

O EXEMPLO DE ISRAEL: TÉCNICAS PARA O COMBATE À SECA NO ESTADO DO CEARÁ

THE ISRAEL EXAMPLE: TECHNIQUES TO FIGHT AGAINST THE DROUGHT IN THE STATE OF CEARÁ

EL EJEMPLO DE ISRAEL: TÉCNICAS PARA EL COMBATE A LA SEQUÍA EN EL ESTADO DE CEARÁ

David Lopes de Sousa¹
Rafael Brito Aguiar de Araújo²
Ticiano Marinho de Carvalho Studart³

Resumo

A diversificação das matrizes de consumo de água se torna cada vez mais necessária, à medida que a crescente demanda de água traz consigo a necessidade de novas técnicas para obtenção e armazenamento deste recurso. Em busca de soluções que possam ajudar na diversificação dos usos da água no setor hídrico do estado do Ceará, realizou-se, neste trabalho, um levantamento das principais soluções para obtenção e armazenamento de água em Israel, um país que apresenta, em grande parte do território, clima predominantemente árido. Israel pode ser considerado como referência mundial na gestão de recursos hídricos, pois aplica diferentes estratégias para lidar com as secas severas que atingem o país. Entre elas, estão a obtenção de água potável através da dessalinização de água do mar e de águas subterrâneas salobras, e a coleta e o tratamento do esgoto para reutilização. A análise dos diferentes métodos aplicados em Israel e no Ceará para contornar secas mostra que, enquanto nas últimas décadas o estado brasileiro investiu na construção de reservatórios interanuais, o país israelense focou no desenvolvimento de fontes não convencionais de água. Para Ceará, o exemplo de Israel pode servir de estímulo para alavancar o desenvolvimento de novas fontes de água, seja por meio da dessalinização ou pela reutilização de águas residuais tratadas.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos; reutilização de águas residuais; dessalinização; Ceará; Israel.

Abstract

Water consumption matrices diversification becomes increasingly necessary as the growing demand for water brings with it the need to implement new techniques for obtaining and storing this resource. In search of new solutions that can help to diversify water usages in the water sector of the state of Ceará, this work carried out a survey of the main solutions for obtaining and storing water in Israel, whose territory is predominantly arid climate. Israel can be considered a world reference in water resources' management, applying different strategies to deal with the severe droughts that hit the country. These include obtaining drinking water through seawater desalination and brackish groundwater, also by sewage's collection and treatment for reuse. The analysis of the different methods applied in Israel and Ceará to avoid droughts shows that, while in the last decades the Brazilian state invested in the construction of interannual reservoirs, the Israeli country focused on the development of unconventional sources of water, provided by the desalination and reuse of treated water. For the Ceará model, the example of Israel can serve as a stimulus to leverage the development of new sources of water, either through desalination or through the reuse of treated wastewater.

Keywords: water resource management; wastewater reuse; desalination; Ceará; Israel.

Resumen

¹ E-mail: david.lopes2@hotmail.com

² Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) – UFC. E-mail: rafaelbritodm@hotmail.com

³ Professora Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. Doutorado em Engenharia Civil - UFC (2020) e Pós-Doutorado no Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (2018-2019). E-mail: ticianastudart2010@gmail.com

La diversificación de las matrices de consumo de agua se hace cada vez más necesaria, en la medida que la creciente demanda de agua genera la necesidad de nuevas técnicas para la obtención y almacenamiento de ese recurso. Buscando soluciones que puedan colaborar para la diversificación de los usos del agua en el sector hídrico del estado de Ceará, se realizó, en este trabajo, una revisión de las principales soluciones para la obtención y almacenamiento de agua en Israel, país que presenta, en gran parte de su territorio, clima predominantemente árido. Israel puede ser considerado referencia mundial en la gestión de recursos hídricos, pues usa diferentes estrategias para enfrentar las sequías severas que afectan el país. Entre ellas, está la obtención de agua potable por medio de la desalinización del agua del mar y de aguas subterráneas salobres, y la recolección y tratamiento de aguas servidas para reutilización. El análisis de los diferentes métodos aplicados en Israel y en Ceará para superar la sequía muestra que, mientras en las últimas décadas el estado brasileño hizo inversiones en la construcción de reservorios interanuales, el país israelí se centró en el desarrollo de fuentes no convencionales de agua. Para Ceará, el ejemplo de Israel puede servir de estímulo para apoyar el desarrollo de nuevas fuentes de agua, tanto por desalinización como por reutilización de aguas residuales tratadas.

Palabras-clave: gestión de recursos hídricos; reutilización de aguas residuales; desalinización; Ceará; Israel.

1 Introdução

A tendência crescente da demanda de água faz com que sejam cada vez mais necessárias novas técnicas para a obtenção e armazenamento deste recurso. Somado a isso, regiões áridas que apresentam grandes flutuações climáticas estão sempre sujeitas a passar por grandes períodos de seca, o que reforça a necessidade de estabelecer estratégias para combater a falta de água em áreas mais vulneráveis.

Em relação aos aspectos climáticos e populacionais, o estado brasileiro do Ceará se assemelha a Israel, ambos com populações estimadas próximas aos 9 milhões de habitantes (MARIN *et al.*, 2017; IBGE, 2020) e clima semiárido predominante em seus territórios. Apesar disso, os locais diferem quanto aos métodos utilizados para contornar possíveis crises no setor hídrico. Enquanto o Ceará investe em um grande número de reservatórios de armazenamento, Israel se dedica fortemente a desenvolver novas fontes de água por meio de dessalinização e tratamento de esgoto.

Os reservatórios são as principais obras de infraestrutura responsáveis pela manutenção hídrica do Ceará (RABELO; LIMA, 2018). A Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) monitora 155 reservatórios estratégicos espalhados pelo estado, o que revela a importância destas estruturas. Além disso, um estudo levantado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) mapeou, em 2013, mais de 28.195 açudes e lagoas com área mínima de 0,3 hectare. Novos levantamentos realizados pela fundação apontam que esse número pode ser ainda maior, o que evidencia o investimento do estado e dos povos locais neste método de manutenção de água.

O setor de águas de Israel difere daquele estabelecido no Ceará. A maior parte da água potável de Israel é fornecida de fontes subterráneas ou de usinas de dessalinização (água do mar ou água salobra) e, após o uso, aproximadamente 90% da água é tratada e recuperada para uso

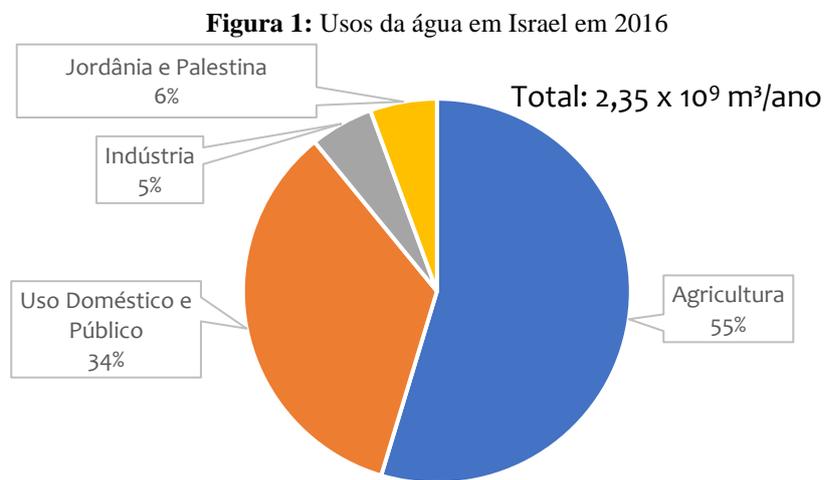
agrícola (LAVEE; BAHAR, 2017). Deste modo, Israel, além de se colocar como o país com maior índice de reciclagem de água do mundo, abriga as maiores usinas de dessalinização de água do mar, além de investir em técnicas de irrigação mais eficientes, como a irrigação por gotejamento.

Este artigo tem como objetivo relacionar as características do setor hídrico do Ceará e de Israel e confrontar as diferentes estratégias adotadas no combate à seca, examinando os prós e contras de cada técnica adotada, de modo que seja possível apontar melhorias neste setor para as duas regiões.

2 Setor hídrico de israel

2.1 Usos da água

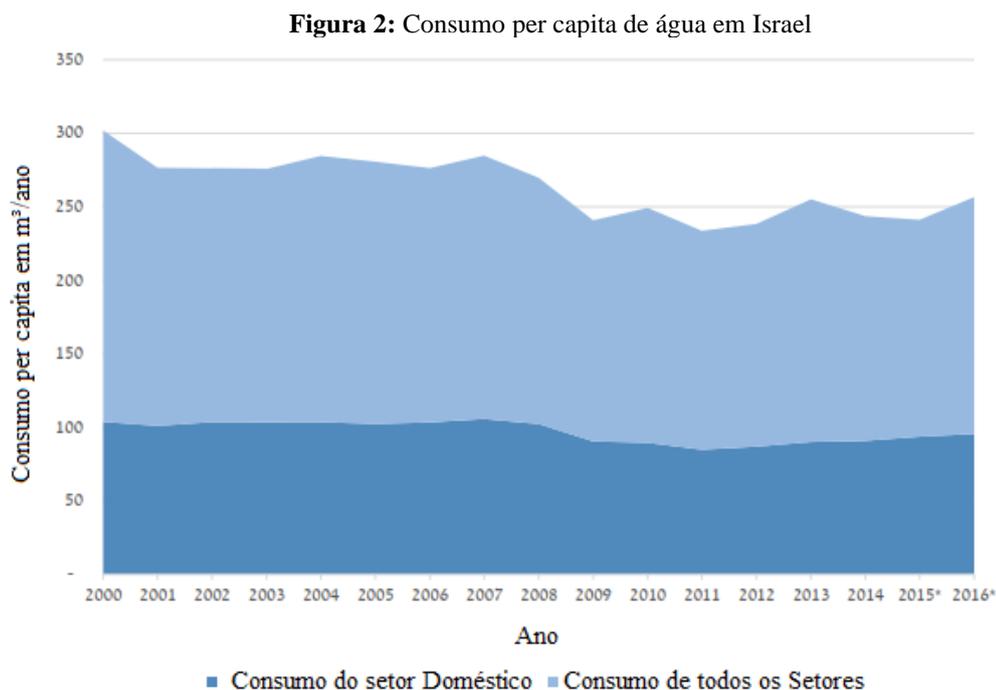
De acordo com o relatório de 2018 do Centro de Pesquisa e Informação do Knesset, parlamento israelense, e da autoridade governamental de águas e esgoto de Israel (Israel Water Authority - IWA), o consumo total de água em 2016 foi de 2,35 bilhões de metros cúbicos, cuja maior parte, 1,28 bilhões de metros cúbicos, foi destinada ao setor da agricultura, como mostra o gráfico apresentado na Figura 1.



Fonte: KNESSET (2018)

Uma revisão nos dados plurianuais indica que o consumo de água em Israel (desconsiderando as transferências para a Jordânia e Palestina) cresceu 26% entre 1993 e 2016. O crescimento mais notório foi no setor de uso doméstico e público, que aumentou em 43% neste período (KNESSET, 2018). Apesar de o aumento neste setor ser considerável, o consumo

per capita doméstico tem se apresentado estável nos últimos anos, intensificando-se apenas nas poucas regiões onde a infraestrutura de distribuição de água ainda não estava estabelecida (PORTNOV; MEIR, 2008). Deste modo, o aumento populacional neste período foi o responsável pelo acréscimo do consumo neste setor. A Figura 2 apresenta a evolução do uso per capita em Israel.



Fonte: KNESSET (2018)

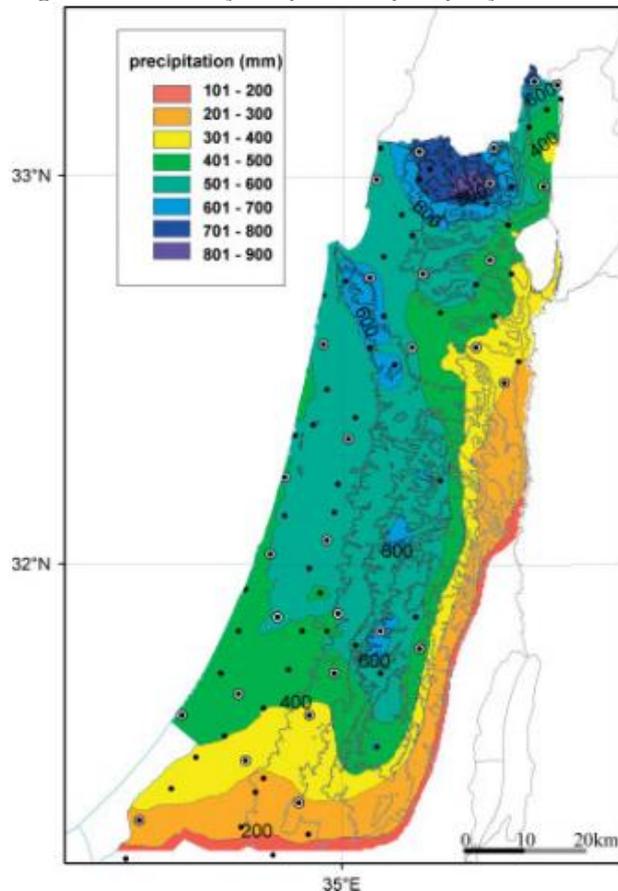
A Figura 2 mostra que o consumo per capita de água no setor doméstico, que inclui também as instituições públicas, permaneceu constante em um valor próximo a 100 m³/ano. Quanto ao consumo per capita de todos os setores, percebe-se que Israel, apesar de ter boa parte de seu território com clima árido, alcança valores relativamente altos, mesmo com a tendência de pequena queda na última década, como mostra o gráfico. Em 2016, o consumo per capita anual revelado pela IWA foi de 257 m³/ano, muito superior ao de países próximos e de condições climáticas semelhantes, como a Jordânia, com valores estimados próximos a 100 m³/ano (JIRIES, 2011). Esses dados sugerem que Israel têm tido sucesso na implementação de instrumentos de luta contra a seca.

2.2 Fontes de água em Israel

2.2.1 Precipitação

A estação das chuvas na costa sudeste do Mar Mediterrâneo, onde se situa Israel, se estende de setembro a maio. As quantidades mais significativas são observadas durante a estação fria, isto é, dezembro-janeiro-fevereiro, e estão associadas a ciclones mediterrâneos (ROSTKIER-EDELSTEIN *et al.*, 2015). De acordo com a IWA, 75% das chuvas caem ao longo desses três meses e pode-se notar uma grande diferença no total precipitado entre as regiões mais ao norte e as regiões ao sul, onde a precipitação média anual decresce à medida que se viaja para o sul do país. Essa diminuição, que ocorre devido à transição de um regime mediterrâneo para um árido, também ocorre na direção oeste-leste, devido ao aumento da distância do Mar Mediterrâneo como fonte de humidade e um aumento da elevação devido à orografia (SAARONI *et al.*, 2009). A Figura 3 apresenta a distribuição espacial das chuvas em Israel.

Figura 3: Distribuição espacial da precipitação em Israel



Fonte: Saaroni *et al.* (2009)

De acordo com a IWA, o volume médio de chuva em Israel é de cerca de 7 bilhões de metros cúbicos por ano. Desse montante, menos de 2 bilhões são efetivamente coletados em reservatórios de água superficial e subterrânea e podem ser utilizados. De modo geral, cerca de

70% da chuva retorna à atmosfera por evaporação, seja diretamente do solo ou da vegetação, cerca de 5% flui nos rios e cerca de 25% escoam para as águas subterrâneas, variando a proporção de região para região em Israel.

2.2.2 Fontes naturais de água

O Mar da Galileia, o maior lago de água doce de Israel, serve como reservatório operacional e fonte de abastecimento para o sistema nacional de água. Para fins operacionais, foi atribuído um nível máximo de 209 metros abaixo do nível do mar, de modo a evitar inundações ao redor do lago, e um nível mínimo de 214,87 metros abaixo do nível do mar, ponto no qual o bombeamento é proibido devido a preocupações com danos à qualidade da água e ao ecossistema (SIEGEL, 2015). A Bacia Kinneret compõe todos os reservatórios subterrâneos e rios que fluem para o Mar da Galileia.

O Aquífero Costeiro é um reservatório de água subterrânea raso que se estende por toda a extensão da planície costeira israelense, do Monte Carmelo no norte até a Faixa de Gaza no sul. A oeste, a água doce do Aquífero Costeiro confina com a água salgada do Mar Mediterrâneo; como resultado, o bombeamento excessivo do aquífero pode reduzir o gradiente hidráulico e, assim, permitir a intrusão de água salgada nos poços. A baixa profundidade desse aquífero facilita o seu aproveitamento, mas, ao mesmo tempo, o torna mais suscetível a contaminação. A contribuição anual do Aquífero Costeiro para o setor de águas de Israel é em torno de 250 a 300 milhões de metros cúbicos de água por ano (KISLEV, 2001).

O Aquífero da Montanha (bacia Yarkon-Taninim) fica entre a cordilheira da Judéia e Samaria a leste e a costa mediterrânea a oeste. Ao norte, o aquífero confina com o Vale de Jezreel e com as margens das encostas meridionais do Monte Carmelo. No sul, a bacia faz fronteira com o Sinai. A porção ocidental da bacia Yarkon-Taninim fica abaixo do Aquífero Costeiro, e os dois são separados por rochas impermeáveis. A água dessa bacia é de boa qualidade, o que faz com que essa seja amplamente utilizada por centenas de poços espalhados ao longo da cadeia montanhosa. A produção anual varia em torno de 304 a 484 milhões de metros cúbicos por ano (KNESSET, 2018).

2.2.3 Fontes artificiais de água

Israel pode ser considerado como uma referência mundial na gestão de recursos hídricos, aplicando diferentes estratégias para lidar com as secas severas que atingem o país (MARGONINSKY, 2009). Entre elas, estão a obtenção de água potável através da

dessalinização de água do mar e de águas subterrâneas salobras, e a coleta e o tratamento do esgoto para reutilização.

Apesar de ser um país que possui boa parte do seu território em condições de deserto, a implementação desta política de gestão sustentável da água permitiu que Israel reduzisse gradualmente a superexploração dos aquíferos por meio de um aumento maciço no volume de reutilização de águas residuais, desde 1998, e dessalinização da água do mar, desde 2006 (MARIN *et al.*, 2017). A Figura 4 compara a distribuição dos recursos hídricos usados para atender a demanda nacional nos anos de 1985, 1995, 2005 e 2014. Nota-se que as fontes artificiais têm crescido em importância no país, sendo hoje indispensáveis para o atendimento à população e no combate à seca.



Fonte: Marin *et al.* (2017)

2.2.4 Dessalinização

A dessalinização da água, como o nome sugere, é realizada removendo os sais dissolvidos para criar água potável. Visto que Israel sofre com uma constante escassez de água natural, a dessalinização tem crescido em importância ano após ano, se tornando uma das principais formas de aquisição deste recurso, principalmente para o consumo doméstico.

A primeira estação de dessalinização de Israel foi estabelecida em Eilat na década de 1970. Essa instalação funcionava principalmente na dessalinização de água subterrânea salobra e atua até os dias de hoje, fornecendo em torno de 20 milhões de metros cúbicos de água por ano. Em 1999, devido a uma grave crise de água, o governo de Israel decidiu se preparar para a dessalinização da água do mar. Nos anos seguintes, o governo adotou uma série de decisões sobre o estabelecimento de várias instalações, mas, na prática, a primeira começou a operar apenas em 2005 (KNESSET, 2018). Hoje, quase 90% da água dessalinizada é produzida em cinco grandes estações de dessalinização de água do mar, cada uma capaz de produzir entre 90 e 150 milhões de metros cúbicos de água por ano, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Principais usinas de dessalinização de Israel

Localização	Início do funcionamento	Produção (milhões de m ³ /ano)	Preço por m ³ (US\$)
Ashkelon	Agosto de 2005	117,7	0,78
Palmachim	Maio de 2007	90	0,86
Hadera	Dezembro 2009	137	0,72
Sorek	Novembro de 2013	150	0,54
Ashdod	Outubro de 2015	100	0,65

Fonte: IWA e Marin *et al.* (2017)

Apesar da vantagem de se poder produzir uma enorme quantidade de água por uma fonte não convencional, a dessalinização também apresenta alguns inconvenientes. Mesmo com os avanços tecnológicos das últimas décadas, o custo econômico associado aos gastos diretos com o processo de dessalinização, somado aos custos relacionados aos danos ambientais, pela eliminação de gases poluidores, ocupação do litoral e descarte dos resíduos com alta concentração de sais, pode tornar essa opção de aquisição de água bastante dispendiosa, quando comparada com outras estratégias de conservação e armazenamento (BECKER; LAVEE; KATZ, 2010).

Outra preocupação relacionada ao uso excessivo de água dessalinizada relaciona-se com os possíveis danos à saúde da população, visto que o processo também remove ingredientes vitais para o ser humano, como o cálcio e o magnésio. Estudos recentes apontam cidades em Israel com baixos índices de magnésio na rede de distribuição e tentaram relacionar a hipomagnesemia à demência (ZAKEN *et al.*, 2020) e a doenças isquêmicas do coração, diabetes mellitus e câncer colorretal (SHLEZINGER *et al.*, 2018), apesar de os resultados não serem conclusivos.

2.2.5 Águas residuais recuperadas

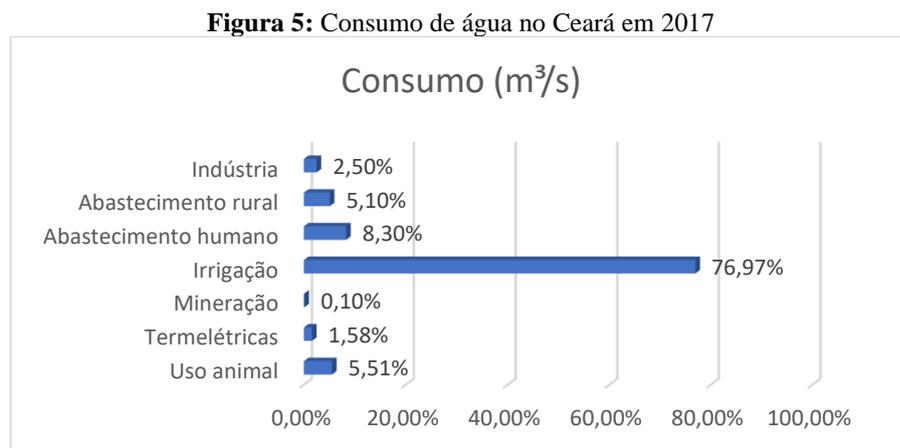
Israel possui a maior taxa de recuperação de efluentes do mundo. Hoje, 95% do esgoto do país é tratado. Utilizando-se de uma infraestrutura nacional de coleta e distribuição exclusiva para a água recuperada, cerca de 85% dela é aplicada na agricultura. Uma parcela também é destinada para aumentar o volume dos corpos hídricos locais (SIEGEL, 2015). De acordo com o relatório de 2018 do Centro de Pesquisa e Informação do Knesset e a IWA, 575 milhões de metros cúbicos de água foram recuperados em 2016, o que corresponde a cerca de 25% do uso geral daquele ano, o que revela a importância deste recurso para o país.

No entanto, assim como na dessalinização, o uso excessivo do esgoto tratado, mesmo que somente na agricultura, pode trazer implicações econômicas e problemas à saúde e ao meio ambiente, devido ao alto teor de sal e presença de patógenos, metais pesados e produtos farmacêuticos remanescentes (REZNIK *et al.*, 2017). Alguns estudos já avaliam o impacto do uso deste recurso em larga escala e projetam possíveis soluções (REZNIK *et al.*, 2017; SHTULL-TRAURING *et al.*, 2020).

3 Setor hídrico do Ceará

3.1 Usos da água

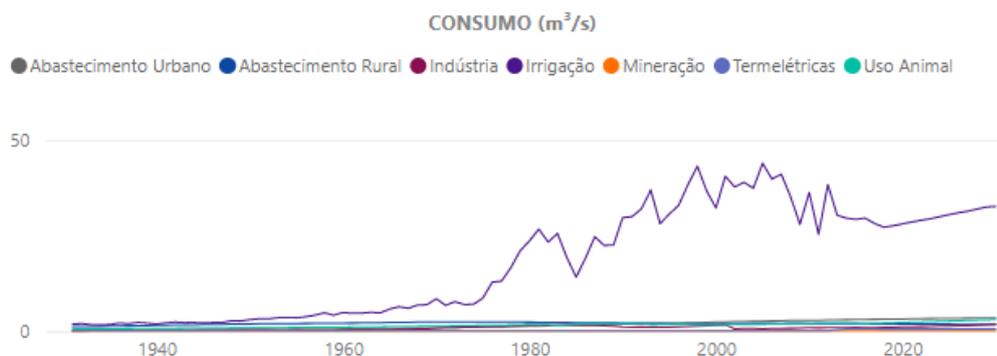
De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) o consumo total de água em 2017 no estado do Ceará foi de 1,15 bilhões de metros cúbicos de água, cuja maior parte, 0,68 bilhões de metros cúbicos, foi utilizada em irrigação, como mostra o gráfico apresentado na Figura 5.



Fonte: ANA, 2017

A maior parte da matriz de consumo de água do Ceará corresponde a irrigação, ou seja, está destinada à agricultura. A Figura 6 apresenta a evolução do consumo de água no Ceará entre os anos de 1933 e 2030.

Figura 6: Usos da água no Ceará



Fonte: ANA, 2017

3.2 Fontes de água no Ceará

O semiárido do Brasil, que ocupa uma superfície equivalente a 69,2% da região Nordeste, sempre apresentou problemas socioeconômicos influenciados muito mais pela má distribuição temporal e espacial das precipitações do que pela insuficiência global deste recurso (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005). Para aumentar as limitações da região, 85% da área se encontra sobre rochas cristalinas impermeáveis, que é o caso do Ceará, onde a água subterrânea de má qualidade se acha nas fraturas das rochas. Associado à escassez de água, ocorre o problema da falta de garantia de oferta hídrica, uma vez que no semiárido ocorrem os fenômenos das secas e, em sua grande maioria, os rios não são perenes (PALÁCIO *et al.*, 2009).

3.3 Precipitação

O Ceará é um dos três estados com o maior consumo de água por efeito da evaporação líquida, reflexo do histórico de implantação de reservatórios de grande porte para geração hidrelétrica ou para usos múltiplos, em especial para abastecimento público. O território do estado é constituído por rochas cristalinas em 85% de sua totalidade. Tal fato tornou a adoção do sistema de reservatórios o método mais eficiente para armazenar água em períodos de estiagem. A água regularizada dos rios através de barragens responde por cerca de 91% do abastecimento no estado do Ceará, uma vez que seus rios são intermitentes e seus aquíferos apresentam fortes limitações (ARAUJO *et al.*, 2005).

A vazão que se pode extrair de um reservatório (vazão regularizável) está associada a uma garantia de oferta anual. Assim, quanto maior a vazão regularizável, maior a probabilidade de escassez (parcial ou total) e, portanto, menor a garantia de oferta anual. O nível de garantia

mais frequentemente utilizado no planejamento de bacias do semiárido é o de 90% anual, ou seja, a vazão regularizável apresenta 10% de probabilidade de escassez a cada ano. Para o cálculo do nível de garantia utilizam-se princípios da hidrologia estocástica (CAMPOS, 1996).

3.4 Fontes naturais de água

Os recursos hídricos superficiais são a principal fonte de suprimento de água no Ceará. Entretanto, a exploração de águas subterrâneas vem crescendo significativamente (DA SILVA; ALMEIDA; ARAÚJO, 2001). Pressões de demanda somadas aos períodos de estiagem prolongada impulsionam a exploração de águas subterrâneas. Os aquíferos são atualmente responsáveis por quase 10% do abastecimento da água garantida no Ceará. Seu potencial, ainda pouco conhecido, é fundamental para qualquer política de recursos hídricos no estado.

Até 2003, havia cerca de 23.000 poços perfurados no Ceará. Em torno de 63% estavam no embasamento cristalino, 29% em litologia sedimentar e o restante em aluviões e formações cársticas. Os poços localizados no cristalino cearense possuem vazão específica em torno de 13% do valor observado em poços localizados em bacias sedimentares. Os poços deste tipo litológico são 35% mais profundos que os de embasamento cristalino (SILVA; ARAÚJO, SOUZA, 2007).

4 Fontes artificiais de água

4.1 Dessalinização

Em um levantamento em mais de 13.000 poços no Ceará, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em 1997, constatou que 4.800 possuem água salobra e imprópria para consumo humano — acima de 1.000mg/l de Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Cerca de 200.000 famílias residem próximo a estes poços e dependem parcial ou totalmente deles, sendo, provavelmente, daí a origem das maiores taxas de migração para áreas menos inóspitas (PINHEIRO, 2005).

Monteiro (2002) encontrou forte correlação entre indicadores socioeconômicos nos municípios cearenses e salinização das águas que abastecem as suas populações. Os 10 municípios (entre 170) com piores indicadores possuem quase 70% de seus poços com altos teores de sais, enquanto nos 10 mais bem classificados, este percentual é de apenas 16%. Até 1997, o Ceará possuía 10 dessalinizadores instalados e, quatro anos depois, em 2001, o governo financiou mais 160 unidades de dessalinização em comunidades rurais, favorecendo 21.500

famílias. Estes equipamentos também são financiados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Banco do Brasil e Fundação Nacional de Saúde, estimulando o surgimento de unidades fabris de montagem de dessalinizadores em bases artesanais na região, competindo com médias e grandes empresas.

O governo do Ceará deverá lançar ainda no início deste ano o edital para a construção e operação de uma planta de dessalinização que deverá beneficiar 720 mil pessoas. Com o objetivo de diversificar a matriz hídrica de Fortaleza, o projeto se propõe a instalar a maior usina do tipo no Brasil.

A não dependência de chuvas é uma grande vantagem do sistema de dessalinização, assim como o alívio que proporciona para as reservas hídricas dos mananciais atualmente utilizados no macrossistema de Fortaleza e da sua região metropolitana.

4.2 Águas residuais recuperadas

Uma das mais importantes fontes hídricas do futuro próximo é o efluente de estações de tratamento de esgotos (ETE). De fato, ao se tratar o esgoto e ao se reusar esta água, alivia-se o estresse hídrico de um sistema em dois ramos, pois aumenta-se a oferta hídrica e reduz-se a emissão de poluente sobre os corpos d'água (diminuindo, portanto, a demanda por vazão de diluição). Uma das mais importantes formas de tratamento de esgotos no Brasil tem sido as lagoas de estabilização. Por exemplo, somente na região metropolitana de Fortaleza, atualmente, são dezessete, todas com alto potencial de reuso (ARAÚJO, 2000). De acordo com a experiência da Universidade Federal do Ceará (MOTA, 2000) a qualidade do esgoto tratado pelas lagoas atende às exigências da Organização Mundial da Saúde para uso na irrigação praticamente irrestrito, assim como na piscicultura, uma vez que normalmente não se observam no efluente das ETES ovos de helmintos e o número mais provável de coliformes fecais é muitas vezes inferior a cem por 100 ml.

5 Análise e discussão

A análise dos diferentes métodos aplicados em Israel e no Ceará para contornar secas mostra que, enquanto nas últimas décadas o estado brasileiro investiu na construção de reservatórios interanuais, o país israelense focou no desenvolvimento de fontes não convencionais de água, proporcionadas pela dessalinização e reutilização do esgoto tratado. Essa conduta se justifica pelo fato de que o Ceará, apesar de possuir um contingente populacional semelhante, dispõe de uma área territorial quase sete vezes maior que a de Israel,

o que permite destinar grandes áreas para a construção de reservatórios. Além disso, mesmo com o clima semiárido predominante, o Ceará apresenta precipitações médias anuais que variam de 1400 mm no litoral a valores próximos de 600 mm no sertão (SANTOS *et al.*, 2009a), situação menos crítica do que o mapa apresentado para Israel na Figura 3.

Apesar da justificativa dos métodos adotados, a tendência crescente da demanda de água exige continuamente que sejam estudadas novas alternativas de aquisição desse recurso. Para o modelo do Ceará, o exemplo de Israel pode servir de estímulo para alavancar o desenvolvimento de novas fontes de água, seja por meio da dessalinização ou pela reutilização de águas residuais tratadas. Como mostra a Figura 4, Israel conseguiu em pouco tempo mudar o cenário do seu setor hídrico, adicionando esses novos métodos e conseguindo combater as secas com êxito, o que sugere que essas técnicas possam ser aplicadas em outros lugares.

Para o estado do Ceará, a reutilização de águas residuais tratadas pode ser uma alternativa extremamente impactante para o setor hídrico. Assim como em Israel, essas águas seriam utilizadas prioritariamente na agricultura, que é o setor que mais consome esse recurso, conforme a Figura 5, e exige uma qualidade menor. Supondo que o Ceará desse início a um investimento massivo no setor de tratamento e reutilização de esgoto, e que em 10 anos conseguisse estabelecer uma produção anual de 250 milhões de metros cúbicos de água tratada por ano, menos de 50% do que é produzido hoje em Israel, a parcela de água obtida por essa fonte corresponderia a quase 25% do total consumido pela agricultura no estado, projetado pela ANA para 2030. Dessa forma, fica claro o potencial dessa técnica em ajudar o setor hídrico do estado.

A dessalinização da água do mar também deve ser encarada como uma alternativa para obtenção desse recurso no Ceará. Conforme apresentado na Tabela 1, a primeira grande usina de dessalinização de água do mar de Israel iniciou sua operação ainda nesse século, e hoje esse tipo de fonte não convencional de água já abastece 27% do consumo total do país (SIEGEL, 2015). Em um cenário onde o estado brasileiro pudesse construir uma única estação desse porte, com produção anual de 100 milhões de metros cúbicos de água por ano, 100% do consumo por abastecimento urbano do estado poderia ser atendido por essa estação. Apesar do alto investimento necessário, fica claro que o retorno obtido por essa técnica pode ajudar muito o estado no combate a secas.

Por outro lado, Israel também poderia aplicar ideias advindas do Ceará, que é um estado que se notabiliza pelas grandes obras de infraestrutura hídrica. Um exemplo no qual o governo israelense poderia se inspirar é no projeto do Cinturão das Águas do Ceará (CAC), que se propõe a transferir vazões do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco para

as principais bacias hidrográficas do estado por sistemas de canais, túneis, sifões e sistemas de adutoras. Um sistema parecido poderia ser imaginado para migrar águas do Rio Jordão, do Mar da Galileia e do aquífero costeiro e da montanha, para as bacias de regiões mais críticas do país. Apesar dessa possibilidade, muitos estudos ainda precisariam ser feitos para analisar a viabilidade de um projeto desse porte.

Dessa forma, verifica-se que ambos os locais do estudo podem cooperar com exemplos de técnicas e infraestruturas para o desenvolvimento do setor hídrico no mundo. Para o estado do Ceará, os métodos para a obtenção de água por meio de dessalinização e tratamento de esgotos parecem ser o caminho mais óbvio para enfrentar os desafios que a demanda futura representará.

6 Conclusão

O presente artigo teve como objetivo comparar as estratégias utilizadas no combate à seca em Israel e no Ceará, relacionando possíveis medidas a serem implementadas no futuro para ambas os locais, com foco nas possibilidades para o estado brasileiro. Verificou-se que as condições mais críticas existentes em Israel impuseram a necessidade de se estabelecer fontes alternativas de água na região, e que essas tem sido de fundamental importância para a manutenção da vida no país. Constatou-se também que, para o Ceará, os métodos de dessalinização e reutilização de água tratada, já implementados em Israel, representam um grande potencial para a aquisição desse bem no futuro, com retornos significativos para investimentos em estruturas semelhantes ou mesmo menores do que as de Israel. Por fim, apesar dos cenários teorizados, estudos mais densos que incluam análise dos custos, dos danos ambientais e cálculos da real produtividade das usinas devem ser levantados para se determinar quais as estratégias mais viáveis para a região.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ARAÚJO, L.F.P. **Reúso com lagoas de estabilização**: potencialidade no Ceará. Fortaleza: Superintendência Estadual do Meio Ambiente -SEMACE, 2000. 136 p.

BECKER, Nir; LAVEE, Doron; KATZ, David. Desalination and alternative water-shortage mitigation options in Israel: a comparative cost analysis. **Journal of Water Resource and Protection**, [s. l.], v. 2, n. 12, p. 1042-1056, 2010. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2010.212124>

CAMPOS, J. N. B. **Dimensionamento de reservatórios**: o método do diagrama triangular de regularização. 1. ed. Fortaleza: UFC, 1996. 71 p.

COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – COGERH. **Ficha técnica dos açudes**. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/ficha-tecnica-dos-acudes-158/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

DA SILVA, F. J. A.; ALMEIDA, M. M.; ARAÚJO, L. F. P. Indicadores hidroquímicos obtidos a partir da condutividade elétrica em alguns poços do Ceará. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Mapeamento dos espelhos d'água**. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=1412>. Acesso em: 20 jan. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico – Ceará, 2020**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce.html>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ISRAEL WATER AUTHORITY – IWA. **Dessalinização**. Disponível em: <https://www.gov.il/he/departments/topics/subject-desalination>. Acesso em: 20 jan. 2021.

ISRAEL WATER AUTHORITY – IWA. **Reutilização de águas residuais**. Disponível em: <https://www.gov.il/he/departments/topics/disable-effluent>. Acesso em: 20 jan. 2021.

JIRIES, A. Water resources in Jordan. *In*: HLAVINEK P., WINKLER I., MARSALEK J., MAHRIKOVA I. (ed.). **Advanced water supply and wastewater treatment**: a road to safer society and environment. Switzerland: Springer, Dordrecht, 2011. (NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security). https://doi.org/10.1007/978-94-007-0280-6_17

KISLEV, Yoav. The water economy of Israel. *In*: WATER IN THE JORDAN VALLEY: TECHNICAL SOLUTIONS & REGIONAL COOPERATION, 2001, Norman, Oklahoma. **Proceedings** [...]. Norman, Oklahoma: University of Oklahoma, International Programs Center, Center for Peace Studies, 2001.

LAVEE, Doron; BAHAR, Sefi. Examining the economies of scale of water and sewage utilities in the urban sector: the case of Israel. **Water Policy**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 257-270, dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.2166/wp.2016.095>

MARGONINSKY, Yossi. Macroeconomic and institutional sources of environmental changes: the case of Israel's water sector. **Water Policy**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 307-319, jun. 2009. <http://dx.doi.org/10.2166/wp.2009.040>

MARIN, Philippe *et al.* **Water management in Israel**: key innovations and lessons learned for water-scarce countries. Washington, DC: World Bank, 2017.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro. Brasília: MIN, 2005. 34 p. Disponível em:** <http://www.integração.gov.br/desenvolvimentoregional/publicações/delimitação.asp>. 15/01/2021. Acesso em: 20 jan. 2021.

MONTEIRO, V. P. **Critérios para implantação de tecnologias de abastecimento de água potável em regiões afetadas pelo alto teor de sal.** 2002. 56 f. Dissertação (Mestrado em Economia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

MOTA, S. (org.). **Reuso de água: a experiência da Universidade Federal do Ceará.** Fortaleza: Edições UFC, 2000.

PALÁCIO, H. A. de Q.; NETO, J. A. C.; TEIXEIRA, A. dos S.; ANDRADE, E. M. de. Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu-CE. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza - CE, v. 35, p. 316–324, 2009.

PINHEIRO, J. C. V. Demanda por sistema de suprimento de água para o uso doméstico em uma comunidade em Tauá-CE. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília - DF, v. 38, p. 41- 60, 2000.

PORTNOV, Boris A.; MEIR, Isaac. Urban water consumption in Israel: convergence or divergence? **Environmental Science & Policy**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 347-358, jun. 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2007.10.001>

RABELO, Udinart Prata; LIMA, Iran E. Efeito de secas prolongadas nos recursos hídricos de uma região semiárida: uma análise comparativa para o Ceará. **Revista Dae**, São Paulo, v. 66, n. 212, p. 61-79, 2018. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2018.023>

REZNIK, Ami; FEINERMAN, Eli; FINKELSHTAIN, Israel; FISHER, Franklin; HUBER-LEE, Annette; JOYCE, Brian; KAN, Iddo. Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: a statewide long-term perspective. **Ecological Economics**, Boston - MA, v. 135, p. 222-233, maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.01.013>

ROSTKIER-EDELSTEIN, Dorita; KUNIN, Pavel; HOPSON, Thomas M.; LIU, Yubao; GIVATI, Amir. Statistical downscaling of seasonal precipitation in Israel. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 590-606, 12 jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.4368>

SAARONI, H.; HALFON, N.; ZIV, B.; ALPERT, P.; KUTIEL, H. Links between the rainfall regime in Israel and location and intensity of Cyprus lows. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 30, n. 7, p. 1014-1025, 19 maio 2009. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.1912>

SANTOS, Carlos Antonio Costa dos; BRITO, José Ivaldo Barbosa de; RAO, Tantravahi Venkata Ramana; MENEZES, Hudson Ellen Alencar. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 39-47, mar. 2009a. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862009000100004>

SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; PEDROSA, E.M.R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 13, n. 3, p. 217-225, 2009.

SHLEZINGER, Meital; AMITAI, Yona; AKRIV, Amichay; GABAY, Hagit; SHECHTER, Michael; LEVENTER-ROBERTS, Maya. Association between exposure to desalinated sea water and ischemic heart disease, diabetes mellitus and colorectal cancer; A population-based study in Israel. **Environmental Research**, [s. l.], v. 166, p. 620-627, out. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.053>

SHTULL-TRAURING, E.; COHEN, A.; BEN-HUR, M.; TANNY, J.; BERNSTEIN, N. Reducing salinity of treated waste water with large scale desalination. **Water Research**, London, v. 186, p. 1-12, nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116322>

SIEGEL, Seth M. **Let there be water: Israel's solution for a water-starved world**. 1. ed. New York: Dunne Books/ St. Martin's Press, 2015.

SILVA; ARAÚJO; SOUSA. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**, Fortaleza - CE, v. 28, n. 2, 2007.

THE KNESSET - RESEARCH AND INFORMATION CENTER. **Israeli Water Sector—Key Issues**. Jerusalém, 28 fev. 2018. Disponível em: <https://m.knesset.gov.il/en/activity/pages/mmmdocs.aspx>. Acesso em: 16 mar. 2023.

ZAKEN, Sara Ben; SIMANTOV, Or; ABENSTEIN, Avraham; RADOMYSKY, Zorian; KOREN, Gideon. Water desalination, serum magnesium and dementia: a population-based study. **Journal of Water and Health**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 722-727, 21 set. 2020. <http://dx.doi.org/10.2166/wh.2020.132>