo, sugere-se uma nova abordagem de gestão de recursos hídricos baseada na avaliação integrada da gestão da oferta e da demanda de água com a finalidade de ampliação da eficiência no uso da água.

Palavras chave: Recursos Hídricos. Saneamento. Gestão integrada. Delphi.

ABSTRACT

In recent years, population growth, climate change and the occurrence of prolonged droughts have intensified the water supply crises in the Agreste region of Pernambuco (PE), Brazil. The management of water resources in the region is complex, since the limited amount of water in the territory has to be compatible with its multiple uses, among which public drinking water supply has priority. In this context, the research aimed to investigate the dynamics between demand and supply of drinking water in Caruaru-PE, pointing out the most relevant measures related to efficient water management for local supply. The methodology is based on the consolidation of information from specialists in water resources who were argued through interviews and questionnaires. The interviews provided a basis for evaluation of the water supply, while the questionnaires aimed at analyzing alternatives for it through Delphi technique. In this technique, it was sought that experts reached a consensus on the management actions that had greater acceptance and feasibility to be applied in the city. Through a discursive view, the panoramic view of the water supply reality demonstrated that although the current situation is critical, the expansion of the new adductor systems construction will provide water security for the next decades. In the scenario of scarcity in the region, any initiative to increase availability and demand management should be encouraged. However, even if all water management actions are important, their implementation is not always feasible in a region, depending on the local intrinsic factors. In this context, the results of the Delphi study identified 18 priority actions based on increased supply and focusing on demand management for supplying Caruaru-PE. Therefore, a new approach to water resources management is suggested based on an integrated evaluation of water supply and demand management with the purpose of increasing water use efficiency.

Keywords: Water Resources. Sanitation. Integrated management. Delphi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Volume do reservatório de Jucazinho (2010 – 2018)	18
Figura 2 – Relação das tendências de oferta e demanda dos recursos hídricos.....	19
Figura 3 – Localização da área de estudo.....	32
Figura 4 – Critérios de organização da análise de conteúdo por categorias temáticas..	33
Figura 5 – Execução do método Delphi	36
Figura 6 – Importância das ações de gerenciamento de água pelo lado da oferta.....	52
Figura 7 – Importância das ações tecnológicas A8 a A14.....	54
Figura 8 – Importância das ações tecnológicas A15 a A21	54
Figura 9 – Importância das ações econômicas e educacionais	55
Figura 10 – Viabilidade das ações de gestão da oferta de água	58
Figura 11 – Viabilidade das ações tecnológicas A8 a A14	59
Figura 12 – Viabilidade das ações tecnológicas A15 a A21	60
Figura 13 – Viabilidade das ações econômicas e educacionais.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz de análise da fase exploratória do abastecimento de Caruaru.....	34
Quadro 2 – Grau de importância	37
Quadro 3 – Grau de viabilidade.....	37
Quadro 4 – Codificação das ações de gestão de água.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de respostas das rodadas Delphi	48
Tabela 2 – Resultados da avaliação da importância das ações propostas	51
Tabela 3 – Resultados da avaliação da viabilidade das ações propostas.....	57
Tabela 4 – Verificação das tendências positivas e negativas quanto à importância das ações propostas	63
Tabela 5 – Verificação das tendências positivas e negativas quanto à viabilidade das ações propostas.....	64
Tabela 6 – Ranking das tendências positivas em relação à importância das ações propostas	65
Tabela 7 – Ranking das tendências positivas em relação à viabilidade das ações propostas	65

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AHP	Processo de Hierarquia Analítica
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CV	Coefficiente de variação
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EUA	Estados Unidos da América
FACEPE	Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco
IC	Intervalo de confiança
IQR	Intervalo interquartil
ONG	Sociedade civil organizada
PE	Pernambuco
PH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto interno bruto
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco
p-valor	Probabilidade de significância
TSS	Sólidos totais em suspensão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	Abastecimento de Água de Caruaru – Pernambuco	18
3.2	Gerenciamento da Demanda de Água	19
3.2.1	<i>Ações Tecnológicas</i>	20
3.2.2	<i>Ações econômicas</i>	26
3.2.3	<i>Ações educacionais</i>	27
3.2.4	<i>Ações legais</i>	28
3.3	Técnica Delphi	28
4	METODOLOGIA	31
4.1	Área de Estudo	31
4.2	Entrevistas	32
4.3	Método Delphi	36
4.3.1	<i>Seleção de Especialistas</i>	37
4.3.2	<i>Elaboração dos Questionários</i>	37
4.3.3	<i>Rodadas Delphi</i>	38
4.3.4	<i>Medição do Consenso</i>	38
4.3.5	<i>Análise Estatística</i>	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Entrevistas	40
5.1.1	<i>Categoria I – Histórico do abastecimento público de água</i>	40
5.1.2	<i>Categoria II – Diagnóstico do abastecimento de água (2012-2017)</i>	44
5.1.3	<i>Categoria III – Perspectivas futuras do abastecimento de água</i>	47
5.2	Questionários	48
5.2.1	<i>Avaliação da importância das ações propostas</i>	49
5.2.1.1	<i>Ações de gerenciamento de água pelo Lado da Oferta</i>	52
5.2.1.2	<i>Ações Tecnológicas para o Gerenciamento da Demanda de Água</i>	53
5.2.1.3	<i>Ações Econômicas e Educacionais para o Gerenciamento da Demanda de Água</i>	55
5.2.2	<i>Avaliação da Viabilidade das Ações Propostas</i>	56
5.2.2.1	<i>Ações de Gerenciamento de água pelo lado da oferta</i>	58
5.2.2.2	<i>Ações Tecnológicas para Gerenciamento de Água pelo Lado da Demanda</i>	59
5.2.2.3	<i>Ações Econômicas e Educacionais para o Gerenciamento da Demanda de Água</i>	61
5.2.3	<i>Matriz de Respostas dos Especialistas</i>	62

6	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A – Modelo de questionário aplicado na 2ª rodada Delphi	75

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água para uso humano é uma das maiores preocupações globais deste século, em virtude do crescimento da demanda em contrapartida à diminuição da oferta de água potável, caracterizando uma relação conflituosa entre expansão urbana, água e segurança ambiental (HOQUE, 2014; LUNDQVIST; APPASAMY; NELLIYAT, 2003).

Em 2050, estima-se que a população mundial alcançará 9,3 bilhões de pessoas (UN, 2017), bem como enfrentará um déficit de 40% no abastecimento de água em 2030 (UNESCO, 2016). Diante disso, são necessárias abordagens inovadoras para lidar com as complexas questões decorrentes do aumento mundial da população e o esgotamento hídrico (BOTEQUILHA-LEITÃO, 2012).

À medida que o desenvolvimento e a população aumentam, paralelamente, cresce a demanda e a pressão sobre os recursos hídricos. A demanda muitas vezes supera a oferta, exigindo que as autoridades imponham restrições ao uso da água (HOY; STELLI, 2016). Nesse cenário, se encontra o município de Caruaru, localizado no Agreste de Pernambuco, Brasil.

O aumento do consumo de água é naturalmente associado ao crescimento da população e da economia, caracterizando uma relação conflituosa entre expansão urbana, água e segurança ambiental (LUNDQVIST; APPASAMY; NELLIYAT, 2003). Os municípios pernambucanos de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe – PE e Toritama concentram o maior número de empresas do setor têxtil, sendo o segundo maior Polo Têxtil do país. Desse modo, as alterações provocadas por esta indústria modificam o estilo de vida da população e demandam alta produção de água.

O déficit de investimento em obras de infraestrutura de saneamento básico e o descumprimento da legislação ambiental quanto ao padrão de emissão de efluentes também são desafios para o gerenciamento adequado da água (BARBOSA; CIRILO, 2015). Desse modo, a falta de água potável de boa qualidade e em custos razoáveis gera uma busca cada vez mais acentuada de meios para captação de água em boa quantidade e qualidade para atender as necessidades da população.

A gestão das águas em áreas urbanas é complexa, posto a necessidade compatibilizar o desenvolvimento econômico e a quantidade limitada de água no território com os múltiplos usos, dentre os quais tem prioridade o abastecimento público

de água potável, que precisa ser compatibilizado com outros importantes usos da mesma bacia hidrográfica (MELO, 2016). O compartilhamento de água entre atividades de produção agrícola, desenvolvimento econômico e manutenção de ecossistemas está cada vez mais complexo, muitos dos conflitos hídricos têm causado desequilíbrio entre o abastecimento e a demanda de água (GLEICK; HEBERGER, 2014).

Com a demanda por água crescendo exponencialmente, várias medidas orientadas pelo campo da oferta foram implementadas pelos gestores para aumentar o suprimento de água em diversas regiões do mundo. No entanto, técnicas de gerenciamento para aumentar o fornecimento de água estão se tornando muito dispendiosas economicamente, politicamente e ambientalmente (XIAO, 2017).

Portanto, é indispensável que técnicas de gerenciamento do lado da demanda também sejam implementadas para a conservação das águas (HOQUE, 2014). Para tanto, autoridades governamentais e instituições públicas enfatizam a necessidade de implementar fontes e práticas de conservação de água para atender à crescente demanda por água (MORALES-PINZON *et al.* 2012; MARINHO; GONÇALVES; KIPERSTOK, 2014).

O gerenciamento da demanda de água é considerado promissor para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, principalmente em regiões áridas e semiáridas e em condições extremas, como secas, desempenhando um papel cada vez mais importante na gestão da água no futuro (XIAO; HIPEL; FANG, 2016). Contudo, a gestão da demanda deve ser considerada como um complemento importante ao invés de um substituto para a gestão da oferta (SAHIN; STEWART; HELFER, 2015; ZIOLKOWSKA, 2015) principalmente nas regiões com baixa disponibilidade de água potável, como no caso de Caruaru-PE.

Diante da problemática apontada, também é fundamental a tomada de decisões que busquem uma gestão eficiente de água não somente em momentos emergenciais de escassez hídrica, mas que esteja pautada na implementação de ações que busquem soluções a curto e longo prazo. Nesse contexto, o gerenciamento de demanda é tão importante quanto o da oferta de água, posto que alguns dos principais mananciais do Agreste de PE se encontram com pouca reserva de água, além dos conflitos pelo uso da água nos locais em que a captação ocorre fora dos limites do município. A adoção de estratégias de gerenciamento da demanda de água juntamente com estratégias de gerenciamento da oferta é necessária para adaptação às mudanças ambientais (WANG *et al.* 2014).

Na busca pelo desenvolvimento de fontes novas de oferta e alternativas de abastecimento de água, a técnica Delphi é aplicada, neste estudo, como ferramenta de apoio à gestão das águas em Caruaru-PE. Posto que a escassez de água e o aumento acelerado do consumo tornam os mananciais cada vez mais estratégicos, sendo ponto chave para governança e ações de tomada de decisão. O método Delphi consiste na estruturação de um processo de comunicação grupal, que é efetivo para permitir a um grupo de indivíduos, como um todo, lidar com um problema complexo (LINSTONE; TUROFF, 1975).

Logo, com a técnica Delphi buscou-se equacionar estratégias e propostas de ação a respeito da viabilidade da implantação de ações de gestão hídricas direcionadas para o abastecimento de Caruaru-PE. Esta técnica representa uma ferramenta útil de comunicação entre grupos de especialistas, tornando possível a formação de um julgamento melhor e consistente para o processo de tomada de decisão (MARIOTTONI; CANADA, 2017). A técnica promove uma maior capacidade de inovação e criatividade da investigação, pois permite gerar ideias e estratégias de ação pelo grupo envolvido no processo de estudo e alcançar informação relevante de suporte às decisões, conhecendo as perspectivas dos especialistas e promovendo, quando possível, cenários de consenso (FERNANDEZ, 2014).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar a dinâmica entre a demanda e a oferta de água potável do município de Caruaru-PE, apontando as medidas mais relevantes relacionadas à gestão eficiente de água para o abastecimento local.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

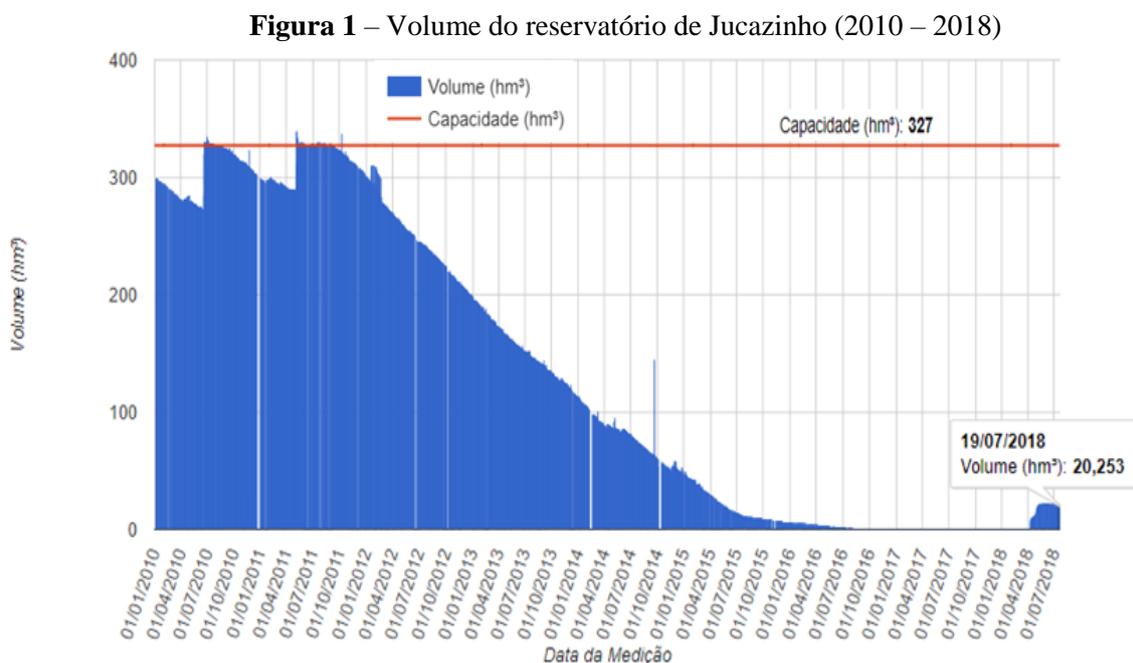
- Obter uma visão panorâmica do abastecimento de Caruaru-PE sob os aspectos de demanda e oferta de água, tendo como alicerce visões de especialistas por meio da análise de conteúdo por categorias temáticas;
- Avaliar as medidas voltadas à gestão da demanda de água e à gestão da oferta, de modo a considerar as ações mais importantes e viáveis para Caruaru-PE através do método Delphi.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Abastecimento de Água de Caruaru – Pernambuco

O município de Caruaru-PE está inserido no Nordeste Brasil, notadamente no semiárido, o qual atravessa há vários anos problemas referentes à disponibilidade hídrica para abastecimento da população. A irregularidade das precipitações no tempo e no espaço, a elevada taxa de evaporação e a natureza geológica cristalina, entre outros fatores, confere ao município um balanço hídrico negativo (APAC, 2018).

A situação torna-se ainda mais complexa quando da ocorrência de eventos hidrológicos extremos como os períodos de estiagem prolongada (BRITO *et al.* 2017). Nesse cenário, a seca em Pernambuco durante o período contínuo de 2011 a 2016 levou ao colapso o principal reservatório da região, a barragem de Jucazinho (Figura 1), que desde 2016 entrou em colapso e não oferece condições para fornecimento de água para Caruaru e demais municípios integrantes do sistema.



Enquanto a disponibilidade hídrica de Caruaru reduziu, os Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgotos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento apontam que o consumo de água no município cresceu 65,82% no período de 2000 a 2015 (SNIS, 2018). Além disso, o índice de perdas nos sistemas de distribuição chegou a

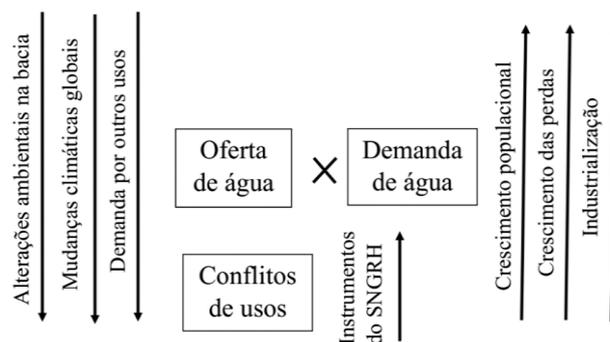
34,86% no ano de 2016 (SNIS, 2018). Logo, a diminuição da oferta de água aliado à crescente demanda e o crescimento populacional, ao longo dos anos, em Caruaru (SNIS, 2018), bem como o enquadramento do município no polígono das secas, são fatores que impulsionaram à crise no abastecimento.

3.2 Gerenciamento da Demanda de Água

A busca por novas fontes de águas vem crescendo gradativamente diante do cenário de escassez de água, sendo considerada imprescindível para a segurança hídrica. Visto que a dependência por uma fonte exclusiva pode implicar na vulnerabilidade hídrica, pois na ocorrência de algum evento não esperado na fonte, o impacto no abastecimento torna-se significativo (MELO, 2016).

Os desafios relacionados à escassez de água e a seca também devem ser interpretados como um problema de governança que está sendo ainda mais agravado pelas mudanças climáticas (REY *et al.* 2017). Outro fator relacionado à problemática da água está diretamente ligado ao balanço entre oferta e demanda (Figura 2). O crescimento populacional e a industrialização fazem suscitar uma tendência de crescimento da demanda em relação à oferta, o que causa escassez da disponibilidade e conflitos complexos em muitas regiões (HELLER; PÁDUA, 2006).

Figura 2 – Relação das tendências de oferta e demanda dos recursos hídricos



Fonte: Heller & Pádua (2006)

Uma maneira sustentável de amenizar o consumo entre a demanda e oferta de modo a reduzir a crise hídrica é a implementação de ações conjuntas voltadas para a gestão da oferta e para a gestão da demanda (INMAN; JEFREY, 2007). Logo, as ações de gestão da demanda de água são apontadas como estratégias complementares às ações convencionais de gestão da oferta.

A gestão da demanda de água consiste na implementação de quaisquer ações destinadas a influenciar a demanda, de modo a permitir o uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos. Tais ações abrangem alternativas tecnológicas, legais, educacionais, bem como as que se caracterizam por incentivos econômicos (SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2002).

3.2.1 Ações Tecnológicas

Uma variedade de ações tecnológicas (definidas como estruturais) podem ser implementadas para melhorar a eficiência do uso da água, como a captação de água de chuva, o reúso, o controle de perdas nas redes de distribuição, uso de aparelhos poupadores, bem como a medição individualizada em condomínios (SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2002).

Controle de perdas de água em sistemas de abastecimento

As perdas de água nos sistemas de abastecimento são classificadas em aparentes e reais. Entende-se como perdas aparentes ao volume de água que foi efetivamente consumido pelo usuário, mas não foi contabilizado pela companhia em virtude de erros de medição, como hidrômetros inoperantes, erros de leitura, fraudes, ligações clandestinas, entre outros (SNIS, 2017). As perdas reais correspondem a toda água disponibilizada para a distribuição que não chega aos consumidores por motivos de vazamentos em tubulações da rede, bem como em ramais, adutoras, conexões, reservatórios, entre outros (ALEGRE *et al.* 2006). No Brasil, os sistemas sofrem perdas na distribuição, que na média nacional alcançam 38,1% (SNIS, 2017).

O nível de perdas e a eficiência operacional dos sistemas de abastecimento estão interligados, tendo em vista que sistemas bem gerenciados levam a perdas mínimas. Pesquisas foram desenvolvidas, levando em consideração a importância de se ter um controle de perdas nas redes de distribuição (FETTERMANN *et al.* 2015; XIN *et al.* 2015; KANAKOUDIS; GONELAS, 2016; KANAKOUDIS; TSITSIFLI; DEMETRIOU, 2016).

Fettermann *et al.* (2015) propuseram uma sistemática para direcionar a inspeção dos possíveis locais com fraude. Para isto, foi realizado um estudo de caso que se iniciou com uma pesquisa bibliográfica sobre sistemas de abastecimento de água e os métodos recomendados a serem utilizados para a detecção de fraudes. Em seguida, foi descrito o método de pesquisa com a descrição do caso e as etapas para o desenvolvimento da sistemática. Os resultados apontaram que a aplicação da sistemática proporcionou uma

taxa de detecção de 98% dos casos de fraude no consumo de água, se mostrando uma alternativa capaz de direcionar os locais a serem inspecionados quanto à existência de irregularidades.

Xin *et al.* (2015) forneceram um método de cálculo da auditoria da água de modo a orientar o gerenciamento de controle de vazamentos para a maioria das empresas de água, a pesquisa foi desenvolvida na cidade de Sa, China. Os resultados indicaram que a proporção de perda de água na cidade foi de 18%, enquanto o consumo autorizado não faturado contribuiu com mais de 1% para o consumo total de água, o que teve pouca influência no controle da perda total de água. Ao passo que, o projeto Área de Medição de Vizinhança no qual dividiu o sistema de abastecimento de água em pequenos distritos para pesquisa de vazamentos em bairros, sugeriu que as imprecisões de medição e as conexões de vazamento no local de medição do cliente poderiam ser priorizadas para controle de vazamento ativo na China.

Kanakoudis & Gonelas (2015) analisaram uma metodologia de cálculo de benefícios econômicos e perdas de receita causadas em virtude da redução da pressão operacional de um sistema. O estudo foi realizado em Kozani, na Grécia, por um período de 15 anos. Os resultados demonstraram que o 1º custo a reduzir foi o da energia consumida em todos os processos de abastecimento de água, entretanto os benefícios resultantes da redução de pressão do sistema em termos de novos vazamentos e quebras de redução de frequência foram maiores. Os ganhos totais, após um período de 15 anos, variaram de 698.873 € para os benefícios diretos e 6.370.301 € quando incluídos benefícios indiretos.

Kanakoudis, Tsitsifli & Demetriou (2015) adotaram um sistema de suporte à decisão para avaliar o nível de desempenho da rede de distribuição de água de Nicósia (capital de Chipre), para isto foram escolhidas três áreas distritais problemáticas. O sistema forneceu uma lista de medidas de redução de águas sem receitas priorizadas que visavam várias causas de água sem receita para cada área distrital. Foram aplicadas algumas das medidas da lista nas áreas distritais e os resultados demonstraram uma economia de água de 4,8% do volume de entrada no sistema ou 16% do total da água sem receita e benefícios econômicos na ordem de 700.000 € por ano.

Portanto, os autores apontam que o investimento no controle de perdas de águas proporciona alta qualidade na gestão e controle operacional, além de postergar a ampliação de sistemas em razão da diminuição do volume extraído dos mananciais de abastecimento.

Equipamentos de poupança de água

Diversos estudos têm sido realizados para a avaliação do consumo de água através de equipamentos economizadores em comparação aos aparelhos convencionais (GUEDES; RIBEIRO; VIEIRA, 2014; FIDAR; MEMON; BUTLER, 2016; ARINOSKI; RUPP; GHISI, 2017; SILVA *et al.* 2017). Guedes, Ribeiro & Vieira (2014) apresentaram cenários de simulação correspondentes à adoção de medidas tecnológicas como a medição individualizada em apartamentos e o uso de aparelhos hidrossanitários poupadores de água, o estudo foi realizado em Campina Grande, Paraíba. Os resultados indicaram a viabilidade ambiental das medidas aplicadas, o que representou redução do consumo de água de até 33,64%, considerando que para 10% das residências o investimento foi amortizado em 39 meses, enquanto que o período de retorno do investimento foi de 23 meses para os restantes 90% das residências. Para os cenários menos atrativos, economicamente, se enfatizou o papel do poder público no sentido de oferecer incentivos financeiros à população, induzindo-a ao uso racional da água.

Fidar, Memon & Butler (2016) apresentaram a síntese de 13.000 observações de alta resolução feitas para investigar o consumo real de água de torneiras eletrônicas (poupadores de água) e torneiras convencionais. Foram instalados medidores de vazão de alta resolução e registradores de dados em dois dos banheiros da Universidade de Exeter, Reino Unido para registrar o uso da água. Os dados forneceram informações sobre duração, frequência de uso e volume de consumo de água por uso. O estudo demonstrou que mais de 80% do consumo de água foi empregado por torneiras eletrônicas, as quais obtiveram maior consumo médio de água por evento do que as torneiras convencionais.

Marinoski, Rupp & Ghisi (2017) avaliaram o benefício ambiental do uso de água pluvial, águas cinzas, aparelhos poupadores de água e suas combinações em 20 domicílios localizados no sul do Brasil. O estudo constatou que os aparelhos poupadores de água foi a estratégia com maior benefício ambiental. Conforme os resultados, o potencial de economia de água potável variou de 21,0% (reúso de águas cinzas) a 42,9% (aparelhos poupadores + coleta de água pluvial). Em relação a redução do esgoto doméstico, a maior foi de 36,8% (aparelhos poupadores 28,9% + 7,9% reúso de águas cinzas). A combinação das três estratégias poderia ter sido considerada a melhor, considerando o potencial de economia de água e redução de esgoto. No entanto, uma grande quantidade de energia foi incorporada nos componentes das três estratégias combinadas, o que equivale à 25.635 MJ.

Silva *et al.* (2017) verificaram os impactos ambientais e econômicos da implantação de aparelhos poupadores de água em residências do município de Caruaru-

PE. Para isto, alguns bairros foram selecionados e, em seguida, determinado os consumos per capita de água, os volumes médios consumidos com o uso de aparelhos hidrossanitários convencionais e economizadores, bem como análises financeiras. Os resultados mostraram que é possível economizar até 40% da água consumida, apenas com a implantação de aparelhos economizadores com tempo de retorno médio de seis anos e meio.

Conforme os autores, o uso de aparelhos poupadores de água é uma boa alternativa para a economia de água. Desse modo, é possível minimizar a problemática da escassez hídrica, utilizando instrumentos de gerenciamento que cooperam para a racionalização do uso.

Captação de água de chuvas

A captação de água da chuva fornece uma fonte alternativa de abastecimento de água urbana para reduzir a dependência de fontes de águas tradicionais. Pesquisas na área têm sido desenvolvidas por se tratar de um recurso eficiente (BELMEZITI; COUTARD; GOUVELLO, 2014; GHISI; THIVES; PAES, 2017; FISHER-JEFFES, 2015; LADE; OLOKE, 2015). Belmeziti Coutard & Gouvello (2014) avaliaram o potencial de uso de água de chuva na região metropolitana de Paris. Foi estabelecido um edifício virtual, que abrange diversos edifícios similares entre si, agregando toda a oferta de água para edificações semelhantes, adicionando-se as áreas de todos os telhados de uma dada tipologia de edifícios, simultaneamente, considerando-se as demandas individuais desses edifícios. A partir das análises desenvolvidas, constatou-se o potencial de economia de até 11% de água potável por meio do uso de água de chuva, assim como foi mostrado que as edificações residenciais são responsáveis por até 2/3 deste potencial.

Ghisi, Thives & Paes (2017) avaliaram a análise de viabilidade de investimento da captação de águas pluviais, em um prédio localizado no Brasil, para fins de uso em banheiros, limpeza e irrigação. A análise de viabilidade de investimento e o potencial de economia de água potável foram obtidos por meio de simulação computacional. O potencial de economia de água potável variou de 26,70% a 64,70%. De acordo com os resultados, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o período de retorno para o melhor cenário foram, respectivamente, R\$ 132.801,47; 3,73% ao mês; 32 meses. Para o pior cenário foram de R\$ 9.451,26, 0,91% ao mês e 166 meses, respectivamente. Desse modo, a água da chuva foi indicada como uma alternativa sustentável e financeiramente viável.

Fisher-Jeffes (2015) realizou na cidade do Cabo, África do Sul, a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva coletada em telhados de edificações. O estudo analisou a potencialidade de dois tipos de sistemas como alternativa complementar ao abastecimento tradicional de água. Foi observado que o sistema de aproveitamento de água de chuva foi viável financeiramente apenas para uma pequena minoria de proprietários, foi salientado que as condições climáticas teriam um impacto limitado no desempenho dos sistemas. Por outro lado, o sistema de drenagem pluvial apresentou potencial de economia de água potável de, aproximadamente, 20%, ressaltando que tal nível seria possível no caso de adoção do sistema em larga escala.

Lade & Oloke (2015) apresentaram uma modelagem hidráulica e financeira de um sistema de captação de água de chuva aplicado a um apartamento residencial em Ibadan, Nigéria. A eficiência do sistema de captação de água de chuva e a economia de água foram avaliadas, bem como o período de retorno foi estimado. O estudo revelou que o percentual máximo de demanda que poderia ser atendido foi de 70,6% com um tamanho de tanque de 4 m³, uma poupança de US\$ 259 ao longo de 50 anos e um período de retorno de 21 anos foram previstos. Os resultados indicaram que o sistema reduz a dependência da água da rede e proporciona uma economia monetária.

Em síntese, os autores afirmam que o uso da água pluvial tem ganhado importância nos esforços para mitigar a pressão sobre os recursos hídricos, visto que, em geral, tem qualidade aceitável para fins não potáveis, economizando recursos e energia usados para tratar a água destinada a esses usos. Além disso, a sua captação pode fornecer acesso à água para regiões onde a densidade populacional é muito baixa e que nem sempre tem acesso à água tratada e transportada pelos sistemas de distribuição.

Reúso de águas

As pesquisas apontam que o reúso de água diminui a pressão sobre os mananciais de abastecimento, além disso, a quantidade de efluentes lançados diretamente nos rios. Posto que, ao se alterar a qualidade da água nos corpos hídricos se intensifica o problema de escassez deste recurso (BRAGA *et al.* 2004). Nos países desenvolvidos, a motivação para o tratamento avançado das águas residuais está voltado à manutenção da qualidade do meio ambiente e/ou à busca por uma fonte alternativa de água frente à escassez desse recurso (UNESCO, 2017).

Entretanto, o despejo de águas residuais sem tratamento nos corpos hídricos continua sendo uma prática comum, especialmente, nos países com baixa renda, seja por falta de infraestrutura, capacidade técnica, institucional ou de financiamento (UNESCO, 2017). No Brasil, por exemplo, apenas 44,9% dos esgotos são tratados (SNIS, 2017). O reúso urbano para fins potáveis é uma prática economicamente mais acessível aos países desenvolvidos, em função da alta qualidade requerida para tal fim, enquanto que quando direcionado para fins não potáveis permite a conservação das águas dos mananciais de melhor qualidade para usos mais nobres.

Diversos estudos científicos sobre reúso de águas residuárias têm sido realizados uma vez que prevalece como uma das fontes alternativas para mitigar o déficit de água (JABORNIG, 2014; ELMEDDAHI *et al.* 2015). Jabornig (2014) apresentou uma visão geral dos sistemas de tratamento de águas cinzas, fazendo uma comparação detalhada do tratamento avançado de águas cinzas para domicílios individuais e uma avaliação de custos em vista dos sistemas de biorreatores de membrana. Os resultados do estudo demonstraram que os sistemas de biorreatores de membrana com recuperação diária de águas cinzas de mais de 500 litros, equivalente à produção diária de 10 pessoas, são rentáveis. Entretanto, para famílias individuais o investimento ainda tem um custo elevado considerando um tempo de retorno de menos de 15 anos.

Elmeddahi *et al.* (2015) analisaram águas residuais tratadas e sua viabilidade para fins de reutilização na irrigação por meio do efluente de uma estação de tratamento de águas residuais em Chlef, na Argélia. O estudo revelou que a eficiência média de remoção de sólidos em suspensão (TSS), demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) foram 88%, 94% e 98%, respectivamente, assim como as concentrações médias de efluentes variaram de 3 a 29 mg/L para TSS, de 30 a 57 mg/L para DQO e de 3 a 8,9 mg/L para DBO5, todos dentro dos padrões da Organização Mundial de Saúde. Os resultados demonstraram que as águas residuais tratadas podem ser usadas como recurso hídrico alternativo para irrigação, além de contribuir para o desenvolvimento de sistemas integrados de gerenciamento de água.

A partir de uma visão panorâmica dos autores, o reúso de águas residuárias se mostra interessante no complemento ao abastecimento urbano e vem gradativamente ganhando espaço no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

3.2.2 Ações econômicas

As medidas econômicas englobam a tarifação da água tratada, cobrança pelo uso da água bruta, bem como incentivos fiscais para redução do consumo e adoção de novos instrumentos tecnológicos (SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2002).

Almeida & Curi (2016) avaliaram o uso conjunto de um modelo de otimização de outorga e cobrança, a fim de auxiliar os tomadores de decisão na alocação de água do reservatório Acauã, localizado na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba. O estudo demonstrou que o modelo de outorga permitiu otimizar a garantia do atendimento às demandas, adequando-as às disponibilidades da água, segundo prioridades de seu uso definidas em quatro cenários. O modelo de cobrança proposto incorporou diversos perfis de usuários de água, por meio de vários coeficientes que possibilitaram definir o valor cobrado, de forma que o modelo pudesse incentivar o uso racional da água e não somente uma finalidade arrecadatória.

Rey *et al.* (2017) analisaram o desempenho de instrumentos econômicos na reforma da alocação de recursos hídricos em 5 países europeus (Inglaterra, França, Itália, Espanha e Holanda). O estudo revelou que a cobrança pelo uso da água, bem como de cada instrumento econômico, tem pontos fortes e limitações que devem ser considerados ao redesenhar os sistemas de alocação. Além disso, os autores consideraram as particularidades da área de estudo em conjunto com soluções regulatórias e/ou de engenharia.

Slavikova, Vojacek & Smejkal (2016) mostraram como o uso de ferramentas de gerenciamento da demanda de água poderiam ajudar a racionalizar as necessidades dos usuários de águas e efetivamente mitigar o problema da escassez hídrica na República Checa. Um modelo com *feedback* baseado em dados históricos de retirada de água de fontes superficiais foi construído para simular os impactos de diferentes cenários de modificação de pagamento. O estudo demonstrou que pequenas modificações nos instrumentos econômicos (taxas de água) poderiam resolver o problema de escassez.

Logo, os instrumentos econômicos são mecanismos primordiais para a política e gestão da água, atuando de maneira a incentivar os atores envolvidos na gestão da água a alcançarem os objetivos definidos e a adotarem as medidas propostas nos planos de recursos hídricos. No entanto, os instrumentos econômicos necessitam de uma base de informação e de um enquadramento legislativo e institucional que permitam que os incentivos sejam apreendidos e aceites como justos, e que conduzam à pretendida alteração de comportamentos.

3.2.3 Ações educacionais

Estudos apontam que as ações educacionais contribuem para a eficiência da gestão hídrica (ESPIÑEIRA; VALIÑAS, 2013; OBARA *et al.* 2015; KARTHE *et al.* 2016). Espiñeira & Valiñas (2013) analisaram os determinantes da adoção de dispositivos de uso eficiente de água e de hábitos de economia hídrica, para isto usando dados de 27.000 domicílios na Espanha. Os resultados demonstraram que as campanhas educacionais tiveram um forte efeito positivo em ambas as decisões para realizar investimentos e decisões para adaptar hábitos.

A educação ambiental para a gestão das águas também pode ser discutida nas instituições de ensino, pois constituem um grupo-alvo potencialmente relevante para o desenvolvimento de capacidades em Gestão Integrada de Recursos Hídricos (KARTHE *et al.*, 2016). Desse modo, programas ou projetos podem estimular o pensamento crítico dos alunos através de um resgate sócio histórico da ocupação da região onde a instituição está inserida e do reconhecimento dos corpos hídricos da região.

Obara *et al.* (2015) analisaram os resultados do Programa de Comunicação, Educação Ambiental e Mobilização Social, desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores e alunos de pós-graduação da Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil. Os resultados evidenciaram que professores (ensino médio) e representantes de diferentes grupos sociais tinham uma visão limitada das questões relacionadas aos recursos hídricos de sua região. Cursos, oficinas e exposições itinerantes, além de material didático contribuíram para ampliar a visão dos atores sociais sobre as bacias às quais faziam parte, na perspectiva de uma participação ativa, crítica e responsável voltada ao uso e gerenciamento dos recursos hídricos.

Karthe *et al.* (2016) desenvolveram um projeto no norte da Mongólia, incluindo escolas no grupo alvo para capacitação via educação ambiental com foco no aprendizado prático no campo e laboratório. Os resultados revelaram que os alunos do projeto demonstraram perspectivas mais multifacetadas e uma maior profundidade de conhecimento sobre problemas regionais relacionados à água e possíveis soluções. Desse modo, a consciência da problemática ambiental foi mais pronunciada para os problemas que tiveram manifestações visuais. Os professores e alunos foram postos sob novas situações e todos envolvidos nesse processo adquiriram conhecimentos específicos sobre a problemática da água.

Cabe salientar que um dos desafios da educação ambiental é o de criar condições necessárias para a participação dos diferentes segmentos sociais, tanto na formulação de

políticas quanto na concepção e tomada de decisões para o desenvolvimento sustentável, onde o comportamento reflexivo é tão importante quanto o comportamental (ZITZKE, 2002).

3.2.4 Ações legais

As ações legais, chamadas de sociopolíticas, condizem com ações regulatórias e/ou institucionais, como regulamentação de novos sistemas construtivos e de instalações prediais, legislação direcionada para o uso racional da água. Tortajada & Joshi (2014) analisaram os instrumentos legais e regulatórios, estabelecidos em Cingapura para a gestão da qualidade da água. Foi discutido o papel das instituições na implementação estrita das leis e regulamentos, com ênfase especial no eficiente mecanismo de coordenação interinstitucional. Os resultados mostraram que o planejamento geral de longo prazo, a formulação de políticas e uma forte vontade política têm sido fundamentais para dar prioridade a todos os aspectos da gestão de recursos hídricos na agenda nacional.

Quanto à implementação de ações tecnológicas, embora no Brasil não exista regulamentação da prática sustentável de reúso de água, alguns Estados possuem legislação sobre o tema. No Estado de São Paulo foi publicada a Resolução nº 1 de 2017 que assegura o reúso direto não potável de águas provenientes de estações de tratamento de esgoto para fins urbanos, as quais são direcionadas para a irrigação paisagística, construção civil, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos, lavagem de veículos, combate a incêndio, entre outros (SÃO PAULO, 2017).

3.3 Técnica Delphi

Os gestores hídricos enfrentam o problema de satisfazer a necessidade da população por água e, simultaneamente, controlar os níveis dos mananciais de forma que possam manter capacidade suficiente para sustentar o abastecimento no futuro (CAMBRAINHA, 2015). Uma maneira de gerir os recursos hídricos envolveria o uso das abordagens de gestão da demanda e de gestão da oferta de forma conjunta (WANG *et al.* 2014). Desta forma, a técnica Delphi surge como uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisões sobre o desenvolvimento de um possível gerenciamento integrado dessas ações de gestão hídrica.

A técnica Delphi tem sido utilizada como instrumento de apoio à tomada de decisões, bem como para estudos prospectivos, o nome dado ao método foi baseado no antigo Oráculo de Delfos, que era um lugar sagrado na Grécia Antiga, em que se predizia

o futuro (OLIVEIRA *et al.* 2008). O método é recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos, ou quando estes não podem ser projetados para o futuro com segurança, em face de expectativa de mudanças estruturais nos fatores determinantes das tendências (WRIGHT & GIOVINAZZO, 2000).

A técnica Delphi é um processo estruturado de comunicação coletiva para obter respostas que reflitam a opinião de um conjunto de especialistas sobre um determinado tema (YOUSUF, 2007). O processo Delphi ocorre com a aplicação de questionários sequenciais a um grupo de especialistas. Deste modo, é caracterizado como um modelo sistemático e interativo de análise usado para investigar o consenso entre especialistas em um campo de estudo sobre uma questão específica, desenvolvendo uma opinião coletiva em áreas ou assuntos não consolidados (KALAIAN; KASIM, 2012). Os especialistas devem ser profissionais qualificados e pesquisadores que têm o conhecimento e a experiência sobre uma determinada questão particular ou problema (HALLOWELL, 2008).

Para tanto, é assegurado o anonimato dos especialistas, pois permite ao respondente que sua opinião seja dada sem julgamento de valor e evita que especialistas com maior prestígio influenciem as respostas dos demais (WRIGHT & GIOVINAZZO, 2000). Outra característica intrínseca à técnica Delphi é que cada uma das múltiplas rodadas é acrescida com retroalimentação contínua de respostas (*feedback*) agregadas do grupo de especialistas. Além disso, todas as opiniões de especialistas estão representadas em um conjunto de dados baseado em procedimentos estatísticos, bem como a determinação do fim das rodadas Delphi é embasado em resultados estatísticos sólidos (GRACHT, 2012).

A primeira aplicação do método Delphi foi realizada por Olaf Helmer e Norman Dalkey da Rand Corporation em Santa Mônica, Califórnia, EUA (DALKEY; HELMER, 1963), em meados do século XX. Segundo Listone & Turrof (1975), essa pesquisa foi financiada pela força aérea dos Estados Unidos, que desejava obter visões estrategistas sobre alvos mais apropriados para as bombas atômicas, assim como a quantidade de bombas que reduziria a capacidade industrial bélica americana em uma certa quantidade. Kayo & Securato (1997) acrescentaram que o método teve como objetivo principal obter o mais confiável consenso entre os especialistas e, embora isso nem sempre seja possível, seus resultados auxiliam com eficiência o analista a propor soluções aos tomadores de decisões.

Cunha (2011) mencionou que embora o desenvolvimento desse método tenha ocorrido num contexto militar, sua aplicação pode ser ampliada a diferentes áreas do conhecimento. O método de Delphi já foi empregado com êxito em milhares de pesquisas na exploração de temas de interesse público, como os estudos nos campos da Administração Pública, Gerenciamento Ambiental e de Recursos Hídricos, entre outros (por exemplo, AZEVEDO-LOPES *et al.* 2016; BALFAQIH *et al.* 2016; MAYOR *et al.* 2016; ZANGENEHMADAR; MOSELHI, 2016; MEIJERING; TOBI; KERN, 2018).

Azevedo-Lopes *et al.* (2016) desenvolveram um índice de qualidade da água incorporando variáveis (Escherichia coli, densidade de cianobactérias, turbidez e pH) para recreação em águas doces. Para isto, tomou-se como base em uma análise de metadados e aplicação da técnica Delphi para fins de escolha de variáveis apropriadas de qualidade da água para avaliar a adequação das águas doces para recreação de contato primário no Brasil.

Balfaqih *et al.* (2016) aplicaram o método Delphi e a técnica de Processo de Hierarquia Analítica (AHP) para desenvolver critérios e métricas de medidas de desempenho que sejam projetados para avaliar a eficiência da cadeia de suprimento de dessalinização em relação aos fatores econômicos e ambientais.

Mayor *et al.* (2016) apresentaram os resultados de um estudo Delphi sobre as tendências futuras e prospectivas donexo água-energia e tecnologias energéticas. Tomando como base a opinião e contribuições de especialistas, os resultados indicaram a importância da inovação e transferência de tecnologia como os principais condicionantes para alcançar a segurança energética e hídrica.

Zangenehmadar & Moselhi (2016) se beneficiaram do método Delphi para priorizar os fatores (físicos, ambientais e operações) mais significativos que afetam a deterioração das tubulações de água, com isso construir modelos de previsão que preveem a vida útil remanescente mais precisamente, auxiliando o município e tomadores de decisão em seus julgamentos sobre programas de substituição e manutenção das tubulações de água.

Meijeringa, Tobia & Kern (2018) avaliaram quais componentes são mais relevantes para definir e medir a sustentabilidade urbana em cidades europeias por meio da técnica Delphi. Em cada rodada, os especialistas foram convidados a avaliar e comentar a relevância de vários componentes da sustentabilidade urbana. A qualidade do ar, a governança, o consumo de energia, a infraestrutura de transporte público, espaços verdes, desigualdade e emissões de CO₂ foram identificados como os componentes mais relevantes.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa, do ponto de vista da sua natureza, se caracteriza como aplicada, em relação à abordagem do problema como qualitativa e se classifica, quanto aos objetivos, como exploratória na forma de estudo de caso. Visando atender ao primeiro objetivo específico da pesquisa foram realizadas entrevistas com a finalidade de buscar elementos para averiguar como se configura e/ou configurou o abastecimento de água de Caruaru, a partir dos discursos e percepções de especialistas.

Atentando-se para o alcance dos propósitos do segundo objetivo, aplicou-se a técnica Delphi por meio da consulta a um grupo de profissionais da área de recursos hídricos e saneamento, com a finalidade identificar as ações mais importantes e viáveis para o enfrentamento da escassez de água no município de Caruaru.

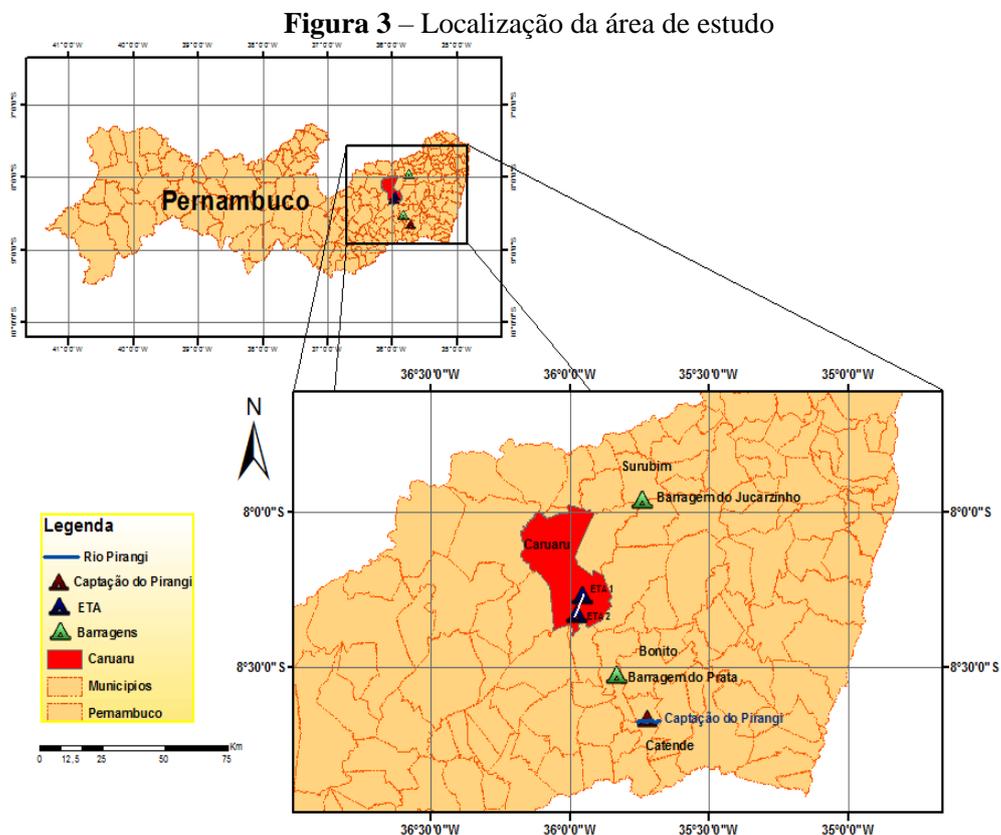
4.1 Área de Estudo

A área de estudo abrange o município de Caruaru, localizado no estado de Pernambuco, Brasil. Este município é pertencente à mesorregião do Agreste pernambucano, ocupando uma área de 920.610 km² e com uma população estimada em 356 mil habitantes (IBGE, 2017), o que o torna o maior e mais populoso município do interior do estado. Caruaru está entre os municípios com maiores índices de participação do PIB estadual, ocupando a quinta posição no ranking estadual e a primeira posição em relação aos municípios do interior do estado, demonstrando a importância econômica e social que possui na região.

As captações de água para abastecimento de Caruaru provêm dos reservatórios Jucazinho e Prata, localizados nos rios Capibaribe e Una, respectivamente. A bacia do rio Capibaribe possui uma área de 7.454,88 km², que representa 7,58% da área do Estado de Pernambuco. Ao passo que, o reservatório de Jucazinho, localizado em Surubim-PE, está totalmente inserido na bacia do Capibaribe, possui capacidade de 327 hm³ que tem como finalidade abastecer 15 municípios do Agreste.

A bacia do rio Una apresenta uma área de 6.740,31 km², equivalente a 6,37 % da área total do Estado, e abrange 42 municípios, o que inclui o município de Bonito, onde está inserido o reservatório do Prata (APAC, 2018) que tem capacidade para 42 hm³ de água, atende à demanda de 6 municípios do Agreste de PE. Para complementar a barragem do Prata é realizada a captação de água no rio Pirangí. O sistema adutor de

Pirangí, localizado na Mata Sul do município de Catende-PE (Figura 3) tem como finalidade realizar a captação de 500 L/s de água para abastecer o poço de sucção da primeira elevatória do Prata.



Fonte: Autor

O sistema Prata/Pirangí é o principal responsável pelo abastecimento de Caruaru e demais municípios integrantes do sistema. Posto que, o reservatório de Jucarázinho entrou em colapso em novembro de 2016 (ANA, 2018). Desse modo, aponta-se para a necessidade de realização de um planejamento estratégico para uso da água, de modo que a demanda por água esteja preparada para as possíveis variações na oferta (CAMBRAINHA, 2015).

4.2 Entrevistas

Na primeira fase da metodologia foram realizadas entrevistas individuais semiestruturadas com seis profissionais pertencentes à Companhia Pernambucana de Saneamento, Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, Comitês das Bacias hidrográficas

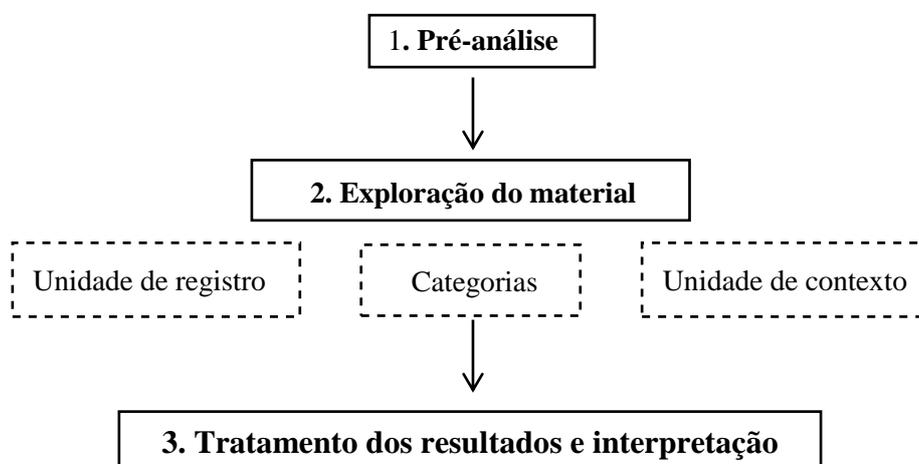
do rio Capibaribe e Una, Prefeitura Municipal e Universidade Federal de Pernambuco. O número de entrevistados não teve como critério a representação estatística, mas a escolha de sujeitos chaves (gestores e professores).

A opção de análise de dados através da realização de entrevistas se deu principalmente devido à insuficiência de dados técnicos e material bibliográfico para o município e área de estudo. As entrevistas ocorreram entre os meses de maio a outubro de 2017, no local de trabalho dos especialistas. Para a construção das questões, considerou-se observar uma ordem cronológica de tempo de modo a considerar os aspectos do passado, a conjuntura atual e tendências futuras do abastecimento. As cinco questões base das entrevistas foram fundamentadas nas unidades de registro apresentadas no Quadro 1.

As entrevistas foram gravadas com consentimento dos especialistas e transcritas na sua íntegra. Foi atribuído um código a cada entrevistado para assegurar o anonimato e a confidencialidade. Ademais, foram extraídas informações do sistema de abastecimento de água, em uma visão panorâmica da situação de Caruaru. As respostas dos especialistas foram suficientes nessa pesquisa para permitirem a compreensão do problema abordado.

Para uma organização sistemática dos dados adotou-se como base a **análise de conteúdo por categorias temáticas**, que se processou em três momentos: Pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, respectivamente (Figura 4). A categorização é um procedimento de agrupar dados considerando a parte comum existente entre eles, com critérios previamente definidos (BARDIN, 2011).

Figura 4 – Critérios de organização da análise de conteúdo por categorias temáticas



Fonte: Autor

Quadro 1 – Matriz de análise da fase exploratória do abastecimento de Caruaru

Categorias***	Unidade de registro*	Unidade de contexto**
Histórico do abastecimento público de água (1997 a 2017)	<p>Atores envolvidos na gestão do sistema de abastecimento de água.</p> <p>Períodos intensos de limite hídrico (seca) e providências tomadas nas últimas duas décadas.</p>	<p>[...] No Estado de Pernambuco tem a Secretaria Executiva de Recursos Hídricos que está na Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Social, tem a Agência Pernambucana de Água e Climas, a Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos e os Comitês de Bacias Hidrográficas, então isso seria dentro da perspectiva da gestão participativa (Entrevistado 2).</p> <p>Eu atuo na área de saneamento há dez anos, durante este período houve uma crise hídrica de seis anos (2012-2017). O que achei interessante foram os investimentos que a Compesa em conjunto com o governo do estado fez para suprir a escassez hídrica da região. Foram soluções para transpor bacias, interligar bacias cada vez mais longe (Entrevistado 5).</p>
Diagnóstico atual do abastecimento de água (2012-2017)	<p>Situação dos mananciais de abastecimento de água e a relação entre a oferta e demanda de água.</p> <p>Providências tomadas em relação à situação limite na busca de água potável para abastecimento de Caruaru.</p>	<p>Tem todo um conjunto de cidades, são 14 cidades ao redor e tem muito mais dificuldade de mananciais de que Caruaru, então, por isso Jucazinho chegou para atender essa região e depois passou a partilhar com Caruaru a oferta, Caruaru atendendo outras cidades do Agreste mais ao Sul, entrando na bacia do Una, Jucazinho atendendo mais as cidades dentro da bacia do Capibaribe [...]. De fato, o Prata atenderia Caruaru tranquilamente, mas tem um conjunto de cidades que tem que ser vista de forma conjunta (Entrevistado 4).</p> <p>Eu diria que todas as fichas foram lançadas, as maiores obras foram executadas, falta o Ramal do Agreste. Isso é uma obra que incomoda muito porque a adutora do Agreste daqui a pouco fica pronta e não vai ter água para abastecê-la. Enquanto o Ramal do Agreste não fica pronto, a adutora do agreste vai servir para transportar água de outras fontes entre cidades, mas não a sua principal função que era trazer água do São Francisco para a região (Entrevistado 4).</p>
Perspectivas futuras do abastecimento	A atual estrutura e capacidade de resposta dos órgãos envolvidos com o abastecimento e sua relação com a garantia de água para a população em longo prazo.	Todo o esforço de planejamento é direcionando para a elevação da capacidade de oferta sem a devida proporção de investimentos nas recargas, ou seja, no cuidado e promoção do meio ambiente, da educação ambiental (Entrevistado 1).

Fonte: Autor. Nota: Adaptação de Moura & Caliri (2013).

*Unidade de registro é o segmento determinado de conteúdo que se caracteriza colocando-o numa dada categoria.

**Unidade de contexto é o segmento mais amplo de conteúdo que o analista examina quando caracteriza uma unidade de registro.

***Categorias são classes que reúnem um grupo de elementos sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos.

A **pré-análise** consistiu na etapa de organização do material investigado, deste modo foram realizadas transcrições das entrevistas, leituras e releituras do material para obter uma visão singular de cada entrevista e destacar os conteúdos mais relevantes. Além disso, leituras complementares (documentos), bem como a formulação e reformulação de hipóteses (afirmações iniciais foram comprovadas ou refutadas ao final do estudo). Os dados recolhidos das seis entrevistas constituíram o corpus de análise, posto isto algumas regras foram observadas com base na proposta de Bardin (2011):

- Exaustividade: esgotou-se todo o assunto sem omissão de nenhuma parte;
- Representatividade: preocupou-se com amostras que representassem o universo;
- Homogeneidade: os dados referiram-se ao mesmo tema, obtidos por técnicas iguais e colhidos por indivíduos semelhantes;
- Pertinência: os documentos foram adaptados aos objetivos da pesquisa;
- Exclusividade: um elemento não foi classificado em mais de uma categoria.

Nesta etapa de **exploração do material** ocorreu o desmembramento do texto transcrito. Para isto, os dados brutos foram transformados sistematicamente e agregados em dois tipos de unidades. A unidade de registro (Quadro 1), que corresponde ao tema identificado em cada parágrafo da entrevista, e cada parágrafo foi definido, tecnicamente, como unidade de contexto (Quadro 1).

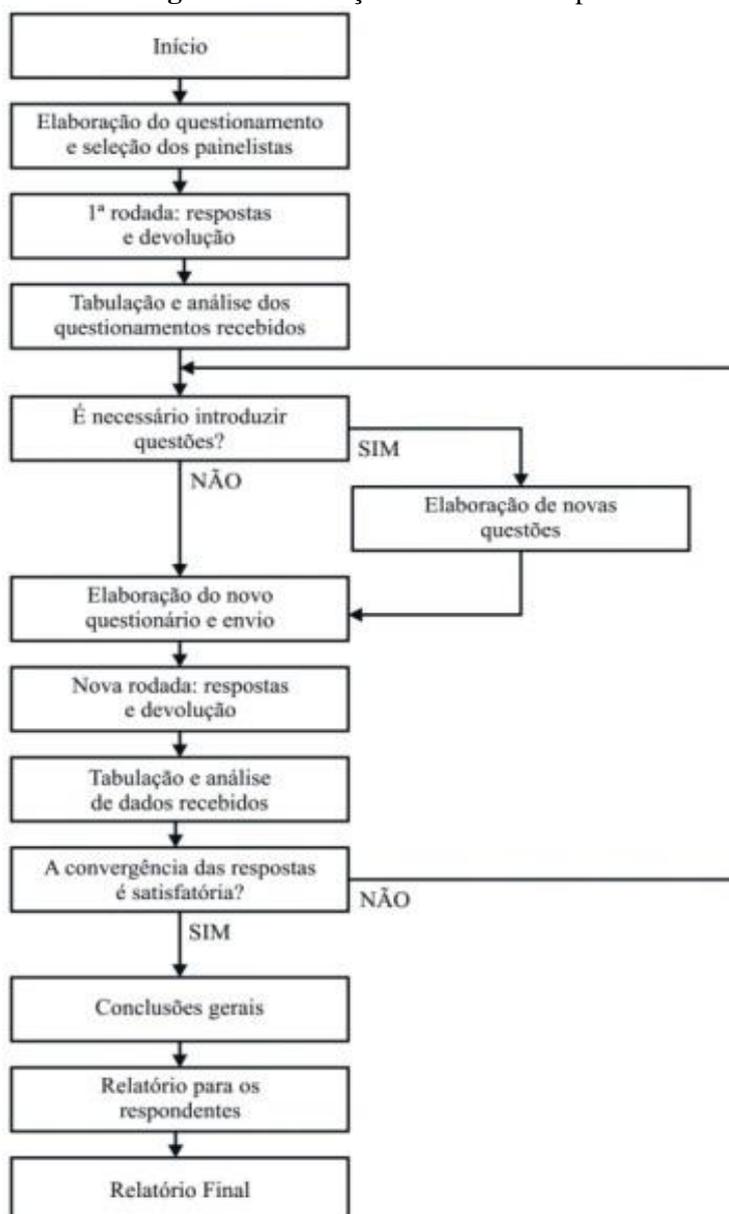
A partir disso, ocorreu o rearranjo das unidades de contexto (parágrafos) segundo os que eles tinham em comum, permitindo o seu reagrupamento, assim denominado de categorias. Para tanto o critério adotado foi o semântico (sentido temático).

Com base numa abordagem qualitativa, o **tratamento dos resultados** consistiu na comparação dos textos agrupados nas mesmas categorias, assinalando os aspectos considerados semelhantes ou tidos como diferentes. Posteriormente, recorreu-se à inferência e interpretação, respaldadas no referencial teórico. Portanto, a **interpretação** consistiu em captar o conteúdo explícito do texto, bem como o sentido que se encontrou por trás do imediatamente apreendido, com base no referencial teórico.

4.3 Método Delphi

A segunda fase da metodologia consistiu na aplicação de um questionário interativo com o objetivo de promover junto aos especialistas da área de recursos hídricos e saneamento, uma consulta de opinião a respeito das ações mais relevantes e viáveis para o abastecimento do município de Caruaru, através do método Delphi (Figura 5). Este método se fundamenta no anonimato dos participantes, na utilização de especialistas, na retroalimentação das respostas (*feedback* controlado) e na busca do consenso confiável de opiniões de um grupo sobre determinado tema ou assunto.

Figura 5 – Execução do método Delphi



Fonte: Wright & Giovinazzo (2000)

4.3.1 Seleção de Especialistas

O critério para a seleção dos especialistas foi a experiência profissional na área de recursos hídricos e/ou saneamento com atuação na área acadêmica e/ou técnica. Neste sentido, buscou-se uma distribuição equilibrada entre elementos nas diversas instituições. A literatura não fornece parâmetros para o estabelecimento de um número mínimo ou máximo de especialistas dos painéis, que pode variar de um pequeno grupo até um grupo numeroso, dependendo do tipo de problema a ser investigado e da população e/ou das amostras utilizadas (SANTOS; VIDOTTO; GIUBLIN, 2005).

4.3.2 Elaboração dos Questionários

O questionário foi elaborado com base nas informações sobre o tema em questão, recorrendo à literatura especializada e nas entrevistas que serviram como uma ferramenta de suporte para formulação do questionário, a interação entre a pesquisadora e especialistas da área serviu para assegurar a correção técnica das questões formuladas.

Os painelistas (grupo de especialistas) foram convidados a avaliar a relevância e viabilidade de ações voltadas para a gestão da oferta e gestão da demanda de água direcionadas para Caruaru em uma escala de classificação do tipo Likert de 5 pontos. Esta escala é muito usada em pesquisas de opinião e sua escolha foi motivada por evidências da literatura, a qual sugere que fornece informações mais precisas sobre a intensidade com qual indivíduo pode ter um valor específico (MARSAM, 2000).

Cada ação proposta no questionário foi avaliada usando a escala de Likert que se apresentava em duas modalidades: grau de relevância (Quadro 2) e viabilidade (Quadro 3), respectivamente. Desse modo, visou estabelecer um ordenamento dos atributos considerados mais relevantes pelos especialistas.

Quadro 2 – Grau de importância

Valores	1	2	3	4	5
Significado	Insignificante	Pouco importante	Indiferente	Importante	Muito importante

Fonte: Autor. Nota: Adaptação de Likert (1932)

Quadro 3 – Grau de viabilidade

Valores	1	2	3	4	5
Significado	Inviável	Pouco viável	Indiferente	Viável	Muito viável

Fonte: Autor. Nota: Adaptação de Likert (1932)

4.3.3 Rodadas Delphi

Na 1ª rodada, os especialistas foram convidados, por meio de uma carta de apresentação, para participar do estudo Delphi. Foram apresentadas 25 ações voltadas à gestão da oferta e à gestão da demanda de água para que os especialistas avaliassem a relevância de cada ação e, simultaneamente, a viabilidade da implantação destas para o abastecimento de água da população de Caruaru-PE.

A 2ª rodada do estudo Delphi foi conduzida para o mesmo público-alvo com base nos resultados da 1ª. Desse modo, as ações que não chegaram ao consenso na 1ª rodada foram reiteradas na 2ª rodada para fins de alcance do consenso. Para isto, os especialistas foram informados dos resultados da rodada anterior por meio da apresentação individual da resposta e a do grupo (Apêndice A), de modo que os especialistas puderam, conhecendo as opiniões do grupo, reavaliar e aprofundar suas visões.

4.3.4 Medição do consenso

O critério de consenso estabelecido foi o valor absoluto da diferença entre o terceiro e primeiro quartis (IQR). Desse modo, o IQR menor ou igual a 1 foi considerado um indicador de consenso adequado em uma escala de Likert de 5 pontos (GRACHT, 2012). Valores com tendência a serem menores que 1 indicaram maiores graus de concordância.

4.3.5 Análise Estatística

Inicialmente, aplicou-se o teste Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados, em que, para um nível de significância de 0,1, os resultados apontaram que os dados não seguiram uma distribuição normal, o que para a pesquisa Delphi significou que os testes utilizados foram não paramétricos.

Para cada rodada Delphi foram calculados a média da classificação de Likert de 5 pontos com intervalo de confiança de 95%, bem como o desvio padrão e o intervalo interquartil. Além disso, a estabilidade das respostas dos especialistas entre as rodadas Delphi também foi considerada, para isto foi aplicado o teste de postos sinalizados de Wilcoxon que consiste em um teste de hipóteses não paramétrico para comparação de duas amostras pareadas. Este teste tem sido usado por vários outros estudos Delphi, tais como Brunt *et al.* (2018), Brito, Evers & Höllermann (2017), Yasamis-Speroni *et al.* (2012).

Logo, o teste de Wilcoxon permitiu determinar se uma diferença entre as respostas de duas rodadas Delphi teve significância estatística, testando assim a estabilidade dos dados (GRACHT, 2012; CHEN; JIANG, 2018). Um nível de significância de 0,05 foi adotado, desse modo um p-valor $> 0,05$ sugeriu que as diferenças nos postos (classificação) das respostas ao item das duas rodadas da pesquisa Delphi (Rodadas 1 e 2) não foram significativamente diferente de 0. Ressalta-se que o teste foi realizado por meio do programa livre R.3.3.3, desenvolvido para auxiliar em análises estatísticas.

Como critério complementar, foi calculada a diferença do coeficiente de variação entre as rodadas para cada item do questionário com o objetivo de fornecer uma medida de dispersão. Esta diferença foi obtido subtraindo o coeficiente de variação da rodada 2 daquele obtido na rodada 1. Desse modo, um resultado menor 0,2 indicou que a estabilidade das respostas foi alcançada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Entrevistas

Os participantes das entrevistas foram identificados por números, que corresponde apenas à ordem cronológica que a entrevista foi realizada com cada especialista. Destaca-se que os resultados não foram submetidos a provas estatísticas, o objetivo foi caracterizar a situação atual do sistema de abastecimento de água de Caruaru e analisar as perspectivas futuras do abastecimento público com base nas unidades de registro apresentadas no Quadro 1.

Os resultados obtidos foram apresentados conforme o quadro síntese, no qual as informações foram categorizadas. O eixo central da pesquisa retratou o abastecimento de água humano, desse modo, as categorias emergiram deste eixo.

5.1.1 Categoria I – Histórico do abastecimento público de água

Atores Envolvidos na Gestão do Sistema de Abastecimento de Água

Em termo de órgãos oficiais, a Companhia de abastecimento, a Secretaria de Recursos Hídricos de PE, a Agência Pernambucana de Águas e Climas, os Comitês das Bacias Hidrográficas e Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos são os principais atores envolvidos na gestão do sistema de abastecimento de água. “A gestão é feita dentro da perspectiva que a Política Nacional de Recursos Hídricos propõe descentralizar”, diz o **Entrevistado 2**. “Todos esses atores dialogam, cada um no seu contexto, eles são importantes para a questão do abastecimento de água”, acrescenta o **Entrevistado 3**.

O sistema de abastecimento de água faz parte do Gerenciamento dos Recursos Hídricos. No Estado de Pernambuco tem a Secretaria Executiva de Recursos Hídricos, que está na Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Social, a Agência Pernambucana de Água e Climas, a Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos e os Comitês de Bacias Hidrográficas, então isso seria dentro da perspectiva da gestão participativa **Entrevistado 2**.

O **Entrevistado 4** relata que nos últimos 10 anos, especificamente a partir de 2007, houve uma importante mudança na gestão do sistema de abastecimento de água do estado Pernambucano, pois a companhia de saneamento, pela primeira vez, esteve sob a administração da Secretaria de Recursos Hídricos, bem como reitera o **Entrevistado 5**. Este fato representou uma importante mudança, pois o responsável pelo planejamento dos recursos hídricos passou a ser responsável pela execução das obras de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Atualmente, a Secretaria Executiva de Recursos Hídricos está subordinada à Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco e é responsável pela formulação da política de recursos hídricos, administração do Fundo Estadual de Recursos Hídricos e pelas competências relativas ao saneamento básico e à infraestrutura hídrica.

Para o **Entrevistado 1**, a Compesa é a principal responsável pela gestão do abastecimento de água do Estado. Este destaca que a Compesa capta água de pontos muito distantes, o que acaba deixando o processo oneroso, e possui um alto índice de perdas. Os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento corroboram com a afirmação do especialista, posto que no ano de 2016 o índice de perdas na distribuição de Caruaru chegou de 34,86% (SNIS, 2018). Ainda de acordo com o entrevistado, em Pernambuco, há também algumas indústrias que são significativamente impactantes no sistema de abastecimento de água, tanto pelo volume de água consumido, quanto pelo perfil dos efluentes que lançam nos corpos d'água. Além dos atores preponderantes citados, a sociedade civil organizada – ONGs, instituições de ensino superior, entre outros – podem contribuir numa formação diferenciada em relação à gestão hidroambiental.

Em síntese, “tanto os órgãos oficiais quanto os usuários estão envolvidos direta ou indiretamente na gestão do sistema de abastecimento”, acrescenta o **Entrevistado 6**. Desse modo, a participação de todos esses atores é fundamental, dada a importância do diálogo entre si para um gerenciamento eficaz e eficiente de água. Para tanto, esses atores estão amparados pela legislação voltada à gestão de recursos hídricos, por meio da Política Estadual de Pernambuco (Lei nº 12.984/2005) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997).

Períodos Intensos de Limite Hídrico e Providências Tomadas nas Últimas Duas Décadas

O abastecimento de água de Caruaru vem sendo alvo de estudos pelos técnicos do setor desde o início do século XX – quando as águas do rio Ipojuca foram comprometidas por práticas industriais que se instalaram na região. A partir daí estudos para o

aproveitamento de outros mananciais – Serra dos Cavalos, Taboca, Prata e Jucazinho – foram iniciados, no intuito de suprir plenamente o abastecimento de água do município e região, diz o **Entrevistado 1**. Caruaru é um centro de distribuição de abastecimento de água para as cidades localizadas no Agreste Central e Setentrional devido principalmente ao seu posicionamento geográfico e desenvolvimento socioeconômico.

Os entrevistados relataram vários períodos intensos de limite hídrico nas últimas duas décadas, como em 1993; 1997-1998; 2012-2017, o que foi ratificado pela literatura (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017; BRITO; EVERS; HOLLERMANN, 2017). “Esses períodos de secas nas séries históricas se repetem”, diz o **Entrevistado 2**. Neste cenário, principalmente em um contexto emergencial como no caso da seca de 1993, as ações estavam voltadas para a utilização das fontes de abastecimento de águas subterrâneas. Neste contexto, o **Entrevistado 6** retratou o uso de fontes de águas subterrâneas e o suprimento de água por caminhões pipas para a população.

A perfuração de poços assim como uso de caminhão pipas funcionam como sistemas paliativos e tem seus prós e contras. Logicamente, a favor, é garantir o mínimo de abastecimento para a população. Entretanto, o problema das perfurações de poços é qualidade das águas, além da ocorrência da sobre-exploração na região metropolitana do Recife, a partir da seca de 1993. Em relação ao suprimento de água por caminhões pipas, na maioria das vezes, não há fiscalização e há uma piora nas condições de oferta de água nos principais mananciais, pois os caminhões terminam retirando água de mananciais importantes, como é o caso de Caruaru, que estes captam água da Serra dos Cavalos. Ademais, como garantir a qualidade da água do caminhão pipa? São dois problemas de quantidade e qualidade. **Entrevistado 6**.

No que tange à crise hídrica nos anos de 1997-1998, segundo o **Entrevistado 4**, o estado de Pernambuco foi acometido por uma grande seca. Este destaca que a situação foi crítica até na região metropolitana, que apresenta fontes hídricas mais confiáveis e prevalentes que o resto do estado. No ápice do desabastecimento em Pernambuco e no país, a população da capital do estado, Recife, recebia água durante um dia a cada 10 dias.

Visando soluções, em longo prazo, em 2007 a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos elaborou um plano direcionado para o abastecimento de água e esgotamento sanitário. “Este plano pretendia equacionar em 12 anos o abastecimento de água e

esgotamento sanitário do Estado”, diz o **Entrevistado 4**. O plano está em vigência e uma parte significativa desse foi alcançada, mas para que seja totalmente concluído, o entrevistado 4 ressalta que depende fundamentalmente da conclusão das obras do projeto de integração com o Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF.

A região se encontra em estado de estresse hídrico. Conforme o **Entrevistado 3**, os últimos seis anos (2012-2017) foram, historicamente, os piores momentos de escassez hídrica dos últimos 50 anos. “Isto falado por vários pesquisadores que tem expertise na área de abastecimento de água”, o qual ainda acrescenta:

O que se tem feito é a implementação de estudos importantes como o Monitor de Secas. É uma experiência do Banco Mundial, com experiências em outros países, que está fazendo com que as pessoas sempre pensem na questão da estiagem, já que é uma característica muito específica da nossa região. Fora isto, é exatamente a questão das grandes transposições que é fundamental para trazer água de outras regiões. **Entrevistado 3**.

O **Entrevistado 5** também ressalta os investimentos feitos pela Compesa, em conjunto com o governo do Estado, para suprir a escassez hídrica da região. “Foram soluções para transpor bacias, interligar bacias cada vez mais longe”.

Em suma, várias ações de combate aos efeitos das secas foram implementadas pelos governos visando resultados específicos, que nem sempre foram totalmente alcançados. Em contrapartida, estas ações deixaram uma infraestrutura hídrica significativa implantada no Estado, porém ainda deficiente. No Agreste não há fontes seguras que permitam atender a demanda das pessoas se não houver transferência de água, o que implica o predomínio da reservação de água como estratégia para superação dos problemas de natureza hídrica. A questão da alocação da água em períodos de escassez é tida como uma das mais relevantes no contexto do Nordeste Brasileiro (MAY; VINHA, 2012).

5.1.2 Categoria II – Diagnóstico do abastecimento de água (2012-2017)

Situação dos Mananciais de Abastecimento e a Relação entre a Oferta e Demanda

As bacias hidráulicas em todos os grandes reservatórios são um descaso, não existe uma proteção socioambiental, uma mobilização para as populações que estão se relacionando diretamente. Algumas delas perderam terras agricultáveis e foram realocadas. Não existem estratégias de educação ambiental, reflorestamento, defesa desses mananciais e dessas bacias hidráulicas. **Entrevistado 1.**

A qualidade do rio Una é preocupante, pois as agressões são muito significativas, e destaca-se a emissão de esgotos *in natura*, sem tratamento, pelas indústrias, diz o **Entrevistado 1.** A barragem de Jucazinho, abastecida pelo rio Capibaribe, entrou em colapso em novembro de 2016. A barragem do Prata, atualmente, é a principal responsável pelo abastecimento de Caruaru. Ressalta-se que esta barragem seria suficiente para atender exclusivamente Caruaru, no entanto, tem um conjunto de grandes cidades circunvizinhas que deve ser vista de forma conjunta, acrescenta o **Entrevistado 4.**

[...] Tem um conjunto de 14 cidades que tem muito mais dificuldade de mananciais de que Caruaru. Por isso, Jucazinho chegou para atender essa região. [...] Há também uma certa integração (das barragens de Jucazinho e Prata), por conta da qualidade da água. **Entrevistado 4.**

Logo, o crescimento populacional implica em uma maior demanda por água, enquanto cenários de estresse hídrico corroboram para que a demanda não seja atendida pela oferta de água no Agreste Pernambucano. Neste contexto, a consequência da demanda por água ser maior que a oferta é, justamente, o rodízio severo. “Toda a região do Agreste Setentrional e Central está em rodízio severo hoje.” **Entrevistado 5.**

A barragem do Prata mantém um volume de água dentro das condições operacionais esperadas. Depois de seis anos, a barragem atingiu o nível máximo em 2017. Em pouco mais de um mês, a barragem deixou a situação de pré-colapso para armazenar a sua capacidade máxima. No entanto, a sua capacidade é cerca de 1/9 do volume útil do reservatório de Jucazinho. Além disso, o sistema é responsável pelo abastecimento de diversas cidades da região. É necessário a ampliação da adutora do Prata, para que esta

possa transportar a vazão disponível no Sistema Integrado Prata/Pirangi, e/ou a Barragem de Jucazinho saia do colapso e volte a abastecer a cidade.

Além do reservatório de Jucazinho e Prata, há outros sistemas complementares como a barragem Jayme Nejaim, o açude Guilherme de Azevedo e o açude de Serras dos Cavalos que, conjuntamente, segue para estação de tratamento de água de Petrópolis, acrescenta o **Entrevistado 6**.

Em síntese, a demanda por água em Caruaru tem crescido, ao longo dos anos, e a oferta tem apresentado decréscimo como estimam os dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e Agência Nacional das águas (SNIS, 2018; ANA 2018). Além disso, é factível que a deterioração da qualidade das águas nos mananciais que abastecem Caruaru comprometa o abastecimento. Conforme o boletim de monitoramento de reservatórios de PE divulgado em 2017, a barragem do Prata tem apresentado índice de qualidade ruim, necessitando de tratamento complementar para o abastecimento público (APAC, 2018).

Providências Tomadas em Relação à Situação Limite na Busca de Água Potável para Abastecimento Público de Caruaru

As medidas, consideradas pioneiras pelos especialistas, para solucionar o problema de abastecimento de água da região nas próximas décadas foram os projetos de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional e da Adutora do Agreste. Então desde 2010, iniciou-se a construção da Adutora do Agreste, mas em torno de 2012, ficou perceptível que a concepção dessa obra não iria ser rápida e dependia da construção do Ramal do Agreste – canal que interligará o eixo leste do PISF à estação de tratamento de água em Arcoverde (PE) – relata o **Entrevistado 4**. As obras do Ramal do Agreste tiveram início em maio de 2018.

Foi elaborado um plano hidroambiental do rio Capibaribe em 2010, onde foram realizados diagnósticos e estudo de cenários, foi proposto então um plano de investimento com 23 ações – no eixo ambiental, de infraestrutura, gestão dos recursos hídricos, entre outros. “Porém, até o momento, a maioria das ações não foram implementadas e ainda existe uma grande discussão sobre esse plano”, cita o **Entrevistado 2**.

Em 2012, a preocupação com o agravamento da seca fez com que os técnicos buscassem alternativas para atender o conjunto de cidades. Uma delas foi buscar fazer adutoras que saíssem das barragens de Serro Azul e Igarapé, que já estavam em

construção para controle de cheias, ou de áreas controladas, para então chegar a Caruaru e fazer o complemento da distribuição para outras cidades.

A primeira das adutoras foi a do Pirangí, que já está concluída. A captação está localizada no rio Pirangí, que é um afluente do rio Una, a jusante da barragem do Serro Azul. Atualmente, a adutora de Pirangí contribui para o abastecimento de Caruaru.

O que falta é a substituição de algumas bombas no caminho para transportar simultaneamente a água do Pirangí e do Prata, fazendo com que a capacidade de produção de água para Caruaru vindo da mata sul quase dobre, aliviando também a situação de algumas cidades ao redor. A barragem de Igarapé é importante porque está a montante do ponto de captação, então vai garantir que o rio tenha sempre uma quantidade de água suficiente para abastecer Caruaru. Enquanto a barragem de Serro Azul irá proteger as cidades de jusante. **Entrevistado 4.**

O **Entrevistado 6** complementa que “a interligação do sistema Pirangí foi a ação mais contundente no momento, já que a adutora do Agreste não chegou”. Em um curto período de tempo haverá uma melhoria no abastecimento de Caruaru devido à conclusão das obras de ampliação do Sistema Integrado Prata/Pirangí. Atualmente, a Compesa está trocando os conjuntos motor-bomba da adutora do Prata por equipamentos mais potentes. Essa medida vai permitir um acréscimo de 200 L/s para o abastecimento de uma população de aproximadamente 800 mil pessoas em Caruaru e nas outras cidades da região.

Ademais, há uma negociação com o Banco Interamericano de Desenvolvimento para implantar projetos que aumentarão a disponibilidade hídrica em 500 L/s para essa região, o que, somado a disponibilidade atual, irá triplicar a oferta de água para Caruaru. Essas são soluções que visam atender a região enquanto o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional não é concluído.

Eu diria que todas as fichas foram lançadas, as maiores obras foram executadas, falta o Ramal do Agreste. Isso é uma obra que incomoda muito porque a adutora do Agreste daqui a pouco fica pronta e não vai ter água para abastecê-la. Enquanto o Ramal do Agreste não fica pronto, a adutora do agreste vai servir para transportar água de outras fontes entre cidades, mas não para a sua principal função, que era trazer água do São Francisco para a região. **Entrevistado 4.**

Em síntese, foi dada pouca ênfase em relação às ações voltadas para a gestão da demanda de água, assim como reitera o **Entrevistado 1**. Contudo, destaca-se que essas ações possuem um grande potencial de economia de água, pois atuam como uma “produção virtual” de água. Ressalta-se que os altos índices de perdas de água são responsáveis por elevado desperdício de água potável. O **Entrevistado 3** acrescenta que “a própria companhia tem a ciência que não é só aumentar a oferta de água, tem que combater essa perda de água, existe um trabalho que está sendo desenvolvido em Caruaru exatamente para isto”. Cambrainha (2015) também afirma que a atual estrutura de gestão de recursos hídricos, no Agreste de Pernambuco, está voltada, sobretudo, para a gestão da oferta de água, as ações direcionadas à gestão da demanda ainda estão em um nível embrionário.

5.1.3 Categoria III – Perspectivas futuras do abastecimento de água

Atual Estrutura e Capacidade de Resposta dos Órgãos Envolvidos com o Abastecimento Público de Água e a Garantia de Água em Longo Prazo

Geralmente, os planos de gestão são elaborados por órgãos do governo estadual para um período de quatro anos, o que acaba sendo um complicador por causa da descontinuidade das ações. A Compesa e o governo do estado estão numa outra dimensão e embora tenham avançado em relação ao planejamento, além de 4 anos, ainda há problemas de execução, diz o **Entrevistado 3**.

O projeto de Integração do rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é apontado como solução sustentável em longo prazo. Como medida intermediária até a concretização das obras de transposição do rio São Francisco, optou-se em implantar sistemas adutores, cujas captações são as barragens de Serro Azul e Igarapé, diz o **Entrevistado 5**. Além disso, a importância do controle de perdas nos sistemas de distribuição para fins de fornecimento de água em longo prazo, acrescenta o **Entrevistado 4**.

Houve um grande trabalho de melhoria das redes no estado inteiro, mas ainda assim o controle de perdas é baixo, então é necessário que o trabalho de aumento de produção seja acompanhado de um forte trabalho de controle de perdas para que a água produzida consiga ser utilizada com perda mínima. **Entrevistado 4**.

Ademais, “o governo está fazendo algumas obras para interligar sistemas de abastecimento para o Agreste, mas é preciso chover. Em longo prazo, essa problemática provavelmente será resolvida, mas a curto-médio prazo é complicado, há vários municípios que não tem água nas torneiras”, diz o **Entrevistado 2**. Os **Entrevistados 1 e 6** ressaltam outros aspectos: todo o esforço de planejamento é direcionando para a elevação da capacidade de oferta sem a devida proporção de investimentos nas recargas, ou seja, no cuidado e promoção do meio ambiente, da educação ambiental (**Entrevistado 1**). O **Entrevistado 6** cita a lei que estabelece o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em Pernambuco (PERNAMBUCO, 1997), se previa um sistema compartilhado, democrático em que houvesse uma estrutura de gestão que passa principalmente pela participação popular e aponta, justamente, a pequena participação popular como falha no sistema. Além disso, o entrevistado aborda a gestão da multiplicidade e garantia dos usos “hoje esse serviço tenta ser feito pela APAC, mas é muito difícil, porque a agência tem uma série de limitações para que se possa fazer esse controle. Então, é preciso que se sente e discuta sobre a gestão da água”.

Em síntese, a garantia de água a curto-longo prazo é uma questão de planejamento adequado e eficiente, de melhoria de gestão da água e da disponibilidade de recursos financeiros para implementações das ações.

5.2 Questionários

A Tabela 1 mostra a participação dos especialistas e as taxas de respostas de cada rodada do estudo Delphi. Na segunda interação do Delphi, foram convidados somente os especialistas que participaram da primeira rodada de questionários. Em diversos casos foi estabelecido um contato pessoal, de modo a estimular à participação. Desse modo, a taxa de resposta foi de 89,2% e 88,0% na primeira e segunda rodada, respectivamente. Ressalta-se que as ações de gestão de água estão representadas por meio de códigos, como mostra o Quadro 4.

Tabela 1 – Taxa de respostas das rodadas Delphi

Rodada Delphi	Quantidade de questionários		Taxa de respostas
	Enviados	Recebidos	
1	28	25	89,2%
2	25	22	88,0%

Fonte: Autor

Quadro 4 – Codificação das ações de gestão de água

Código	Ações de Gestão de Água
Gestão da Oferta	A1 Ampliação do sistema de abastecimento de água
	A2 Novos mananciais de abastecimento fora dos limites da cidade
	A3 Implantação de racionamento ou rodízio
	A4 Racionamento em períodos não caracterizados como de seca severa
	A5 Implantação de projetos de conservação e revitalização de mananciais
	A6 Implantação de projetos de conservação e revitalização do rio Ipojuca
	A7 Implantação de sistemas de dessalinização de água
Gestão da Demanda	A8 Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edificações
	A9 Reúso de águas cinzas para fins potáveis em edificações;
	A10 Sistema de reúso de água acoplado ao sistema de abastecimento de água
	A11 Uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos para fins agrícolas
	A12 Tratamento de efluentes domésticos para lançamento nos corpos hídricos
	A13 Implantação de programas de combate às perdas reais
	A14 Implantação de programas de combate às perdas aparentes
	A15 Acompanhamento da qualidade de medição dos hidrômetros
	A16 Qualidade dos materiais/equipamentos e mão de obra para combater às perdas reais
	A17 Implantação do controle de Pressão na rede de distribuição de água
	A18 Aproveitamento da água pluvial para fins potáveis nas edificações
	A19 Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis nas edificações
	A20 Instalação de aparelhos economizadores de água nas edificações
	A21 Medição individualizada de água em edifícios
	A22 Implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais
	A23 Aplicação de bônus e multa aos consumidores para redução de consumo de água
	A24 Implantação de programas voltados para educação ambiental
	A25 Divulgações de informações sobre a situação dos mananciais nas contas de água

Fonte: Autor

5.2.1 Avaliação da importância das ações propostas

A Tabela 2 apresenta resumidamente os resultados da primeira e segunda rodada do método Delphi sobre a importância das ações propostas para o abastecimento da população de Caruaru. Em síntese, nota-se que para a primeira rodada, 23 ações alcançaram o consenso desejado quanto à importância destas. Considerando que o consenso foi alcançado quando o intervalo interquartil (IQR) é no máximo 1.

Ao comparar a primeira e segunda rodada, as ações *implantação do controle de pressão na rede de distribuição de água* (A16) e *aproveitamento da água pluvial para fins potáveis nas edificações* (A17) apresentaram uma evolução no processo de convergência de respostas ao diminuir os intervalos entre os quartis.

Todas as ações tiveram consenso ao término da segunda rodada, com exceção da ação *implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais* (A22) que apesar de ter atingido o consenso na primeira rodada, apresentou uma evolução no processo de divergências de respostas ao aumentar os intervalos entre os quartis, a partir disso concluiu-se que não se chegou a um consenso quanto a esta ação.

Em relação à dispersão das respostas, ao observar o desvio padrão conforme a Tabela 2, nota-se que a maioria diminuiu seus respectivos valores, com exceção de cinco ações, em que duas destas A5 e A13 resultaram valores iguais a 0. As ações A6, A16 e A22 acabaram por terem seus valores para desvio padrão acrescidos após a primeira rodada, o que não é desejado, pois se supõe que os desvios padrões diminuam ou se mantenham para o caso em que são nulos. Em linhas gerais, o estudo Delphi proporcionou aos especialistas uma mudança ou aprofundamento de suas visões de uma forma interativa através da retroalimentação de respostas, o que levou a uma diminuição no desvio padrão das respostas, entre as rodadas, para 20 ações. Demonstrando assim, a alta concordância entre os especialistas.

Quanto à determinação do número de rodadas, destaca-se que a medição do consenso sozinho não foi suficiente para determinar se rodadas adicionais foram necessárias. Posto isto, a estabilidade das respostas entre as rodadas Delphi também foi considerada.

Atentando-se para a estabilidade das respostas dos especialistas sobre a importância das ações propostas, foram calculados o coeficiente de variação (CV) e o p-valor (com base no teste de Wilcoxon) para cada uma das ações propostas.

Tabela 2 – Resultados da avaliação da importância das ações propostas

Código da ação	Rodada 1 (n = 25)				Rodada 2 (n = 22)				CV	*p-valor
	Média	95% IC	Desvio padrão	IQR	Média	95% IC	Desvio padrão	IQR		
A1 – I	4,7	4,50 – 4,91	0,523	0,00	4,9	4,68 – 4,92	0,290	0,00	- 0,050	0,17
A2 – I	4,5	4,20 – 4,78	0,764	1,00	4,5	4,22- 4,78	0,673	1,00	-0,020	1,00
A3 – I	4,2	3,90- 4,51	0,781	1,00	4,1	4,00 – 4,60	0,710	1,00	-0,021	1,00
A4 – I	3,7	3,25 – 4,15	1,159	1,00	3,8	3,50 – 4,30	0,958	1,00	-0,068	0,17
A5 – I	5,0	NA	0,000	0,00	5,0	NA	0,000	0,00	0,000	NA
A6 – I	5,0	4,84 – 5,16	0,400	0,00	4,9	4,82 – 5,18	0,426	0,00	0,005	NA
A7 – I	3,6	3,01 – 4,19	1,500	2,00	3,1	2,88 – 3,92	1,253	1,00	-0,048	0,71
A8 – I	4,8	4,64 – 4,96	0,408	0,00	4,8	4,64 – 4,97	0,395	0,00	-0,003	NA
A9 – I	3,8	3,31 – 4,29	1,258	1,00	3,4	3,36 – 4,24	1,054	1,00	-0,054	0,28
A10 – I	4,4	3,92 – 4,88	1,223	2,00	4,4	4,15 – 4,85	0,848	1,00	-0,090	0,18
A11 – I	3,5	4,28 – 4,72	0,567	1,00	4,6	4,29 – 4,71	0,492	1,00	-0,017	1,00
A12 – I	4,7	4,45 – 4,93	0,597	0,00	4,9	4,51 – 4,90	0,468	0,00	-0,028	1,00
A13 – I	5,0	NA	0,000	0,00	5,0	NA	0,000	0,00	0,000	NA
A14 – I	4,2	3,90 – 4,50	0,757	0,00	4,7	4,27 – 4,73	0,550	0,00	-0,058	1,00
A15 – I	4,0	3,64 – 4,36	0,917	1,00	4,6	4,30 – 4,89	0,666	1,00	-0,071	1,00
A16 – I	4,9	4,77 – 5,03	0,332	1,00	4,9	4,75 – 5,05	0,351	0,00	0,004	NA
A17 – I	4,7	4,34 – 5,06	0,917	1,00	4,7	4,46 – 4,94	0,568	0,75	-0,074	NA
A18 – I	4,4	4,12 – 4,68	0,712	1,00	4,6	4,19 – 4,64	0,492	1,00	-0,050	1,00
A19 – I	4,7	4,57 – 4,83	0,332	0,00	4,9	4,68 – 4,92	0,294	0,00	-0,009	1,00
A20 – I	4,7	4,53 – 4,87	0,440	0,00	4,9	4,68 – 4,92	0,294	0,00	-0,032	1,00
A21 – I	4,7	4,52 – 4,89	0,473	0,00	4,9	4,65 – 4,95	0,351	0,00	-0,027	1,00
A22 – I	4,3	3,93 – 4,67	0,945	1,00	4,2	3,69 – 4,51	0,973	1,75	0,017	NA
A23 – I	3,6	3,15 – 4,05	1,137	1,00	4,3	3,90 – 4,74	0,945	1,00	-0,073	1,00
A24 – I	4,7	4,47 – 4,93	0,577	0,00	4,7	4,65 – 4,95	0,351	0,00	-0,050	0,35
A25 – I	4,0	3,52 – 4,48	1,215	1,00	4,4	3,90 – 4,83	1,049	1,00	-0,035	1,00

Fonte: Autor (2018). Nota: adaptação de Brito, Eversm & Höllermann (2017).

Notas: *IQR = Intervalo interquartil; *CV= Coeficiente de variação; *NA = Não disponível; *p valor obtido através do teste de postos sinalizados de Wilcoxon.

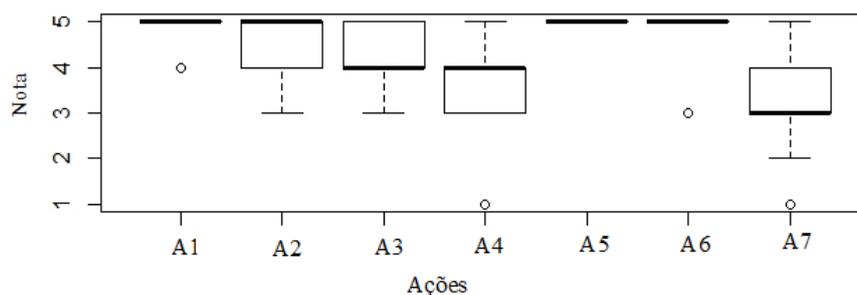
No teste Wilcoxon, o p-valor maior que 0,05 sugeriu que as diferenças nos postos (classificação) das respostas ao item (ação) das duas rodadas da pesquisa Delphi (Rodadas 1 e 2) não foram significativamente diferente de 0. Este resultado indicou que houve pouca mudança nas respostas das duas rodadas consecutivas (Rodadas 1 e 2). Os p-valores obtidos do teste Wilcoxon foram superiores a 0,05 para todas as 25 ações apresentadas na Tabela 2. Portanto, não houve ação pelo qual se devesse continuar a aplicação da pesquisa Delphi após a segunda rodada. Com isto, pôde-se concluir que, provavelmente, novas rodadas não proporcionariam contribuições para a pesquisa.

Complementando a avaliação da estabilidade das respostas, observou-se uma diferença do coeficiente de variação (CV), entre rodadas, menor que 0,2 para todas as 25 ações, o que confirmou que a estabilidade foi alcançada.

5.2.1.1 Ações de Gerenciamento de Água pelo Lado da Oferta

Na Figura 6, apresenta-se os resultados ao avaliar o consenso das ações de gerenciamento de água pelo lado da oferta, conforme a escala de Likert de 5 pontos (**Importância:** (1) = *Insignificante*; (2) = *Pouco importante*; (3) = *Indiferente*; (4) = *Importante*; 5 = *Muito importante*). Ressalta-se que os resultados foram explorados com base na segunda rodada Delphi, conforme consta na Tabela 2.

Figura 6 – Importância das ações de gerenciamento de água pelo lado da oferta



Fonte: Autor

Legenda:

- *A1 = Ampliação do sistema de abastecimento de água;
- *A2 = Novos mananciais de abastecimento fora dos limites da cidade;
- *A3 = Implantação de racionamento ou rodízio;
- *A4 = Racionamento em períodos não caracterizados como de seca severa;
- *A5 = Implantação de projetos de conservação e revitalização de mananciais;
- *A6 = Implantação de projetos de conservação e revitalização do rio Ipojuca;
- *A7 = Implantação de sistemas de dessalinização.

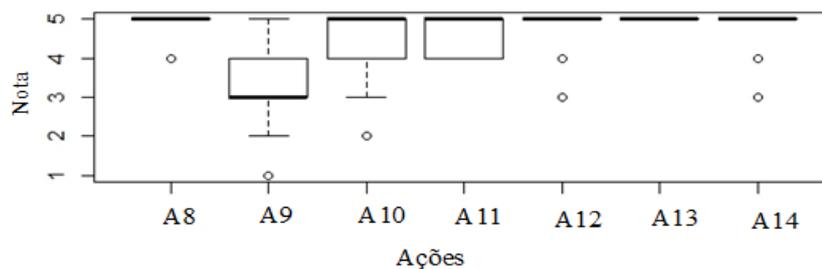
Nota-se, na Figura 6, que os especialistas chegaram ao consenso, conforme o critério adotado. Observa-se ainda que o outlier é considerado um valor atípico, logo a quantidade de respostas diferentes do consenso não é significativa. Em linha gerais, numa escala de variância de muito à importante, todas as ações propostas voltadas para a gestão da oferta de água foram consideradas relevantes, sob o ponto de vista de importância para o município de Caruaru, com ressalva para a ação de implantação de sistemas de dessalinização (A7), que foi considerada indiferente para a localidade.

Logo, a maioria das ações orientadas pelo campo da oferta mostraram-se como tendências positivas para aumentar o suprimento de água. Posto isto, Mousavi *et al.* (2017) ratificam que a alocação de água é considerada uma ferramenta útil para maximizar os benefícios abrangentes do uso regional de água de acordo com os princípios de equidade, eficiência e sustentabilidade. Além disso, Poff *et al.* (2015) argumentam em seus resultados para uma nova estrutura de decisão que explora a engenharia de recursos hídricos e ecologia de conservação fluvial para projetar e operar infraestrutura de água para benefícios sociais e ambientais. Visto que, torna-se cada vez mais importante para fornecer um planejamento de água resiliente em face mudanças climáticas.

5.2.1.2 Ações Tecnológicas para o Gerenciamento da Demanda de Água

Exploração dos resultados quanto a avaliação do consenso entre os especialistas em relação a importância das ações tecnológicas para o município de Caruaru, conforme a escala de Likert (**Importância:** (1) = *Insignificante*; (2) = *Pouco importante*; (3) = *Indiferente*; (4) = *Importante*; 5 = *Muito importante*).

Na Figura 7, demonstra-se o consenso entre os especialistas em todas as ações tecnológicas propostas. Em suma, a concentração das notas para todas as ações citadas se situa no maior valor (5), o que implica dizer que são muito importantes para a região. Entretanto, ressalta-se que o *reúso de águas cinzas para fins potáveis em edificações* (A9), sob o ponto de vista de importância, é considerada indiferente para a localidade. Frente ao exposto, acerca do reúso de águas cinzas para fins potáveis, Drechsel *et al.* (2015) destacaram a importância de fatores sociais, como a percepção e aceitação pública que em conjunto com o avanço tecnológico no tratamento de águas residuais resulta em grandes melhorias em termos de eficácia e eficiência, uma vez que a infraestrutura será mais amplamente utilizada e otimizada de forma sustentável.

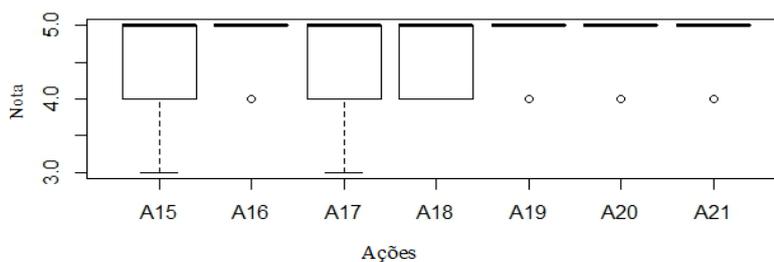
Figura 7 – Importância das ações tecnológicas A8 a A14

Fonte: Autor

Legenda:

- *A8 = Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edificações;
- *A9 = Reúso de águas cinzas para fins potáveis em edificações;
- *A10 = Sistema de reúso de água acoplado ao sistema de abastecimento de água;
- *A11 = Uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos para fins agrícolas;
- *A12 = Tratamento de efluentes domésticos para lançamento nos corpos hídricos;
- *A13 = Implantação de programas de combate às perdas reais;
- *A14 = Implantação de programas de combate às perdas aparentes.

Atentando-se para as ações tecnológicas explanadas na Figura 8, o consenso foi atingido para todas ações ao observar um intervalo interquartil de no máximo 1. Observa-se uma concentração acentuada das respostas no valor cinco, para tanto o consenso dos especialistas é de que essas ações tecnológicas são consideradas primordiais para a cidade, considerando a importância dessas para o enfrentamento da escassez de água.

Figura 8 – Importância das ações tecnológicas A15 a A21 (continuação)

Fonte: Autor

Legenda:

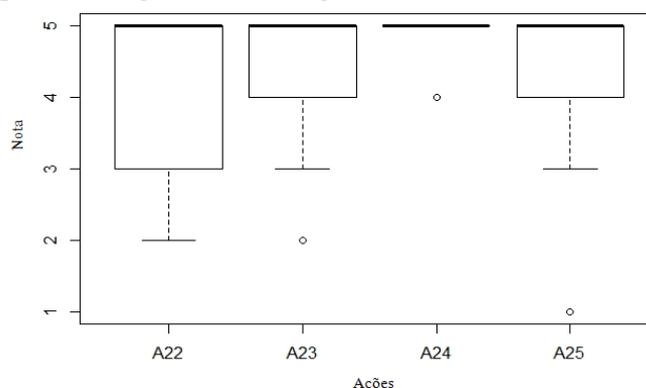
- *A15 = Acompanhamento da qualidade da medição de hidrômetros;
- *A16 = Qualidade dos materiais/equipamentos e mão de obra para combater as perdas reais;
- *A17 = Implantação do controle de pressão na rede de distribuição de água;
- *A18 = Aproveitamento da água pluvial para fins potáveis nas edificações;
- *A19 = Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis nas edificações;
- *A20 = Instalação de aparelhos economizadores (poupadores) de água nas edificações;
- *A21 = Medição individualizada de água em edifícios;

Há uma necessidade crescente de gerenciar os recursos hídricos de maneira sustentável, e a captação de águas pluviais tornou-se uma fonte cada vez mais importante de água. Os governos devem investir no empoderamento de indivíduos para enfrentar seus próprios desafios de abastecimento de água com essa tecnologia por meio do aumento da conscientização, incentivos e estratégias de suporte técnico e financeiro. Dismas, Mulungu & Mtalo (2018) identificaram que o custo de investimento inicial estava entre os motivos que impediram a implementação da captação de águas pluviais no município de Kinondoni (Tanzânia). Além disso, a falta de conhecimento das comunidades para enfrentar os desafios foi o principal fator que dificultou a adoção dessa tecnologia.

5.2.1.3 Ações Econômicas e Educacionais para o Gerenciamento da Demanda de Água

Na Figura 9, apresentam-se os resultados quanto à avaliação do consenso sobre a importância das ações econômicas e educacionais direcionadas ao município de Caruaru. Numa abordagem geral, as ações econômicas e educacionais são apontadas como muito importantes para o município de Caruaru, conforme o consenso entre os especialistas. Considerando que estas ações são estratégicas ao contribuir para a eficiência da gestão hídrica. Contudo, destaca-se que a *implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais*, exigem discussões aprofundadas, dada a divergências de respostas entre os especialistas, de onde se conclui que não houve consenso quanto a implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais em virtude da complexidade associada a esses instrumentos.

Figura 9 – Importância das ações econômicas e educacionais



Fonte: Autor

Legenda:

- *A22 = Implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais;
- *A23 = Aplicação de bônus/multa aos consumidores para redução do consumo de água;
- *A24 = Implantação de programas voltados para educação ambiental;
- *A25 = Divulgações de informações sobre a situação dos mananciais nas contas de água.

No que tange as ações educacionais, os resultados do estudo de caso de Hoy (2016) apontam que as estratégias de conservação da água devem se concentrar mais em fornecer conscientização sobre a redução do consumo e a economia de água, em vez de impor restrições ao uso, destacando a importância das campanhas educacionais. Neste contexto, diante do cenário de necessidade de uma gestão hídrica eficiente, a educação ambiental tornou-se uma ferramenta importante haja vista a necessidade de conscientizar a população para que se tornem atores atuantes e participativos na resolução desses problemas.

5.2.2 Avaliação da Viabilidade das Ações Propostas

Nesta fase, as ações foram avaliadas sob o ponto de vista de viabilidade de implantação no município de Caruaru, envolvendo aspectos técnicos, financeiros, entre outros. A Tabela 3 apresenta uma síntese dos resultados da primeira e segunda rodada do estudo Delphi sobre a viabilidade destas ações. Em linhas gerais, considerando que o consenso entre os especialistas é alcançado quando o intervalo interquartil (IQR) é no máximo 1, constatou-se que, para a primeira rodada, 16 dos itens no questionário sobre a viabilidade das ações propostas atingiram o consenso almejado.

Dentre as nove ações que não chegaram ao consenso na primeira rodada, 2 dessas alcançaram na segunda rodada, conforme a Tabela 3. Ademais, quando se observa o comportamento das ações A4, A13, A19, A24, entre as rodadas, nota-se uma evolução no processo de convergência das respostas ao diminuir ainda mais os intervalos entre os quartis, ratificando o consenso alcançado. Também foi observado a mesma ocorrência, entre as rodadas, para as ações A7, A8, A9, A10, A11, A12 e A18, embora o consenso não tenha sido atingido para estes.

A retroalimentação das respostas entre as rodadas permitiu aos especialistas uma reavaliação da nota atribuída individualmente, modificando-a quando desejado, conforme suas próprias convicções. Isto implicou dizer que, dentre as 25 ações propostas se verificou uma diminuição do desvio padrão das respostas, entre as rodadas, para 22 ações, demonstrando assim a alta concordância entre os especialistas. Exceto para as ações A5, A17 e A24, que tiveram seus valores para desvio padrão acrescidos após a primeira rodada.

De forma semelhante à avaliação de consenso do grau de importância das ações, foi verificado a estabilidade das respostas dos especialistas com base no coeficiente de variação (CV) e o p-valor para cada um dos itens (ações). Para o teste Wilcoxon, os resultados apontaram que houve pouca mudança nas respostas das duas rodadas consecutivas (rodadas 1 e 2).

Tabela 3 – Resultados da avaliação da viabilidade das ações propostas

Código da ação	Rodada 1 (n = 25)				Rodada 2 (n = 22)				CV	p-valor
	Média	95% IC	Desvio padrão	IQR	Média	95% IC	Desvio padrão	IQR		
A1 – V	4,3	4,05 – 4,55	0,645	1,00	4,4	4,09 – 4,51	0,510	1,00	-0,032	1,000
A2 – V	3,7	3,25 – 4,15	1,143	2,00	4,1	3,49 – 4,31	0,990	1,00	-0,055	0,149
A3 – V	4,1	3,79 – 4,41	0,790	2,00	4,1	3,89 – 4,51	0,750	1,00	-0,014	1,000
A4 – V	3,7	3,19 – 4,21	1,294	1,00	3,7	3,28 – 4,26	1,110	0,75	-0,033	0,098
A5 – V	4,3	4,08 – 4,52	0,569	1,00	4,6	4,16 – 4,64	0,581	1,00	-0,000	1,000
A6 – V	4,3	3,98 – 4,62	0,816	0,00	4,6	4,29 – 4,99	0,790	0,00	-0,006	NA
A7 – V	2,6	2,04 – 3,16	1,440	2,00	2,6	2,18 – 3,02	1,002	1,75	-0,168	0,182
A8 – V	3,8	3,43 – 4,17	0,943	2,00	4,1	3,73 – 4,47	0,883	1,75	-0,033	1,000
A9 – V	2,7	2,17 – 3,23	1,356	2,00	2,6	2,14 – 3,06	1,097	1,50	-0,080	0,174
A10 – V	3,1	2,54 – 3,66	1,428	2,00	3,1	2,59 – 3,62	1,232	1,75	-0,063	0,345
A11 – V	3,5	3,04 – 3,96	1,172	2,00	4,0	3,56 – 4,44	1,053	1,75	-0,072	0,371
A12 – V	4,2	3,84 – 4,56	0,926	1,00	4,3	3,83 – 4,57	0,894	1,00	-0,008	1,000
A13 – V	4	3,66 – 4,34	0,866	1,00	4,7	4,41 – 4,79	0,456	0,75	-0,117	0,089
A14 – V	3,9	3,53 – 4,28	0,957	1,00	4,6	4,16 – 4,64	0,581	1,00	-0,113	0,174
A15 – V	3,5	3,06 – 3,94	1,118	1,00	4,2	3,74 – 4,72	1,110	1,00	-0,011	1,000
A16 – V	4	3,70 – 4,31	0,779	1,00	4,4	4,00 – 4,60	0,727	1,00	-0,026	0,346
A17 – V	4,1	3,75 – 4,45	0,891	1,00	4,4	3,92 – 4,68	0,902	1,00	-0,007	1,000
A18 – V	3,2	2,77 – 3,63	1,091	2,00	4,0	3,58 – 4,42	0,999	1,75	-0,091	0,203
A19 – V	4	3,63 – 4,37	0,952	1,00	4,5	4,12 – 4,88	0,912	0,75	-0,035	0,346
A20 – V	4,3	4,02 – 4,58	0,707	1,00	4,8	4,42 – 4,78	0,429	0,00	-0,071	0,346
A21 – V	4,3	4,00 – 4,60	0,757	0,00	4,8	4,52 – 4,88	0,429	0,00	-0,085	0,371
A22 – V	3,4	2,96 – 3,84	1,115	2,00	3,4	2,96 – 3,84	1,046	2,00	-0,020	1,000
A23 – V	3,8	3,40 – 4,20	1,030	1,00	4,4	3,85 – 4,55	0,848	1,00	-0,069	0,850
A24 – V	4,4	4,13 – 4,67	0,700	1,00	4,7	4,20 – 4,80	0,727	0,75	0,002	NA
A25 – V	3,8	3,41 – 4,19	1	1,00	4,5	4,03 – 4,88	0,963	1,00	-0,016	0,371

Fonte: Autor (2018). Nota: adaptação de Brito, Eversm & Höllermann (2017).

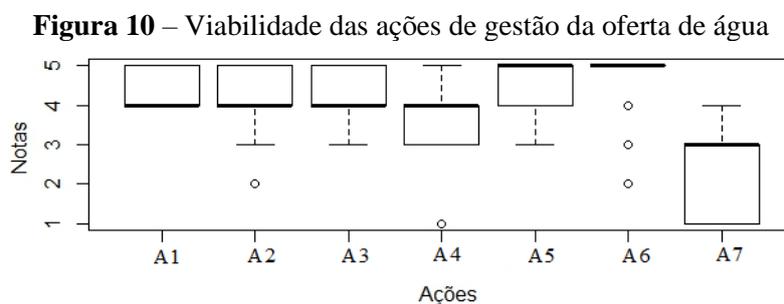
Notas: *IQR = Intervalo interquartil; *CV= Coeficiente de variação; *NA = Não disponível; *p valor obtido através do teste de postos sinalizados de Wilcoxon

Em síntese, a partir das informações apresentadas na Tabela 3, observou-se que não se encontrou um item (ação) pelo qual apontasse a realização de uma terceira rodada. Posto que, os p-valores obtidos foram maiores que 0,05 para o teste de Wilcoxon, logo, não houve diferença estatisticamente significativa nas respostas dos especialistas entre rodadas para todas as ações.

Ratifica-se que a estabilidade também foi alcançada ao considerar uma diferença do coeficiente de variação (CV), entre as rodadas, menor que 0,2 para todas as 25 ações, conforme mostra a Tabela 3. Com isto pôde-se concluir que não foram requeridas mais rodadas, e assim finalizada esta etapa.

5.2.2.1 Ações de Gerenciamento de Água pelo Lado da Oferta

Os resultados da avaliação do consenso sobre a viabilidade de implementação das ações de gerenciamento de água pelo lado da oferta foram apresentados por meio de gráficos *boxplots*, como mostra a Figura 10, conforme a escala de Likert de 5 pontos (**Viabilidade:** (1) = *Inviável para Caruaru* (2) = *Pouco viável* (3) = *Indiferente*; (4) = *Viável*; (5) = *Muito viável para Caruaru*).



Fonte: Autor

Legenda:

- *A1 = Ampliação do sistema de abastecimento de água;
- *A2 = Novos mananciais de abastecimento fora dos limites da cidade;
- *A3 = Implantação de racionamento ou rodízio;
- *A4 = Racionamento em períodos não caracterizados como de seca severa;
- *A5 = Implantação de projetos de conservação e revitalização de mananciais;
- *A6 = Implantação de projetos de conservação e revitalização do rio Ipojuca;
- *A7 = Implantação de sistemas de dessalinização.

Em suma, conforme os especialistas, a maioria das ações propostas de gestão da oferta de água apresentaram aspectos positivos, levando em consideração a implementação dessas ações no município. Salvo exceção para a *implantação de sistemas de dessalinização de água* (A7) o que implicou em pontos de vistas diferenciados entre os especialistas, posto a distribuição de tais respostas em quatro valores de forma bem

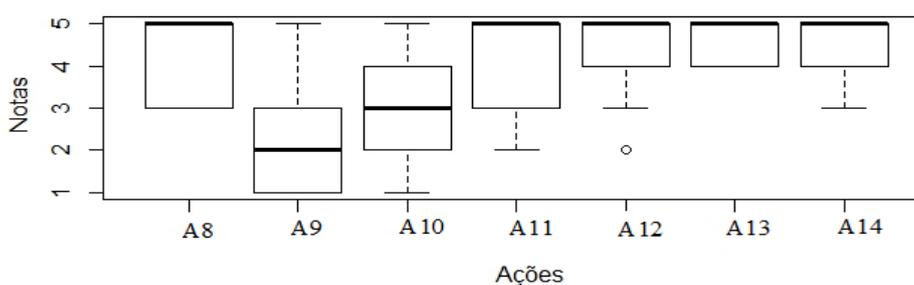
disseminada. Isto fez com que o intervalo entre os quartis aumentasse de tal forma que não foi possível a chegada de um consenso dentre os especialistas quanto à viabilidade de implementação no município em função de vários aspectos envolvidos, como a complexidade de manutenção desses sistemas, entre outros fatores.

Embora exista uma complexidade associada à captação de águas subterrâneas, ainda assim é uma alternativa para mitigar as questões negativas da escassez de água em regiões áridas e semiáridas. Alizadeh, Nikoo & Rakhshandehrou (2016) indicaram que a retirada total de água subterrânea após a aplicação dos cenários ideais de alocação foi reduzida em aproximadamente 56%, o que resultou na elevação do nível da água do aquífero Daryan, província de Fars, no Irã.

5.2.2.2 Ações Tecnológicas para o Gerenciamento da Demanda de Água

Paralelamente, seguem os resultados da avaliação do consenso sobre a viabilidade das ações tecnológicas em conformidade com a escala de Likert (**Viabilidade:** (1) = Inviável para Caruaru; (2) = Pouco viável; (3) = Indiferente; (4) = Viável; (5) = Muito viável para Caruaru. Em síntese, dentre as ações tecnológicas apresentadas na Figura 11 é visto que as quatro ações iniciais, conforme os gráficos, apresentaram divergências de respostas entre os especialistas quanto à implementação destas ações na região, reitera-se que para estas o consenso não foi alcançado posto que os intervalos entre os quartis assumiram um valor superior a 1.

Figura 11 – Viabilidade das ações tecnológicas A8 a A14



Fonte: Autor

Legenda:

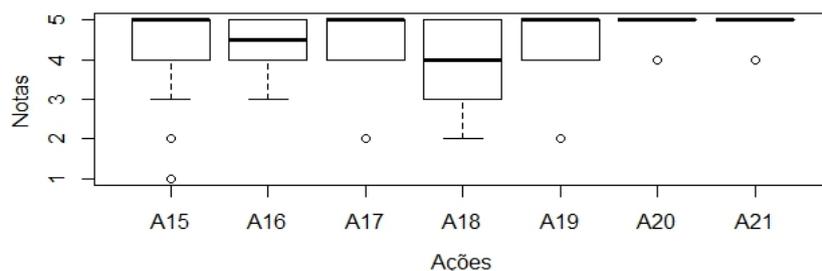
- *A8 = Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edificações;
- *A9 = Reúso de águas cinzas para fins potáveis em edificações;
- *A10 = Sistema de reúso de água acoplado ao sistema de abastecimento de água;
- *A11 = Uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos para fins agrícolas;
- *A12 = Tratamento de efluentes domésticos para lançamento nos corpos hídricos;
- *A13 = Implantação de programas de combate às perdas reais;
- *A14 = Implantação de programas de combate às perdas aparentes.

A avaliação da viabilidade das ações tecnológicas A8 a A14 apontou que o *reúso de águas cinzas para fins potáveis e não potáveis em edificações*, bem como *sistema de reúso de água acoplado ao de abastecimento de água e o uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos para fins agrícolas* ainda necessitam de maiores discussões a respeito de sua implementação no município. Em contrapartida, as demais ações foram consideradas muito viáveis quanto à sua implementação na localidade. Reitera-se que as ações foram avaliadas em função das características técnicas, econômicas e culturais.

Ferraz & Silva (2015) em seus resultados analisaram a viabilidade de implantação de um sistema de reúso de água em residências. O estudo se mostrou economicamente não favorável para residências onde o consumo de água foi inferior a 25 m³/mês, em contrapartida para valores acima deste, se tornou viável, tendo um retorno de investimento dentro de um período de 12 meses.

No que diz respeito ao controle de perdas nos sistemas de distribuição Jitonge & Jothityangkoon (2017) reforçaram que a setorização da área em que as operações de sistemas são controladas em tempo real auxilia na rápida detecção e localização de vazamentos, reduzindo as perdas de água. Posto que, em seu estudo a comparação dos resultados antes e após a implementação da setorização mostrou que a taxa de perda de água diminuiu de 34,55 para 30,87%. Demonstrando assim, que as medidas setorização reduzem significativamente os custos operacionais da produção de água.

Figura 12 – Viabilidade das ações tecnológicas A15 a A21 (continuação)



Fonte: Autor

Legenda:

- *A15 = Acompanhamento da qualidade da medição de hidrômetros;
- *A16 = Qualidade dos materiais/equipamentos e mão de obra para combater as perdas reais;
- *A17 = Implantação do controle de pressão na rede de distribuição de água;
- *A18 = Aproveitamento da água pluvial para fins potáveis nas edificações;
- *A19 = Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis nas edificações;
- *A20 = Instalação de aparelhos economizadores de água nas edificações;
- *A21 = Medição individualizada de água em edifícios.

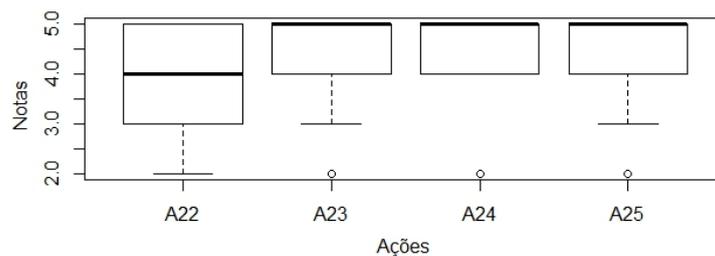
Conclui-se, conforme os especialistas, que o controle de perdas de água nos sistemas de abastecimento, o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, a instalação de aparelhos poupadores de água, bem como a medição individualizada de água em condomínios são consideradas ações viáveis de serem implementadas no município, mostrando-se como boas ferramentas de gestão hídrica. Entretanto, ressalta-se que embora a água de chuva seja uma alternativa para suprir usos específicos, não houve consenso entre os especialistas quanto ao aproveitamento de água pluvial para usos potáveis.

Ao discorrer sobre as ações tecnológicas citadas, Sousa (2017) apresentou os resultados do estudo da implantação de três alternativas tecnológicas no município de Caruaru, dentre as quais a implantação de equipamentos economizadores de água seria a alternativa mais indicada para a região de Caruaru.

No que tange a uma outra abordagem tecnológica de abastecimento de água, aponta-se que a implementação de sistemas de captação de água de chuva é sustentável e adequada para aplicações residenciais. Lade & Oloke (2015) demonstraram que tanto a economia de água quanto à monetária são possíveis a longo prazo, visto que o percentual máximo de demanda alcançado foi de 70,6%.

5.2.2.3 Ações Econômicas e Educacionais para o Gerenciamento da Demanda de Água

Quanto à avaliação da viabilidade da implantação de ações econômicas e educacionais em Caruaru, a Figura 13 demonstra os resultados da avaliação do consenso. De modo geral, as ações educacionais são pertinentemente possíveis de serem implementadas na localidade. Além disso, para as ações econômicas, especificamente a *aplicação de bônus e multa aos consumidores para incentivo de redução de consumo de água* mostrou-se, de mesmo modo, efetivamente viável. Contudo, os especialistas não chegaram a um consenso quanto à *implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais*, apontando a necessidade de maiores discussões em função da complexidade associada a esses instrumentos, particularmente a cobrança. Embora a cobrança esteja prevista na legislação federal e estadual de Pernambuco há vários anos, está ainda não está amplamente implementada. Estudos estão sendo desenvolvidos além das Consultas Públicas em todo o estado para o aprimoramento desse instrumento de gestão hídrica.

Figura 13 – Viabilidade das ações econômicas e educacionais

Fonte: Autor

Legenda:

- *A22 = Implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais;
- *A23 = Aplicação de bônus/multa aos consumidores para redução do consumo de água;
- *A24 = Implantação de programas voltados para educação ambiental;
- *A25 = Divulgações de informações sobre a situação dos mananciais nas contas de água.

5.2.3 Matriz de Respostas dos Especialistas

Para maiores detalhes dos resultados explorados, com base na segunda rodada Delphi, verificou-se as tendências das ações avaliadas relacionando à frequência das respostas dos respondentes que fizeram tal atribuição, onde os valores 1 e 2 corresponderam as tendências negativas enquanto que, maiores que 3, corresponderam às positivas e o valor exato 3 representou a tendência neutra, considerando a escala de Likert de 5 pontos.

Nas Tabelas 4 e 5, apresentam-se a verificação das tendências positivas e negativas quanto à importância e viabilidade das ações propostas. A partir dos resultados, foi estabelecido um *ranking* (Tabela 6 e 7) com base na escala de Likert para mensurar as respostas dos especialistas. Destaca-se que somente as ações que obtiveram o consenso nas avaliações de importância e viabilidade (ver Tabelas 4 e 5) foram consideradas.

Dentre as 25 ações de gestão da demanda e oferta de água propostas para aumentar a disponibilidade hídrica para Caruaru-PE, a avaliação por meio da técnica Delphi apontou que a *implantação de projetos de conservação e revitalização de mananciais* (A5) e a *implantação de programas de combate às perdas reais* (A13) são as alternativas mais importantes para a região, em seguida, as alternativas *ampliação do sistema de abastecimento de água* (A1), *implantação de projetos de conservação e revitalização do rio Ipojuca* (A19), o *aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis nas edificações* (A20) e a *instalação de aparelhos economizadores de água nas edificações* (A6) obtiveram o mesmo grau de importância.

Tabela 4 – Verificação das tendências quanto à importância das ações propostas

Ações	Tendências negativas		Neutra	Tendências positivas		Média	Consenso
	*1	*2	*3	*4	*5		
*A1	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	2(9,1%)	20(90,9%)	4,91	sim
*A2	0(0,0%)	0(0,0%)	2(9,1%)	7(31,8%)	13(59,1%)	4,50	sim
*A3	0(0,0%)	0(0,0%)	4(18,2%)	11(50,0%)	7(31,8%)	4,14	sim
*A4	1(4,5%)	0(0,0%)	7(31,8%)	9(40,9%)	5(22,7%)	3,77	sim
*A5	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	22(100,0%)	5,00	sim
*A6	0(0,0%)	0(0,0%)	1(4,5%)	0(0,0%)	21(95,5%)	4,91	sim
*A7	4(18,2%)	1(4,5%)	10(45,5%)	4(18,2%)	3(13,6%)	3,05	sim
*A8	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	4(18,2%)	18(81,8%)	4,82	sim
*A9	1(4,5%)	2(9,1%)	9(40,9%)	5(22,7%)	5(22,7%)	3,41	sim
*A10	0(0,0%)	1(4,5%)	2(9,1%)	7(31,8%)	12(54,5%)	4,36	sim
*A11	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	8(36,4%)	14(63,6%)	4,64	sim
*A12	0(0,0%)	0(0,0%)	1(4,5%)	1(4,5%)	20(90,9%)	4,86	sim
*A13	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	22(100%)	5,00	sim
*A14	0(0,0%)	0(0,0%)	1(4,5%)	4(18,2%)	17(77,3%)	4,73	sim
*A15	0(0,0%)	0(0,0%)	2(9,1%)	5(22,7%)	15(68,8%)	4,59	sim
*A16	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	3(13,6%)	19(86,4%)	4,86	sim
*A17	0(0,0%)	0(0,0%)	1(4,5%)	5(22,7%)	16(72,7%)	4,68	sim
*A18	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	8(36,4%)	14(63,6%)	4,64	sim
*A19	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	2(9,1%)	20(90,9%)	4,91	sim
*A20	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	2(9,1%)	20(90,9%)	4,91	sim
*A21	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	3(13,6%)	19(86,4%)	4,86	sim
*A22	0(0,0%)	1(4,5%)	5(22,7%)	4(18,2%)	12(54,5%)	4,23	não
*A23	0(0,0%)	2(9,1%)	1(4,5%)	7(31,8%)	12(54,5%)	4,32	sim
*A24	0(0,0%)	1(4,5%)	0(0,0%)	3(13,6%)	18(81,8%)	4,73	sim
*A25	1(4,5%)	0(0,0%)	3(13,6%)	4(18,2%)	14(63,6%)	4,36	sim

Legenda: *1 = Insignificante para Caruaru; *2 = Pouco importante; *3 = Indiferente; *4 = Importante; *5 = Muito importante para Caruaru; *A1 = Ampliação do sistema de abastecimento de água; *A2 = Novos mananciais de abastecimento fora dos limites da cidade; *A3 = Implantação de racionamento ou rodízio; *A4 = Racionamento em períodos não caracterizados como de seca severa; *A5 = Projetos de conservação e revitalização de mananciais; *A6 = Projetos de conservação e revitalização do rio Ipojuca; *A7 = Implantação de sistemas de dessalinização; *A8 = Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edificações; *A9 = Reúso de águas cinzas para fins potáveis em edificações; *A10 = Sistema de reúso de água acoplado ao sistema de abastecimento de água; *A11 = Uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos para fins agrícolas; *A12 = Tratamento de efluentes domésticos para lançamento nos corpos hídricos; *A13 = Implantação de programas de combate às perdas reais; *A14 = Implantação de programas de combate às perdas aparentes; *A15 = Acompanhamento da qualidade da medição de hidrômetros; *A16 = Qualidade dos materiais/equipamentos e mão de obra para combater as perdas reais; *A17 = Implantação do controle de pressão na rede de distribuição de água; *A18 = Aproveitamento da água pluvial para fins potáveis nas edificações; *A19 = Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis nas edificações; *A20 = Instalação de aparelhos economizadores de água nas edificações; *A21 = Medição individualizada de água em edifícios; *A22 = Implementação da outorga e cobrança pelo uso da água dos mananciais; *A23 = Aplicação de bônus/multa aos consumidores para redução do consumo de água; *A24 = Implantação de programas voltados para educação ambiental; *A25 = Divulgações de informações sobre a situação dos mananciais nas contas de água.

Tabela 5 – Verificação das tendências quanto à viabilidade das ações propostas

**Ações	Tendências negativas		Neutra	Tendências positivas		Média	Consenso
	*1	*2	*3	*4	*5		
*A1	0(0,0%)	1(4,5%)	0(0,0%)	11(50,0%)	10(45,5%)	4,36	sim
*A2	0(0,0%)	2(9,1%)	3(13,6%)	8(36,4%)	9(40,9%)	4,09	sim
*A3	0(0,0%)	0(0,0%)	5(22,7%)	10(45,5%)	7(31,8%)	4,09	sim
*A4	2(9,1%)	1(4,5%)	4(18,2%)	10(45,5%)	5(22,7%)	3,68	sim
*A5	0(0,0%)	0(0,0%)	1(4,5%)	6(27,3%)	15(68,2%)	4,64	sim
*A6	0(0,0%)	1(4,5%)	1(4,5%)	3(13,6%)	17(77,3%)	4,64	sim
*A7	7(31,8%)	4(18,2%)	9(40,9%)	2(9,1%)	0(0,0%)	2,6	não
*A8	0(0,0%)	0(0,0%)	7(31,8%)	4(18,2%)	11(50,0%)	4,1	não
*A9	6(27,3%)	10(45,5%)	3(13,6%)	2(9,1%)	1(4,5%)	2,6	não
*A10	3(13,6%)	4(18,2%)	7(31,8%)	4(18,2%)	4(18,2%)	3,1	não
*A11	0(0,0%)	2(9,1%)	4(18,2%)	4(18,2%)	12(54,5%)	4,0	não
*A12	0(0,0%)	1(4,5%)	3(13,6%)	6(27,3%)	12(54,5%)	4,32	sim
*A13	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	6(27,3%)	16(72,7%)	4,73	sim
*A14	0(0,0%)	0(0,0%)	1(4,5%)	6(27,3%)	15(68,2%)	4,64	sim
*A15	1(4,5%)	1(4,5%)	2(9,1%)	6(27,3%)	12(54,5%)	4,23	sim
*A16	0(0,0%)	0(0,0%)	3(13,6%)	8(36,4%)	11(50,0%)	4,36	sim
*A17	0(0,0%)	2(9,1%)	0(0,0%)	8(36,4%)	12(54,5%)	4,36	sim
*A18	0(0,0%)	2(9,1%)	4(18,2%)	8(36,4%)	8(36,4%)	4,0	não
*A19	0(0,0%)	2(9,1%)	0(0,0%)	4(18,2%)	16(72,7%)	4,45	sim
*A20	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	5(22,7%)	17(77,3%)	4,77	sim
*A21	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	5(22,7%)	17(77,3%)	4,77	sim
*A22	0(0,0%)	2(9,1%)	6(27,3%)	5(22,7%)	9(40,9%)	3,4	não
*A23	0(0,0%)	1(4,5%)	2(9,1%)	7(31,8%)	12(54,5%)	4,36	sim
*A24	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	6(27,3%)	16(72,7%)	4,73	sim
*A25	0(0,0%)	2(9,1%)	2(9,1%)	4(18,2%)	14(63,6%)	4,36	sim

Legenda: *1 = Inviável para Caruaru; *2 = Pouco viável; *3 = Indiferente; *4 = Viável; *5 = Muito viável para Caruaru. **Ações na forma de códigos (*A1 a *A25) equivalem as mesmas informações explanadas na Tabela 4).

Com relação à viabilidade das ações propostas, a *instalação de aparelhos economizadores de água nas edificações* (A20), a *medição individualizada de água em edifícios* (A21), a *implantação de programas de combate às perdas reais* (A13) e a *implantação de programas voltados para educação ambiental* (A24) foram apontadas pelos especialistas como as mais viáveis.

Tabela 6 – Ranking das tendências positivas em relação à importância das ações

Posição	Ação	Média	Desvio padrão
1	A5	5,00	0,00
2	A13	5,00	0,00
3	A1	4,91	0,29
4	A19	4,91	0,29
5	A20	4,91	0,29
6	A6	4,91	0,43
7	A16	4,86	0,35
8	A21	4,86	0,35
9	A12	4,86	0,47
10	A24	4,73	0,35
11	A14	4,73	0,55
12	A17	4,68	0,57
13	A15	4,59	0,67
14	A2	4,50	0,67
15	A25	4,36	1,05
16	A23	4,32	0,95
17	A3	4,14	0,71
18	A4	3,77	0,96

Fonte: Autor

Tabela 7 – Ranking das tendências positivas em relação à viabilidade das ações

Posição	Ação	Média	Desvio Padrão
1	A20	4,77	0,43
2	A21	4,77	0,43
3	A13	4,73	0,46
4	A24	4,73	0,73
5	A5	4,64	0,58
6	A14	4,64	0,58
7	A6	4,64	0,79
8	A19	4,45	0,91
9	A25	4,45	0,96
10	A1	4,36	0,51
11	A16	4,36	0,73
12	A23	4,36	0,85
13	A17	4,36	0,90
14	A12	4,32	0,89
15	A15	4,23	1,11
16	A3	4,09	0,75
17	A2	4,09	0,99
18	A4	3,68	1,11

Fonte: Autor

6 CONCLUSÕES

No município de Caruaru e região, a ocorrência de secas ao longo da história é algo recorrente e diversas medidas têm sido adotadas ao longo do tempo para suprir as necessidades de abastecimento de água para a população. Ressalta-se que Caruaru e região, nos últimos 6 anos (2012-2017), passaram pela pior seca já registrada. Como alternativa para combater períodos severos de estiagem, a maioria dos especialistas consultados nas entrevistas apontou o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF como uma solução sustentável para as próximas décadas. Porém, para que o projeto abasteça a região, destaca-se que é necessária a construção do Ramal do Agreste. Como medida alternativa a concretização das obras do PISF, os gestores optaram pela implantação de sistemas adutores cujas captações são as barragens de Serro Azul e Igarapé.

No cenário da escassez iminente de água, os planos baseados na gestão da oferta de água estão sujeitos a problemas de abastecimento. Assim, é necessário discutir outras estratégias para aumentar a disponibilidade hídrica atual e futura. Nesse contexto, o gerenciamento de demanda se mostra como uma alternativa importante, principalmente em uma região com baixa disponibilidade de água potável, como Caruaru, e conflitos pelo uso da água nas captações, que estão localizadas fora dos limites do município.

Dentre as 25 ações de gestão da demanda e oferta de água propostas para aumentar a disponibilidade hídrica para Caruaru-PE, a avaliação por meio da técnica Delphi apontou que os *projetos de conservação e revitalização de mananciais e de combate às perdas reais nos sistemas* são as alternativas mais importantes para a região, enquanto a *instalação de aparelhos economizadores de água nas edificações*, a *medição individualizada de água em edifícios*, os *programas de combate às perdas reais* e os *programas voltados para educação ambiental* foram apontadas pelos especialistas como os mais viáveis.

Em síntese, diante da necessidade de compatibilizar a quantidade de água limitada no semiárido de Pernambuco com os múltiplos usos, dentre os quais o abastecimento público de água potável tem prioridade, sugere-se a implementação de uma nova abordagem de gestão de recursos hídricos pautada em ações de gestão integrada voltadas tanto para oferta como para a demanda, com a finalidade de ampliação da eficiência no uso da água. Essas ações conjuntas possuem uma maior adaptabilidade frente à insegurança diante de estiagens prolongadas no Agreste de Pernambuco, bem como

fornece uma ampla estrutura para os governos alinharem os padrões de uso da água com as necessidades e demandas de diferentes usuários.

Este estudo tende a contribuir com pesquisas futuras da análise do abastecimento público do município de Caruaru e auxiliar na aplicação de um modelo de gestão integrada de oferta e demanda de água potável. Recomenda-se que os trabalhos futuros analisem quantitativamente as questões avaliadas, de modo a aprimorar mais a discussão sobre a caracterização do abastecimento público de água da cidade, que atualmente contém poucas informações históricas e técnicas no meio científico.

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H., BAPTISTA, J.M., JUNIOR, E.C., CUBILLO, F., DUARTE, P., HIRNER, W., MERKEL, W., PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**, 2 ed. London: IWA Publishing. p.312, 2006.
- ALIZADEH, M., NIKOO, M., RAKHSHANDEHROU, G. Developing an optimal groundwater allocation model considering stakeholder interactions; application of fallback bargaining models. **Iran-Water Resources Research**, v.11, n.3, p.43-56, 2016.
- ALMEIDA, M. A., CURI, W. F. Gestão do uso de água na bacia do rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.11, n.4, p.989-1005, 2016.
- ANA – Agência Nacional das Águas. **Sistema de Acompanhamento de Reservatórios**. Disponível em: <[http:// ana.gov.br/](http://ana.gov.br/)> Acesso em: 14 de agosto de 2018.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Bacias hidrográficas**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br>> Acesso em 25 de fevereiro de 2018.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Boletim de monitoramento de qualidade das águas dos reservatórios de Pernambuco**, n.4, p.10, 2018.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Monitor de secas no Nordeste do Brasil**. Disponível em:< <http://monitordesecas.ana.gov.br/>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2018.
- AZEVEDO-LOPES, F.W., DAVIES-COLLEY, R. J., VON SPERLING, E., MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. A water quality index for recreation in Brazilian freshwaters. **Journal of Water and Health**, v. 14, p. 243-254, 2016.
- BALFAQIH, H., AL-NORY, M.T., NOPIAH, Z. M., SAIBANI, N. Environmental and economic performance assessment of desalination supply chain, **Desalination**, v. 406, p. 2-8, 2016.
- BARBOSA, I. B. R., CIRILO, J. Contribuição média de fósforo em reservatório de abastecimento de água - parte 1. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 39-46, 2015.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BELMEZITI, A.; COUTARD, O.; DE GOUELLO, B. How much drinking water can be saved by using rainwater harvesting on a large urban area? Application to Paris Agglomeration. **Water Science and Technology**, 2014 (In Press, Uncorrected Proof, Available online 14 June 2014).
- BOTEQUILHA-LEITÃO, A. Eco-polycentric urban systems: an ecological region perspective for network cities. **Challenges**, n.3, p.1-42, 2012.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 305p, 2004.
- BRITO, M. M., EVERS, M., HÖLLERMANN, B. Prioritization of flood vulnerability, coping capacity and exposure indicators through the Delphi technique: A case study in

Taquari-Antas basin, Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v.24, p.119-128, 2017.

BRITO, S. S. B., CUNHA, A. P. M. A., CUNNINGHAM, C. C., ALVALÁ, R. C., MARENGO, J. A., CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International journal of climatology**, v. 38, p. 517-529, 2017.

BRUNT, H., BARNES, J., LONGHURST, J., SCALLY, G., HAYES, E. T. Enhancing local air quality management to maximise public health integration, collaboration and impact in Wales, UK: A Delphi study. **Environmental Science & Policy**, v.80, p.105-116, 2018.

CAMBRAINHA, G. M. G. **Modelo para decisões estratégicas em abastecimento de água no agreste de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE. 67p, 2015.

CHEN, C., JIANG, H. Important skills for data scientists in China: two delphi studies. **Journal of Computer Information Systems**, p.10, 2018.

CUNHA, J. A. C. **Avaliação de desempenho e eficiência em organizações de saúde: um estudo em hospitais filantrópicos**. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 233p, 2011.

DALKEY, N., HELMER, O. An experimental application of the delphi method to the use of experts. **Management Science**, v. 9, p. 458- 467, 1963.

DISMAS, J., MULUNGU, D. M.M., MTALO, F. W. Advancing rainwater harvesting as a strategy to improve water access in Kinondoni municipality, Tanzania. **Water Science & Technology: Water Supply**, v.18 n.3, p.745-756, 2018.

DRECHSEL, P., MAHJOUR, O., KERAITA, B. Social and cultural dimensions in wastewater use. In: **Wastewater**. (Drechsel, P., Qadir, M. & Wichelns, D., eds). Springer, Dordrecht, the Netherlands, p.75-92, 2015.

ELMEDDAHI, Y., MAHMOUDI, H., ISSAADI, A., GOOSEN, F.A. Analysis of treated wastewater and feasibility for reuse in irrigation: a case study from Chlef, Algeria. **Desalination and Water Treatment**, v.57, n.12, p.5222-5231, 2015.

ESPIÑEIRA, M. R., VALIÑAS, G. M. A. Adopting versus adapting: Adoption of watersaving technology versus water conservation habits in Spain. **International Journal of Water Resources Development**, v. 29, p. 400-414, 2013.

FERNANDEZ, G. J. P. A metodologia delphi como ferramenta de apoio na gestão de destino turísticos. **Revista turismo & desenvolvimento**, n. 21/22, p.129-131, 2014.

FERRAZ, M.F.A.; SILVA, E. M. **Estudo de viabilidade de um sistema de tratamento para reutilização de água em finalidades domiciliares diversas**. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET), v. 19, n. 3, p. 702-712, 2015

FETTERMANN, D. C.; GUERRA, K. C.; MANO, A. P.; MARODIN, G. A. Uma sistemática para detecção de fraudes em empresas de abastecimento de água. **Interciencia**. V.40, n.2, p.114-120, 2015.

FIDAR, A. M, MEMON, F.A., D. BUTLER. Performance evaluation of conventional and water saving taps. **Science of the Total Environment**, v. 541, p.815-824, 2016.

- FISCHER-JEFFES, L. N. **The viability of Rainwater and stormwater harvesting in the residential areas of the Liesbeek River Catchment, Cap Town.** 340 f. Thesis, (Doctoral in Civil Engineering) – University of Cape Town, Cape Town, 2015.
- GHISI, E., THIVES, L. P., PAES, F.R.W. Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in a building in Brazil. **Water Science and Technology: Water Supply**, v.18, n.4, p. 1497-1504, 2017.
- GLEICK, P.H.; HEBERGER, M. **Water conflict chronology.** In: The world's water volume 8: the biennial report on freshwater resources. p.173-219, 2014. Island Press/Center for Resource Economics, Washington DC.
- GRACHT, H.A.V. D. Consensus measurement in delphi studies: review and implications for future quality assurance. **Technological forecasting and social change**, v. 79, n. 8, p. 1525-1536, 2012.
- GUEDES, M. J. F., RIBEIRO, M. M. R., VIEIRA, Z. M. C. L. Alternativas de gerenciamento da demanda de água na escala de uma cidade. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 51-62, 2014.
- HALLOWELL, M., R. **A formal model of construction safety and health risk management.** PhD dissertation (Doctor of Philosophy in Engineering) - Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA, p.337, 2008.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. DE. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
- HOQUE, S. F. Water conservation in urban households: roles of prices, policies and technologies. **IWA Publishing**, University of Leeds, UK, p.156, 2014.
- HOY, L., STELLI, S. Water conservation education as a tool to empower water users to reduce water use. **Water Science and Technology: Water Supply**, v.16, p.202-207, 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de Julho de 2017.
- INMAN, D., JEFFREY, P. A review of residential demand-side tool performance and influences on implementation effectiveness. **Urban Water Journal**, v.3, n.3, p.127-143, 2007.
- JABORNIG, S. Overview and feasibility of advanced grey water treatment systems for single households. **Urban Water Journal**, v. 11, n. 5, p.361-369, 2014.
- JITONG, T., JOTHITYANGKON, C. Reducing water loss in a water supply system using a district metering area (DMA): a case study of the Provincial Waterworks Authority (PWA), Lop Buri Branch. **Engineering and Applied Science Research**, v.44, n.3, p.154-160, 2017.
- KALAIAN, S. A., KASIM, R. M. Terminating sequential delphi survey data collection. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, v. 17, n. 5, 2012.
- KANAKOUDIS, V., GONELAS, K. Non-revenue water reduction through pressure management in Kozani's water distribution network: from theory to practice. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 25, 2015.
- KANAKOUDIS, V.; Tsitsifli,S.; Demetriou.G. Applying an integrated methodology toward nonrevenue water reduction: the case of Nicosia, Cyprus. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, Iss.25, 2015.

- KARTHE, D., REEH, T., WALTHER, M., NIEMANN, S., SIEGMUND, A. School-based environmental education in the context of a research and development project on integrated water resources management: experiences from Mongolia. **Environmental Earth Sciences**, v.75, n.1208, 2016.
- KAYO E. K.; SECURATO J. R. **Método Delphi: fundamentos, críticas e vieses**. Caderno de Pesquisa em Administração, São Paulo, v.1, n.4, p. 51-61. 1997.
- LADE, O., OLOKE, D. Modelling rainwater system harvesting in Ibadan, Nigeria: application to a residential apartment. **American Journal of Civil Engineering and Architecture**, v.3, n.3, p.86-100, 2015.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v.22, n.140, p.1-55, 1932.
- LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The delphi method: techniques and applications**. Boston, MA: Addison-Wesley. 1975.
- LUNDQVIST, J., APPASAMY, P., NELLIYAT, P. Dimensions and approaches for third world city water security. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, London, v.358, n.1440, p.1985-1996. 2003.
- MARENGO, J.A., TORRES, R. R., ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil- past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v.129, n.3/4, p.1189-1200, 2017.
- MARINHO, M., GONÇALVES, M., KIPERSTOK, M.A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, v.62, p.98-106, 2014.
- MARINOSKI, A. K., RUPP, R. F., GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal of Environmental Management**, v.206, p.28-39, 2017.
- MARIOTTONI, C. A., CANADA, C. B. S. Aplicação do método delphi na prática de serviços ambientais em mananciais. **Revista DAE**, v. 66, n.209, p.126-133, 2017.
- MARSAM, A. D. The students' perceptions on the factors that motivate them to participate in accounting class. **Universiti Teknologi MARA (UiTM)**, 2000.
- MAY, P. H.; VINHA, V. Adaptation to climate change in Brazil: The role of private investment. **Estudos Avançados [online]**. v.26, n.74, p.229-246, 2012.
- MAYOR, B., CASADO, R. R., LANDETA, J., LÓPEZ-GUNN, E., VILLARROYA, F. An expert outlook on water security and water for energy trends to 2030–2050. **Water Policy**, v.18, n.1, p.1-18, 2016.
- MEIJERINGA, J.V., TOBIA, H., KERN, K. Defining and measuring urban sustainability in Europe: a delphi study on identifying its most relevant components. **Ecological Indicators**, v.90, p.38-46, 2018.
- MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de modelo analítico e aplicação na bacia do rio das velhas, Minas Gerais**. Tese (Doutor em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 495p, 2016.
- MORALES-PINZON, T., LURUENA, R., RIERADEVALL, J., GASOL, C.M., GABARREL, X. Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: a case study in Spain. **Resources, Conservation and Recycling**, v.69, p.130-140, 2012.

- MOURA, E. C.C.; CALIRI, M. H.L. Simulação para desenvolvimento da competência clínica de avaliação de risco para úlcera por pressão. **Acta Paul Enferm**, São Paulo, v.26, n.4, p.369 -75, 2013.
- MOUSAVI, S.J.; ANZAB, N. R.; ASL-ROUSTA, B.; KIM J. H. Multiobjective optimization-simulation for reliability-based interbasin water allocation. **Water Resources Management**, v.31, n.11, p.3445-3464, 2017.
- OBARA, A. T.; KOVALSKI, M. L.; REGINA, V. B.; RIVA, P. B.; HIDALGO, M. R.; GALVÃO, C. B.; TAKAHASHI, B. T. Environmental education for sustainable management of the basins of the rivers Pirapó, Paranapanema III and Parapanema Iv. **Brazilian Journal of biology**. São Carlos, v. 75, n. 4, supl. 2, p. 137-147, 2015.
- OLIVEIRA, J. S. P.; COSTA, M.M.; WILLE, M. F. C.; MARCHIORI, P. Z. **Introdução ao método delphi**. Curitiba: Mundo Material, 2008.
- PERNAMBUCO. Lei nº 11.426, de 17 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Assembleia Legislativa de Pernambuco**, Recife, 17 de jan 1997.
- POFF, N.L., BROWN, C.M., GRANTHAM, T.E., MATTHEWS, J.H., PALMER, M.A., SPENCE, C.M., WILBY, R.L., HAASNOOT, M., MENDOZA, G.F., DOMINIQUE, K.C., BAEZA, A. Sustainable water management under future uncertainty with eco-engineering decision scaling. **Nature Climate Change**, v.6, n.1, p.25-34, 2016.
- REY, D., BLANCO, C. D. P., BOU, A. E., GIRARD., VELDKAMP, T.I.E. Role of economic instruments in water allocation reform: lessons from Europe, **International Journal of Water Resources Development**. p.1-34, 2017.
- SAHIN, O., STEWART R. A., HELFER, F. Bridging the water supply–demand gap in Australia: coupling water demand efficiency with rain-independent desalination supply. **Water Resources Management**, v.29, n.2, p.253-272, 2015.
- SANTOS, A., VIDOTTO, L. S., GIUBLIN, C. R. A utilização do método delphi em pesquisas na área da gestão da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 51-59, 2005.
- SÃO PAULO (Estado). Resolução conjunta ses/sma/ssrh nº 01, de 28 de junho de 2017. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de estações de tratamento de esgoto sanitário e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado, seção I, p. 41-42.
- SAVENIJE, H., ZAAG, P. Water as an economic good and demand management: paradigms with pitfalls. **Water International**, v.27, n. 1, p.98 -104, 2002.
- SHARMA, S. K., VAIRAVAMOORTHY, K. Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries. **Water and Environmental Journal**, n 23, n.3, p.210-218, 2009.
- SILVA, J.K., NUNES, L. G. C. F., SOARES, A.E. P., SILVA, S.R. Assessment of water-saving equipment to support the urban management of water. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 22, e 44, 2017.
- SLAVÍKOVÁ, L., VOJÁČEK, O., SMEJKAL, T. Artificial shortage of surface water: how can water demand management mitigate the scarcity problem?. **Water and Environment Journal**, v.31, p.12-19, 2016.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2016**, Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. p. 212, 2017.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série histórica**, Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2018.

SOUSA, L. C. O. **Gestão da demanda de água no agreste Pernambucano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 88p, 2017.

TORTAJADA, C., JOSHI, Y. K., Water quality management in Singapore: the role of institutions, laws and regulations. **Hydrological Sciences Journal**, v.59, n.9, p.1763 - 1774, 2014.

UN – United Nations. World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. **Department of Economic and Social Affairs, Population Division**. 2017, Working Paper No. ESA/P/WP/248.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **The United Nations World Water Development Report 2016**. Water and employment facts and figures, Paris, 12p, 2016

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **The United Nations World Water Development Report 2017**. Wastewater: The untapped resource, Paris: WWDR. 198 p, 2017.

WANG, X.-J.; ZHANG, J. -Y.; SHAHID, S.; GUAN, E.-H.; WU, Y.-X.; GAO, J.; HE, R.-M. Adaptation to climate change impacts on water demand. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.21, n.1, p.81-99, 2014.

WRIGHT J. T. C.; GIOVINAZZO R. A. Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. Ensaio: **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 01, n. 12, p. 54-65, 2000.

XIAO, Y. **Basin-wide Water Demand Management: Transfers and Compensation among Competing Users**. Thesis (Doctor of Philosophy in Systems Design Engineering) - University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 145p, 2017.

XIAO, Y., HIPEL, K. W., FANG, L. Incorporating water demand management into a cooperative water allocation framework. **Water Resources Management**, v.30, n.9, p. 2997 - 3012, 2016.

XIN, K., LI, F., TAO, T., XIANG, N., YIN, Z. Water losses investigation and evaluation in water distribution system - the case of SA city in China. **Urban Water Journal**, v. 12, n.5, p.430 - 439, 2015.

YASAMIS-SPERONI, F., LEE, D. E., ARDITI, D. Evaluating the quality performance of pavement contractors. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.138, n.10, p1114 -1124, 2012.

YOUSUF, M. I. Using experts' opinions through delphi technique. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, v. 12, n. 4, p.1-8, 2007.

ZANGENEHMADAR, Z., MOSELHI, O. Prioritizing deterioration factors of water pipelines using Delphi method. **Measurement**, v. 90, p.491-499, 2016.

ZIOLKOWSKA, J.R. Is desalination affordable? - regional cost and price analysis. **Water Resources Management**, v.29, n.5, p.1385 - 1397, 2015.

ZITZKE, V. A. Educação ambiental e ecodesenvolvimento. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 9, 2002.

APÊNDICE A – Modelo de questionário aplicado na 2ª rodada Delphi

Importância: (1) = Insignificante; (2) = Pouco importante; (3) = Indiferente; (4) = Importante; 5 = Muito importante

Importância	1ª RODADA			
	Resultado: Estatística descritiva das notas			
	Resposta especialista: ___ = ()	Moda = ()	Média = ()	Desvio padrão = ()
	2ª RODADA			
	Mudança de resposta: ()	Justificativa da resposta*		

Obs: *Caso a resposta permaneça a mesma, fica a critério do especialista justificar quando sua nota for muito discrepante da moda.

Viabilidade: (1) = Inviável para Caruaru; (2) = Pouco viável; (3) = Indiferente; (4) = Viável; (5) = Muito viável para Caruaru

Viabilidade	1ª RODADA			
	Resultado: Estatística descritiva das notas			
	Resposta especialista x : = ()	Moda = ()	Média = ()	Desvio Padrão = ()
	2ª RODADA			
	Mudança de resposta: ()	Justificativa da resposta*		

Obs: *Caso a resposta permaneça a mesma, fica a critério do especialista justificar quando sua nota for muito discrepante da moda