

**DESAFIOS DE UMA EMPRESA DE SANEAMENTO NA MITIGAÇÃO DA CRISE  
HÍDRICA E NA ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM ESTUDO DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE SÃO PAULO (RMSP)**

**NATALIA CAVALI**

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA PE SABÓIA DE MEDEIROS (FEI)

**MARIA TEREZA SARAIVA DE SOUZA**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - PPGA/FEI/SP

# **DESAFIOS DE UMA EMPRESA DE SANEAMENTO NA MITIGAÇÃO DA CRISE HÍDRICA E NA ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM ESTUDO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (RMSP)**

## **1 INTRODUÇÃO**

A água é um elemento chave não apenas para a manutenção da vida, mas desempenha um papel muito importante em muitos setores da economia, como na agricultura, na produção, no turismo e outros serviços. Por ser uma fonte extremamente valiosa, deve ser usada de forma sustentável (SMOL; ADAM; PREISNER, 2020).

As mudanças climáticas afetam o ciclo da água terrestre por meio de diferentes processos, principalmente pelas variações de precipitação e de temperatura que impactam o balanço hídrico. As relações entre o clima e os recursos hídricos são afetadas por uma variedade de fatores antrópicos, incluindo o uso da terra, regulação da água e sistemas de captação (WWDR, 2020).

A economia de água é um problema crítico e desafiador que deve ser enfrentado em diferentes níveis, recorrendo a várias ações que devem estar focadas em: aumentar a sustentabilidade da água para preservar recursos hídricos naturais; garantir a confiabilidade dos sistemas de abastecimento de água, a fim de reduzir o desperdício de água; e aprimorar as novas estratégias para reciclagem e reuso por meio das soluções tecnológicas (BONOLI et al., 2019).

Programas de transição em relação a gestão da água amadureceram em muitas regiões através das relações locais de acordos estratégicos regionais de compartilhamento da água envolvendo os setores agrícola, municipal, industrial, de energia e meio ambiente. Apesar das inovações, o tipo mais comum de transição ainda é a mudança de um uso da água para outro (COLBY; ISAACS, 2018).

Por meio de uma combinação de soluções, a população melhorou o acesso ao abastecimento de água potável e serviços de saneamento, no entanto, as mudanças climáticas afetam muitas dessas estratégias (WWDR, 2020). O planejamento de sistemas hídricos urbanos exigirá cada vez mais a colaboração entre profissionais da água para projetar e modelar a respostas de novos sistemas hídricos urbanos adaptados às condições futuras (SANTELMANN et al., 2019).

Com o aumento das pressões sobre os sistemas de água urbanos e com a existência de soluções que se integram as necessidades econômicas, sociais e ambientais, a gestão de água urbana está passando por uma intensa transição (SANTELMANN et al., 2019). No Brasil, a demanda por uso de água é crescente, com o aumento estimado em aproximadamente 80% no total de volume retirado nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente mais 26%. Atualmente, o principal uso de água, em termos de quantidade de água utilizada, é a irrigação (ANA, 2019).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é composta por 21 milhões de habitantes, o que corresponde a quase 50% do Estado de São Paulo. A concentração populacional somada à localização geográfica resulta em baixa disponibilidade hídrica (SABESP, 2019). Soma-se a esse quadro o fato de mudanças climáticas interferirem no ciclo de água e agravarem a falta de disponibilidade de água da região (SABESP, 2020c).

Durante a crise, de 2014 a 2015 a companhia de saneamento da região adotou algumas medidas para manter o abastecimento de água para mais de 20 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo como: Programa de Incentivo a Redução de Consumo; Transferência de água tratada para outros Sistemas Produtores; Intensificação do Programa de Combate as Perdas; e Utilização de Reservas Técnicas (SABESP, 2015).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar as medidas adotadas para mitigar a crise hídrica e adaptação às mudanças climáticas adotadas pela empresa de saneamento da RMSP.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A escassez de água devido ao aumento da urbanização ou da variabilidade climática, motivou as sociedades a reduzir a pressão sobre os recursos hídricos, principalmente pela redução da demanda de água. No entanto, essa prática por si só não é suficiente para garantir a qualidade de vida que os serviços de água de alta qualidade sustentam, especialmente em um contexto de maior urbanização (MAKROPOULOS et al., 2018). Em geral, existem dois tipos de políticas que estão interligadas e que as empresas de água podem adotar, a de gerenciar a demanda de água e a de aumentar o abastecimento de água por meio de soluções como reúso, utilização de água da chuva e dessalinização (GRAFTON; CHU; KOMPAS, 2015).

Para garantir a disponibilidade e o abastecimento de água é importante que sejam consideradas estratégias voltadas para conservação dos ecossistemas; redução de poluição das fontes hídricas; e investimentos em novas infraestruturas adaptativas do lado da oferta (GREEN et al., 2015).

A conservação de ecossistemas se refere a reabilitação de áreas impactadas pelas ações humanas como regiões de pântano, rios, e florestas, por meio da recuperação de suas características naturais para restabelecer seus fluxos hídricos. A estratégia de recuperar e conservar contribui no sentido de aumentar a segurança hídrica e garantir a disponibilidade de água no meio ambiente (GREEN et al., 2015). As políticas e regulamentos visam controlar o comportamento do usuário, de modo a evitar a excessiva poluição, por meio de mecanismos que incluem os princípios do poluidor-pagador e regras de responsabilidade (GREEN et al., 2015).

Investimentos em infraestrutura pode proteger e estabilizar os serviços de água por meio de soluções de engenharia que produzam poucos impactos ao meio ambiente (GREEN et al., 2015). Assim, é preciso cuidado com as políticas de abastecimentos voltadas para ações como transferências de água entre bacias e transposições de rios para garantir maior abastecimento de água pois elas podem causar impactos como desmatamento e perda de biodiversidade (DE ARAUJO; OLIVEIRA ESQUERRE; SAHIN, 2019). O conjunto de soluções que existe para cada tipo de contexto varia e presume-se que a preposição de valor acompanhe cada tipo de necessidade (SIRAJ; STEICHEN; SHUOLER, 2018).

A demanda por água doce faz com que seja necessário considerar recursos hídricos “não convencionais” no planejamento futuro de água e, nessa linha, a utilização de tecnologias para utilização de água da chuva e a dessalinização podem aumentar o suprimento de água doce (VOULVOULIS, 2018; WWDR, 2020).

A captação de água da chuva é uma alternativa que envolve coleta, transporte e armazenamento em uma área para posterior utilização, ou seja, consiste em canalizar e concentrar a água da chuva. Ela pode ser realizada com tecnologias simples e baratas e aplicável em pequena escala, e em sistemas mais complexos e sofisticados em grande escala (OKHRAVI; ESLAMIAN; DALEZIOS, 2019).

A dessalinização é uma alternativa vista como um processo que consome muita energia e, portanto, não renovável (WWDR, 2020). No entanto, na última década, a prática de dessalinização da água do mar sofreu um crescimento acelerado, impulsionado pelos avanços tecnológicos de membranas e da ciência de materiais. Os recentes avanços tecnológicos, como sistema de recuperação de energia baseados em troca de pressão, elementos de membrana de osmose reversa de maior eficiência, membranas de osmose reversa nano estruturadas e configurações inovadora, são projetados para diminuir ainda mais a energia necessária para a dessalinização da água do mar. Espera-se que os avanços das tecnologias de dessalinização a curto e longo prazo produzam uma redução significativa nos custos da produção de água até 2030 (DAIGGER et al., 2019).

Os problemas globais da água desafiam a capacidade dos países de sustentar seu desenvolvimento e crescimento econômico (MORO et al., 2018) e por isso as inovações são

fundamentais para permitir que o setor de água se adapte aos principais problemas ambientais em um contexto de mudanças climáticas (SPILLER et al., 2015).

A inovação ambiental é vista como um conjunto de soluções tecnológicas e não tecnológicas que permitem a recuperação de danos ambientais (JESUS et al., 2017) e desempenham um papel importante para garantir o crescimento econômico e sustentável (MORO et al., 2018). Nessa linha, as tecnologias ambientais no setor de água promovem benefícios, diminuindo a degradação ambiental na tentativa de minimizar a questão climática (GUERRA-RODRÍGUEZ et al., 2020).

Em busca de aprimorar a capacidade tecnológica, a cooperação entre empresas causa efeito positivo no processo de inovação (ARRANZ et al., 2019) e nesse contexto, as universidades servem como uma fonte de oportunidades por meio de novos desenvolvimentos de tecnologias (HEATON; SIEGEL; TEECE, 2019).

Assim, inovação nas estratégias de desenvolvimento de recursos hídricos podem contribuir para aumentar a eficiência, melhorar a resiliência e promover a transição para apoiar tomadas de decisões sólidas na governança e gestão de recursos hídricos, minimizando o impacto das mudanças climáticas (WWDR, 2020).

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

A metodologia empregada é classificada como qualitativa e o procedimento utilizado é o estudo de caso único. A empresa de saneamento selecionada, como amostra teórica deste estudo, atua na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e é classificada no setor de utilidade pública na área de água e saneamento no novo mercado da B3. A empresa é responsável pelo fornecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, sendo a maior empresa de saneamento das Américas, e a quarta maior do mundo em população atendida. A RMSP localiza-se na cabeceira do rio Tietê, uma região de baixa disponibilidade hídrica e quase a totalidade de suas demandas atuais são abastecidas por 10 sistemas produtores de água.

Para essa pesquisa foram utilizadas as seguintes fontes de evidência: documentação, registro em arquivos e entrevistas. Essas fontes são complementares (YIN, 2010) e com o uso de múltiplas fontes de evidência, foi possível realizar a triangulação de dados. Antes da análise dos dados as informações coletadas por meio da pesquisa documental foram organizadas e as entrevistas foram gravadas e transcritas (BARDIN, 2011).

A documentação envolve anúncios, recortes de notícias e outros artigos publicados na mídia. Para esse estudo também foi utilizado vídeos temáticos divulgados em plataformas abertas, publicações em revistas e jornais. As notícias relacionadas com os processos divulgadas no site da empresa. Para os registros em arquivos, foram considerados os arquivos públicos como o relatório de sustentabilidade da empresa, relatórios administrativos e outros documentos sobre aspectos ambientais disponibilizados para consulta pública e chamadas de editais. A análise documental é uma forma de obter uma linguagem comum da delimitação de pesquisa e criar confiabilidade para a fase de triangulação de informações, isso porque ajuda na verificação de informações coletadas nas entrevistas (CRESWELL, 2010; YIN, 2010).

As entrevistas são uma das fontes mais importantes para o estudo de caso, e foram realizadas seguindo um guia pré-definido. As entrevistas foram realizadas com especialistas envolvidos no setor de saneamento da RMSP, de acordo com a respectiva área de atuação. Para assegurar o anonimato dos entrevistados, atribui-se códigos de referência para cada um, conforme apresentado no Quadro 1. As entrevistas foram realizadas pela plataforma online - *Google Meets*. Ao longo das entrevistas algumas perguntas foram suprimidas ou acrescentadas, dependendo do conteúdo das respostas, mas sempre seguindo o guia pré-definido.

Quadro 1 – Especialistas entrevistados

Entrevistado	Código	Tempo de duração
Especialista em recursos hídricos da RMSP	ESP-1	29'45s
Especialista em inovação e tecnologia	ESP-2	54'00s
Especialista em tratamento de água da RMSP	ESP-3	42'00s
Especialista em inovação e tecnologia	ESP-4	48'00s
Especialista em uso racional de água na RMSP	ESP-5	23'00s

Fonte: Autoras

As evidências que foram obtidas por meio dos instrumentos de coleta de dados seguiram três princípios para garantir a validade do constructo e a confiabilidade da pesquisa: utilização de múltiplas fontes de evidência, a criação de uma base de dados e o encadeamento das informações (YIN, 2010). Com a triangulação de dados, os problemas de validade do constructo podem ser abordados porque múltiplas fontes de evidência proporcionam várias avaliações do mesmo fenômeno (YIN, 2010). Assim, foi aplicada a triangulação dos dados de pesquisa da documentação, dos registros, das entrevistas e da observação.

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

Este item apresenta as principais ações da empresa de saneamento selecionada que envolvem, segurança hídrica e conservação dos recursos hídricos.

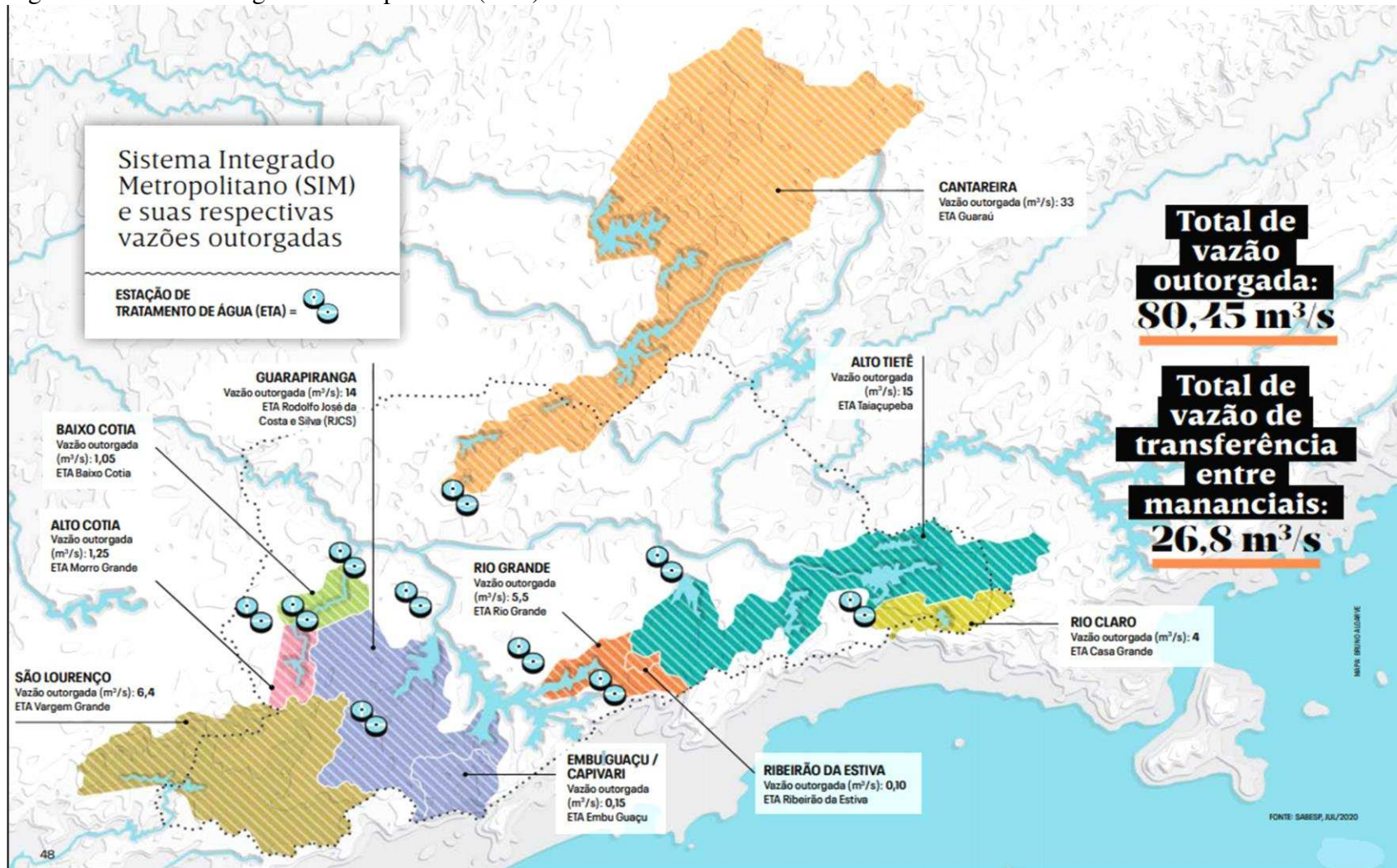
### 4.1 Segurança hídrica

A principal fonte utilizada para o abastecimento público na RMSP é a água armazenada em barragens e represas (SABESP, 2020a). O abastecimento é feito por 10 sistemas produtores com 10 estações de tratamento de água (ETAs) junto aos mananciais que formam o Sistema Integrado Metropolitano (SIM) operado pela empresa de saneamento selecionada. Observa-se que, em comparação com cenários internacionais que possuem sistemas mais descentralizados, a RMSP possui poucas unidades para abastecimento de água e com grandes dimensões, o que torna inviável mudanças radicais. A disponibilidade hídrica local precisa ser reforçada muitas vezes por obras de reservação e por transferências de vazões entre bacias vizinhas, para garantir a oferta de água. A Figura 1 ilustra o SIM e suas respectivas vazões de outorga, ou seja, vazões já cadastradas para uso (SABESP, 2020c).

É essencial conhecer o balanço hídrico de cada sistema produtor, visto que a quantidade de chuva que se transforma em vazão varia de um manancial para o outro. É importante ressaltar que o reabastecimento dos mananciais depende da água da chuva e ela, quando ocorre, não se transforma necessariamente em água armazenada para ser tratada e distribuída, apenas parte dela é redirecionada para os mananciais (SABESP, 2020c). Assim, o aproveitamento de água da chuva acontece quando ela cai nas bacias da RMSP sendo direcionadas aos mananciais. A empresa de saneamento atua nos mananciais e nas transferências de volume de água entre eles (ESP-3).

O padrão de chuva, as temperaturas, radiação solar e umidade interferem na água disponível. Isso faz com que seja essencial para a gestão dos recursos hídricos a análise constante e interdisciplinar que envolva profissionais ligados ao abastecimento de água, análises meteorológicas e climáticas. Além desses fatores, ocupação do solo e existência de grandes consumidores de água interferem na disponibilidade hídrica (SABESP, 2020c).

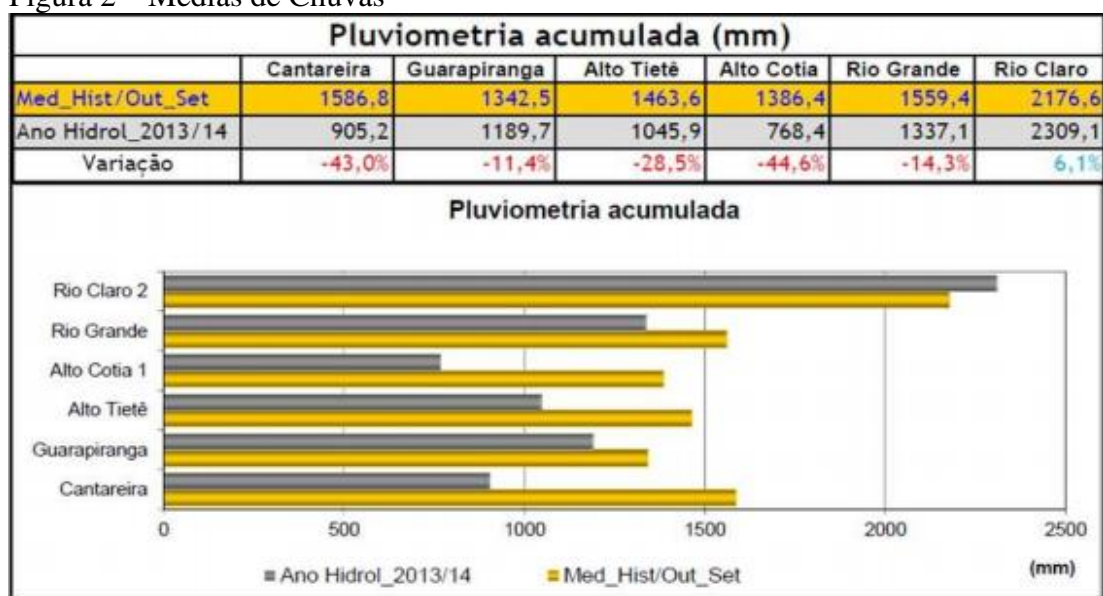
Figura 1 – Sistema Integrado Metropolitano (SIM)



Fonte: Sabesp, 2020c, p. 48

Em 2014, a RMSP enfrentou o início de uma grande crise hídrica que causou o esvaziamento dos principais reservatórios. De acordo com o relatório do Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, ocorreu a formação de zona de alta pressão atmosférica a 6.000 metros de altitude que bloqueou a chegada de frentes da Amazônia, da zona de Convergência do Atlântico Sul e das frentes frias do Polo Sul, alterando a dinâmica da Região Sudeste que não foi prevista no final de 2013. Mesmo com a dissipação desse fenômeno, a condição climatológica em 2014 continuou crítica com as precipitações pluviométricas bem abaixo das médias. Assim, como consequência direta da falta de chuva, todos os sistemas produtores operados pela companhia de saneamento na RMSP tiveram afluência abaixo da média prejudicando a recarga dos mananciais. Como se observa na Figura 2, as médias de chuvas no ano hidrológico de 2013/14 ficaram abaixo das médias históricas, com exceção do Sistema Produtor Rio Claro (SABESP, 2015).

Figura 2 – Médias de Chuvas



Fonte: Sabesp, 2015, p. 10

O fenômeno não foi previsto com antecedência de semanas ou meses, em função das limitações na previsão climática sazonal na região sudeste. As previsões de 2013 não indicaram a escassez de chuva, assim o sistema de alta pressão só foi previsto a partir de modelos numéricos poucos dias antes do seu estabelecimento (SABESP, 2015).

O Programa Metropolitano de São Paulo (PMA) foi elaborado pela companhia de saneamento da RMSP na década de 90 e possui o objetivo de antecipar a ocorrência de possíveis impactos e mudanças climáticas, considerando o regime de chuva, vazões e disponibilidades dos mananciais. Baseado no planejamento a longo prazo, as ações do PMA dão sequência as inúmeras intervenções implementadas pela empresa durante a crise hídrica de 2014, marcando um salto na infraestrutura do sistema metropolitano (SABESP, 2019). Entre as diversas ações da empresa que envolvem obras como a construção de adutoras, redes de distribuição e reservação para aumentar a segurança hídrica, destacam-se o início da utilização de membranas ultra filtrantes, o Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) e a Interligação Jaguari – Atibainha, sendo que essas últimas duas obras entraram em operação no primeiro semestre de 2018 (SABESP, 2019).

O principal motivo para a empresa de saneamento selecionada escolher a utilização de membranas ultra filtrantes durante a crise-hídrica foi a agilidade para instalação e produção de água. Essa tecnologia foi instalada nas ETAs Alto da Boa Vista e Rio Grande, e é formada por

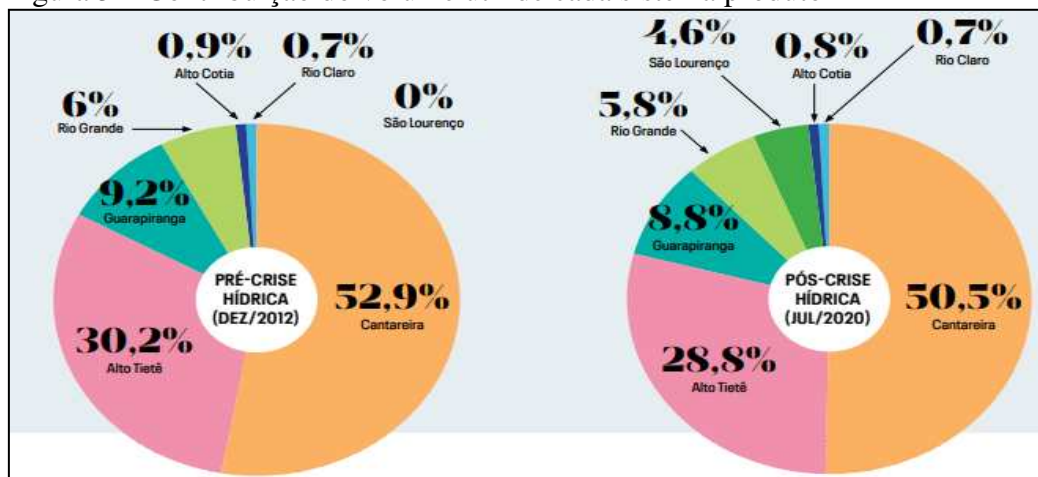
um equipamento que trabalha com pressão alta e faz a água passar por uma membrana bem fina que retém todas as partículas. Ela faz o trabalho da ETA só que sem a utilização de produtos químicos (ESP-2). Apesar de ser um tratamento bom, de alta eficiência e que não demanda de muita mão de obra na operação, ela é uma tecnologia cara, e existe muita dificuldade com sua manutenção (ESP-2).

Já a execução das obras do Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) é resultado da parceria público privada (PPP) entre a empresa de saneamento e o grupo chinês China Gezhouba Group Corporation (CGCG). O sistema é responsável por abastecer com água tratada regiões antes atendidas pelo Cantareira, e leva água da represa Cachoeira do França, em Ibiúna/SP, para a estação de Tratamento de Água de Vargem Grande Paulista, percorrendo 83km de tubulação em município atendido. O SPSL está interligado aos demais sistemas que abastecem a RMSP ampliando a capacidade de produção de água tratada para a RMSP (SPSL, 2020). Já, a Interligação Jaguari – Atibainha permitiu o aporte de água bruta proveniente da bacia do Paraíba do Sul (SABESP, 2019). A interligação consiste em um conjunto de instalações para captação de água da represa Jaguari, e posterior transporte para a represa de Atibainha, pertencente ao Sistema Cantareira (SABESP, 2020e). Foi necessário um acordo entre os governos de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais para acertarem o uso da água da bacia do Paraíba do Sul, já que ela abrange três Estados (GOV-SP, 2018).

Essas duas obras de captação já agregaram 445 bilhões de litros de água para a RMSP, o correspondente a 45% do volume total do Sistema Cantareira, aumentando a oferta da RMSP. Ao longo de 2019, a baixa recarga do Cantareira teria levado o Sistema ao esvaziamento se não fossem as contribuições feitas por essas duas grandes obras estruturantes que passaram a “importar” água de outras bacias para o rio Tietê, onde está inserida RMSP (SABESP, 2019).

A Figura 3 mostra a contribuição do volume útil de cada sistema produtor de água na RMSP antes e depois da crise hídrica.

Figura 3 – Contribuição do volume útil de cada sistema produtor



Fonte: Sabesp, 2020c, p. 45

O Sistema São Lourenço aporta, aproximadamente, 6,4 m<sup>3</sup>/s à capacidade de produção do SIM, aliviando a demanda sobre outros sistemas como o Guarapiranga, Alto Tietê e o Sistema Cantareira (SABESP, 2017). Já a interligação Jaguari-Atibainha possibilita a transferência de 5,13m<sup>3</sup>/s de água para o sistema Cantareira, aumentando o volume armazenado nas represas (SABESP, 2015). Os dois sistemas colaboram para a produção da vazão de outorga da companhia.

A Figura 4 apresenta o histórico do volume operacional armazenado na RMSP e no Sistema Cantareira – principal sistema produtor da RMSP que abastece quase 50% da



população da região. Pelas figuras é possível visualizar os níveis de água nos reservatórios dos sistemas produtores no período de 2013 até 2020, onde o valor negativo representa a utilização de volume morto.

Figura 4 – Volume operacional armazenado na RMSP e somente no sistema Cantareira



Fonte: Autoras

Nos últimos 10 anos, os volumes de chuvas foram baixos. Em setembro, outubro e novembro de 2020 as chuvas ficaram abaixo da média. Em 2020, só foi possível garantir disponibilidade de água na RMSP em razão dessas duas obras estruturantes que conseguiram fazer a transferência de água para o Sistema Cantareira (ESP-4).

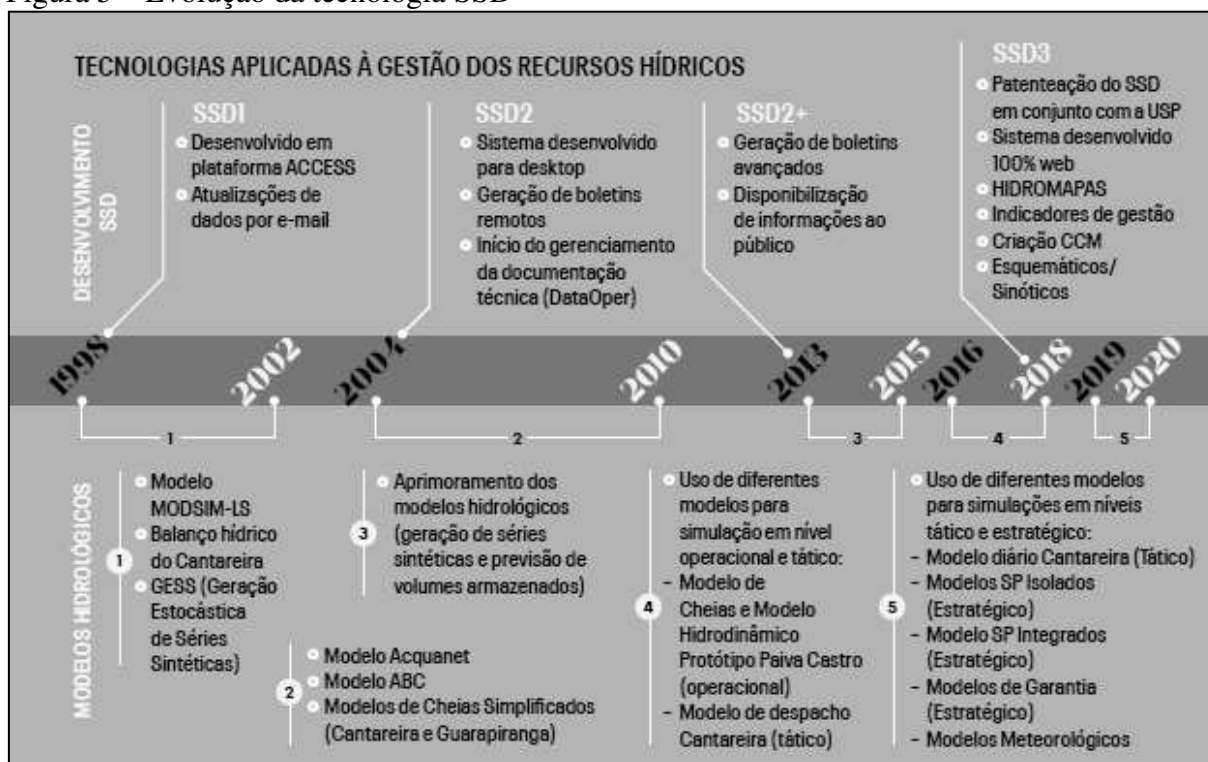
Diante das adversidades relacionadas a gestão da água, a empresa busca ações para minimizar os desafios climáticos, e para isso investe em tecnologia, análises e simulações de cenários futuros voltados para a tomada de decisão. São seis os principais desafios climáticos impostos por variabilidades e mudanças climáticas: riscos climáticos desconhecidos, poluição hídrica, escassez de água, água em excesso, elevação do nível do mar e grandes desastres. Por exemplo, no caso de escassez hídrica, essa falha pode ser combatida com ampliação da oferta – proteção de água da nascente, recarga de aquífero gerenciada, coleta de água da chuva para infiltração etc. – e gestão da demanda (SABESP, 2020c).

Para o mapeamento das diversas situações de riscos, faz parte da estrutura da empresa de saneamento que comanda o abastecimento de RMSP, os Centros de Controle de Mananciais Metropolitanos (CCM), inaugurado em 2018, que agiliza as informações sobre os reservatórios para as tomadas de decisões. Além das equipes obterem informações sobre os níveis, vazões e volumes em tempo real, qualquer cidadão pode consultar os boletins periódicos. Dentro do CCM, uma das principais tecnologias de apoio é o Sistema de Suporte à Decisão (SSD). O SSD foi desenvolvido em conjunto com o Laboratório de Sistemas de Suporte em Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - LabSid/USP (SABESP, 2020c), resultado de uma tese de Doutorado de um colaborador da companhia (ESP-1). Esse sistema armazena um enorme volume de dados que, depois de passarem por uma modelagem computacional, são transformados em informações em forma de mapas, tabelas e indicadores para cada um dos mananciais e para os sistemas produtores (SABESP, 2020c).

Apesar do CCM ser recente, O SSD teve sua primeira versão desenvolvida em 1998, e já está sem sua terceira versão. No início, a coleta de dados se baseava apenas no monitoramento dos mananciais, e agora envolve também informações sobre o clima, por meio de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com medidas de curto, médio e longo prazo, que são associadas a modelos hidrológicos para traçar cenários (SABESP, 2020c).

O Sistema SSD está em sua terceira geração e reúne informações da rede telemétrica online de monitoramento dos mananciais como níveis, volumes, pluviometria e vazões (SABESP, 2020l). A Figura 5 ilustra a evolução da tecnologia SSD utilizada nos mananciais. Com a utilização da tecnologia SSD nos mananciais é possível que a empresa simule todos os cenários possíveis para prever as eventuais variações dos reservatórios (SABESP, 2020c).

Figura 5 – Evolução da tecnologia SSD



Fonte: Sabesp, 2020c, p. 79

O SSD é alimentado por estações telemétricas a cada 10 minutos. Assim, todos os dados coletados por medidores de chuva, nível de vazão são transmitidos para uma unidade remota de armazenamento que faz transmissão dos dados para os sistemas de recepção localizado no centro de dados que é o SSD. A transmissão de dados coletados nas estações telemétricas é realizada por meio de rede de telefonia que utiliza ou a tecnologia GSM/GPRS ou os satélites, dependendo da região e sinal do local (SABESP, 2017). Foi feita uma visita a Agência Nacional de Águas - ANA para entender como eles faziam os controles pelas redes telemétricas para aprimorar as práticas já existentes na companhia (ESP-1).

A rede meteorológica possui foco em volume de água. Existe a intenção de adicionar ao CCM uma ferramenta para monitorar a qualidade da água. A criação de um centro com todas as informações necessárias para simulações e projeções é essencial para identificar rápido o problema, e para isso, a USP continua sendo principal parceiro (ESP-1).

O Quadro 2 abaixo identifica as principais soluções tecnológicas apresentadas pela companhia de saneamento para garantir a segurança hídrica da RMSP.

Quadro 2 – Soluções tecnológicas para garantir a segurança hídrica

Soluções	Objetivo	Resultados
Membrana Ultra Filtrantes	Baixo tempo para instalação e agilidade no processo.	Instalação no ABV e no Rio Grande para aumentar a produção de água e cooperação para o aprimoramento da técnica/ conhecimento.
Sistema Produtos São Lourenço	Atender com água tratada a população atendida pelo sistema Cantareira.	Parceria público -privada (PPP) que garante financiamento. Permite o abastecimento de água, suprimindo a demanda da RMSP.
Interligação Jaguari – Atibainha	Retira água da Bacia do Paraíba do Sul e incorpora volume de água bruta ao sistema Cantareira.	Transferência de água para o sistema Cantareira contribuindo para o aumento do volume de água nos reservatórios – Acréscimo de 182,5 milhões de m³ na reserva técnica 1 do Sistema Cantareira

SSD	Sistema de gestão de recursos hídricos e permite tomada de decisões rápidas para garantir o abastecimento da população	Tecnologia desenvolvida junto com a USP que reúne informações de dados hidrológicos utilizada para gestão dos recursos hídricos. Cooperação com outras instituições
Redes Telemétricas	Equipamentos que registram níveis e vazões de represas, rios, canais	Todos os dados coletados de 10 em 10 minutos são consolidados no SSD. Cooperação com outras instituições.

Fonte: Autoras

Um grande desafio para a companhia de saneamento é aumentar a oferta de água. A utilização de dessalinização, que em muitos lugares é vista como alternativa, não é viável para implantar na RMSP devido ao desnível em relação ao litoral que tornaria a implantação muito cara. A utilização de água da chuva em edificações para fins não potáveis colabora para diminuir a demanda de água e recebe o incentivo da companhia através de políticas tarifárias, no qual não é cobrado o tratamento de esgoto (ESP-1). Uma alternativa para aumentar a oferta de água, seria despoluir os rios que cortam a RMSP.

#### 4.2 Preservação dos recursos hídricos

A RMSP possui 18 mananciais, dentre eles mananciais urbanos e mananciais protegidos. As ações da companhia para manter os mananciais protegidos são bem diferentes do que é utilizado em mananciais urbanos. Os mananciais protegidos são de propriedade da empresa de saneamento e encontram-se em reservas preservadas com pouca interferência do homem, e são protegidas por um cinturão verde. Já os mananciais urbanos, a propriedade não é da companhia e existem muitos problemas como ocupações irregulares e disposição de esgoto (ESP-1).

Aproximadamente 40% da água tratada em Estações de Tratamento de Água (ETA) são de mananciais vulneráveis. A Billings, por exemplo, já é pouco utilizada no abastecimento (ESP-1). O Guarapiranga é outro exemplo significativo pois recebe lixo e esgoto que são lançados indiscriminadamente (SABESP, 2020c). A companhia atua no programa Nossa Guarapiranga recuperando esse manancial que é um dos mais importantes mananciais da região junto com a prefeitura de SP. Utilizando barcos coletores e eco barreiras – bloqueios formados por boias em telas metálicas instalados na desembocadura dos afluentes das represas – são retirados materiais como sofás, plásticos, televisores, entre outros resíduos que contaminam os mananciais (SABESP, 2019). Este serviço é realizado por embarcações específicas com capacidade de transportar até 40 mil litros de resíduos auxiliados por 2 barcos “transformers” que foram desenvolvidos pela companhia em parceria com a Fundação de Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF) da Unesp.

Os cuidados com as margens das represas refletem na qualidade da água bruta que será capitada para abastecimento. Por esse motivo, as estações de tratamento de água (ETA’s) estão adaptadas para receber diferentes tipos de qualidade de água. O foco de uma ETA é a qualidade, assim, os processos dentro dessas estações de tratamento já estão calibrados com as dosagens necessárias e torná-las ideais para o consumo. Quanto mais poluída a água mais complexo é o processo. Nessa linha, a água do Sistema Rio Claro sai mais barata na produção do que a água do Guarapiranga que utiliza a tecnologia de membranas ultra filtrantes para tratamento da água e que possui maior grau de poluição. No entanto, existe um limite de poluição para garantir a eficiência das tecnologias aplicadas nas ETA’s e por isso a qualidade da água dos mananciais necessita grande controle. Se a qualidade do manancial baixar muito o tratamento não irá ser suficiente para garantir água com qualidade para a população (SABESP, 2020c).

Além disso, a poluição dos corpos hídricos causa outro problema para as ETA’s que é a floração de algas. Elas se alimentam de matéria orgânica e crescem muito rápido. A companhia realiza um controle diário para evitar a multiplicação de algas que impedem o tratamento de água (SABESP, 2020c). As algas podem entupir filtros e reduzir a vazão de água

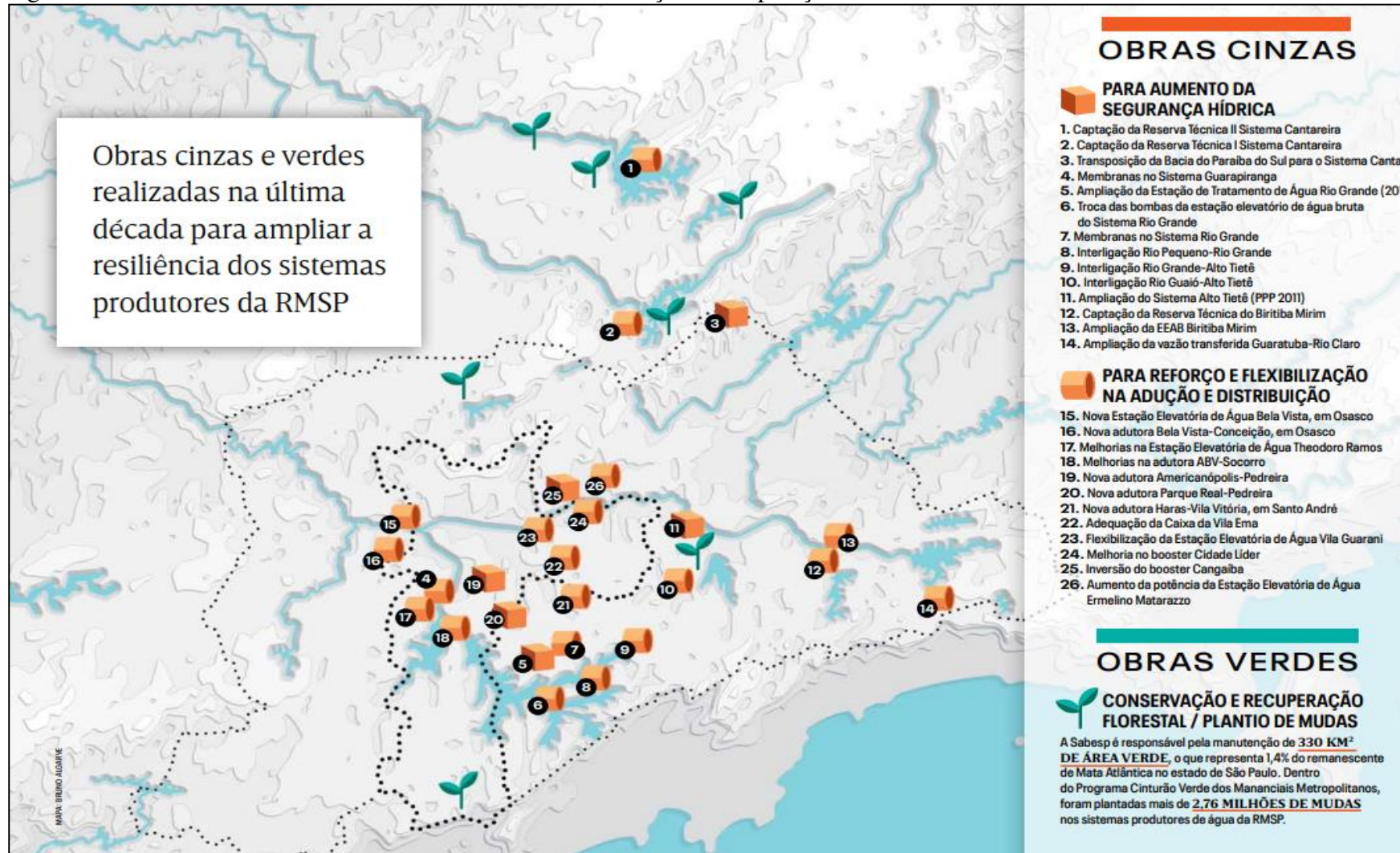
tratada (ESP-1). Geralmente é utilizado produtos químicos e algicidas nos mananciais que são produtos que impedem a proliferação acelerada das cianobactérias (ESP-1; ESP-2). As algas que permanecem na água bruta podem causar gosto e odor na água que são combatidos com carvão ativado, que absorve os compostos na ETA. O problema é que o carvão ativado possui um limite de eficiência, e quando a carga de matéria orgânica é muito alta nem todos os compostos são adsorvidos (ESP-2). Existe outra tecnologia que já foi testada pela empresa e utilizada para substituir o uso de produtos químicos que é a aeração, utilizada no rio Itaquaquecetuba e se mostrou eficiente. Quanto menos produto químico, melhor a qualidade final da água (ESP-1). Outras tecnologias como oxidação avançada com a utilização do ozônio ou de peróxido de hidrogênio junto com ultravioleta existem para tratar odor e gosto sem a utilização de produtos químicos, mas não são viáveis para a RMSP, isso porque as tecnologias são muito caras e os volumes da região são imensas, tornando a alternativa inviável economicamente. Se o manancial está preservado não existe a necessidade de gastar com esse pré-tratamento pois a água não vai conter carga orgânica em excesso, e, conseqüentemente, não haverá proliferação de alga. O Cantareira e o Alto Tietê são exemplos de sistema que não precisam utilizar produtos químicos (ESP-2).

O programa Cinturão Verde dos Mananciais Metropolitanos é uma iniciativa da empresa com foco na preservação dos mananciais e reúne ações de recuperação da cobertura vegetal e da preservação da mata nativa do entorno das represas (SABESP, 2020c). Assim, o programa colabora com a mata ciliar e reflorestamento de regiões perto de represas, e possui como parceiro o Governo do Estado de São Paulo que atua por meio do Programa Nascentes do Governo do Estado de SP (SABESP, 2019).

No ano de 2020 foi aprovado o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) do Sistema Cantareira com a colaboração da companhia. O plano é um documento que projete os recursos hídricos da região, especialmente os reservatórios que compõem o sistema e seus rios formadores (SABESP, 2020d). O plano teve início em 2012 e foi finalizado em meados de 2015 com a participação do Instituto de Pesquisas Ecológicas, porém não chegou a ser submetido à aprovação do CONSEMA (SABESP, 2020d). Em 2019 o estudo foi retomado com atualização dos dados da equipe da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, consultas públicas e com a participação dos conselhos municipais de defesa do meio ambiente – CONDEMAS – dos municípios envolvidos. O zoneamento da APA do sistema Cantareira está dividido em três zonas distintas com objetivos e diretrizes próprias: zona de uso sustentável (ZUS) – que visa compatibilizar os diferentes usos existentes no território e minimizar impactos negativos sobre recursos ambientais; zona de proteção de atributos (ZPA) – proteger áreas de alta relevância social e ambiental visando a conservação de biodiversidade e recursos hídricos; e zona de uso especial (ZPE) – reconhecer e fortalecer os territórios protegidos que visam preservar a natureza, sendo admitidos somente o uso indireto de recursos naturais observando regramentos específicos (SABESP, 2020d).

As soluções baseadas na preservação da natureza colaboram com a segurança hídrica e complementam as obras cinzas – obras de infraestrutura. A companhia realiza vigília constante em 44,53 mil hectares distribuídos nos sistemas Cantareira, Rio Claro, Alto Cotia e Capivari. A Figura 6 ilustra as obras verdes relacionadas a conservação e recuperação florestal (SABESP, 2020c).

Figura 6 – Obras cinzas e obras verdes relacionadas a conservação e recuperação florestal



Fonte: Sabesp, 2020c, p. 95

Existe grande dificuldade em monitorar as áreas do entorno dos mananciais e por isso existe a intenção de tentar realizar essa fiscalização por meio de drones (ESP-1). O Quadro 3 sintetiza as principais tecnologias utilizadas na RMSP para garantir a preservação dos recursos hídricos.

Quadro 3 – Tecnologias utilizadas para preservação de fluxos hídricos

Tecnologia	Objetivo	Resultados
Eco barreiras	Filtrar materiais grosseiros do rio	Retirada de lixo do Sistema Guarapiranga, aumentando a qualidade da água dos mananciais. Universidade com papel central no desenvolvimento de novas soluções e da capacidade tecnológica
Produtos Químicos e Algicidas	Combate as algas	Diminuir a presença de algas na água bruta
Carvão Ativado	Combater gosto e odor na água	Produção de água sem gosto e odor
Drones	Conservação da área verde do entorno dos mananciais	Fiscalização. Tecnologia obtida no mercado.

Fonte: Autoras

Cada vez mais, a companhia busca por tecnologias novas que melhore a qualidade da água tratada, no entanto, a poluição torna o processo mais caro. No fim, o mais barato sempre vai ser preservar o manancial (ESP-3).

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse item, são discutidas as principais alternativas existentes na empresa de saneamento que, junto com uma rede de relacionamentos, contribuem para garantir disponibilidade de água e segurança hídrica e preservação da água por meio da utilização de tecnologias ambientais.

Para contornar a variabilidade climática e manter a segurança hídrica, a companhia investiu em soluções tecnológicas como o SSD que é alimentado por 80 estações telemétricas que fornecem em tempo real informações relacionadas aos volumes dos mananciais, vazões e dados climáticos. Esse sistema controlado pelo CCM foi desenvolvido em parceria com a Universidade de São Paulo - USP, inicialmente como projeto de pesquisa de um colaborador da empresa cuja tese foi a criação de um sistema de suporte a decisões (ESP-1). Os dados climáticos são fornecidos pelo INPE, com informações de curto, médio e longo prazo. Para o aprimoramento da rede hidro meteorológica utilizada no SSD, foram realizadas visitas na ANA e a USP continua sendo o principal parceiro no desenvolvimento do sistema (ESP-1). Percebe-se que para garantir a oferta de água existe uma busca para aprimorar a capacidade tecnologia e a cooperação para inovação (ARRANZ et al., 2019) no qual a Universidade possui papel central no avanço da tecnologia e participa como parceira para desenvolvimento de novas soluções (HEATON; SIEGEL; TEECE, 2019).

Para garantir a disponibilidade hídrica é importante que sejam consideradas obras de infraestrutura do lado da oferta (GREEN et al., 2015) e para isso a companhia realizou obras estruturantes. As duas obras mais importantes realizadas pela empresa para manter a segurança hídrica da RMSP foram o Sistema Produtor São Lourenço e a Interligação Jaguari – Atibainha. O ideal seria evitar soluções tecnológicas que causem grandes impactos ao meio ambiente (DE ARAUJO; OLIVEIRA ESQUERRE; SAHIN, 2019), no entanto quando se fala em abastecimento de grandes metrópoles é difícil desenvolver soluções sem consequências ambientais (ESP-1; ESP-3).

A crise hídrica de São Paulo que iniciou em 2014 e durou até início de 2016 estimulou a busca por novas tecnologias. Nesse contexto, a empresa de saneamento optou pela utilização de membranas filtrantes para tratar água em uma maior velocidade (ESP-1, ESP3). A

implementação dessa tecnologia pela companhia ocorreu a partir de uma identificação do problema e da busca por uma solução para lidar com o novo cenário, evento que faz parte do processo de inovação (ROGERS, 2003). Ela é de fácil instalação e operação, no entanto a manutenção ainda é um problema, além de ser uma tecnologia muito cara (ESP-3). Atualmente, o tratamento com membranas são considerados um dos melhores do mundo e é utilizado não só para tratar água, mas também efluentes para uma ampla variedade de aplicações (DAIGGER et al., 2019), o que poderia aumentar a oferta de água na RMSP.

A crise também estimulou a busca por alternativas que eliminem o consumo de grandes volumes de água, como redução de pressão nas redes e incentivo a um consumo consciente, caminhos para melhorar o gerenciamento do consumo (DAIGGER et al., 2019). Os aplicativos e canais de comunicação com os clientes fornecem informações e estimulam o uso racional da água.

Outras iniciativas são apoiadas pela companhia como o reaproveitamento de água industrial e doméstico para fins não nobres, e utilização de água da chuva que já possui normas vigentes para aplicação (ESP-5). Em relação a utilização de água de chuva, a companhia estimula sua aplicação por meio de incentivos relacionados a conta final de água (ESP-2). O comportamento da população somado aos incentivos para o reaproveitamento e utilização de água da chuva para fins não potáveis facilitam a gestão da água (VOULVOULIS, 2018).

Ainda, mananciais protegidos não possuem problemas com algas e por isso o gasto com produtos químicos não é um problema. Dessa forma, é perceptível que existe um esforço da companhia em manter seus mananciais protegidos por meio de ações baseadas na preservação da natureza, cinturões verdes e definição de APAs. Essas ações não são tecnológicas, mas mitigam danos ambientais (JESUS et al., 2017) e contribuem para a conservação dos ecossistemas e, conseqüentemente, reestabelecem os fluxos hídricos (GREEN et al., 2015).

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo desta pesquisa foi analisar as medidas adotadas para mitigar a crise hídrica e adaptação às mudanças climáticas adotadas pela empresa de saneamento da RMSP. Os resultados mostram que a busca pela preservação dos fluxos hídrico, garantia de disponibilidade de água e gestão da demanda são os principais objetivos da companhia, e por isso investe-se em obras cinzas e obras verdes, além de promover a conscientização da população por meio de canais de comunicação.

Para aumentar a quantidade de água potável produzida existem tecnologias mais eficientes no mercado, como a membrana ultra filtrante, porém o alto custo associado a uma baixa demanda por sua utilização acaba refletindo em baixa utilização dessa solução pela empresa. Além disso, para a produção de água potável, quanto mais poluída a fonte hídrica, maiores os custos operacionais relacionados ao tratamento dessa água.

A solução para o abastecimento de água em municípios da RMSP envolve interligações e transferências de bacias, que passam por questões físicas como as grandes distâncias e áreas densamente ocupadas. Ainda, quando se fala se abastecimento de água em grandes metrópoles, fica difícil falar de uma solução que não tenha impacto. Para execução de barragens ou transferência de água são necessárias obras de engenharia que geram impactos, que são avaliados em conformidade com as licenças ambientais das agências responsáveis.

A empresa de saneamento, com apoio de parceiros, investe em soluções para expansão e manutenção dos sistemas de infraestrutura que fazem distribuição de água potável e coleta e tratamento de esgoto. Investimentos em infraestrutura são exemplos de ações que buscam resiliência a interrupções, proteção da fonte de água, rede de distribuição e instalações de tratamento que contribuem com o meio ambiente e melhora a saúde pública da população.

As oportunidades que existem na indústria do saneamento da RMSP e que influenciam a proteção de corpos hídricos, segurança hídrica, consumo consciente, redução de perdas e

melhoria no tratamento de água residuais estão sendo mapeadas pela companhia que busca soluções para melhorar o gerenciamento desse recurso com o apoio de parcerias. A proteção de corpos hídricos por meio de obras verdes em áreas vulneráveis restabelece as funções naturais do ecossistema além de garantir maior disponibilidade no meio ambiente; a busca por segurança hídrica por meio de novas infraestruturas garante a oferta de água para a população.

Todas essas medidas promovidas pela companhia para enfrentar a crise hídrica, são fundamentais para a adaptação às mudanças climáticas. Entretanto, há outros atores sociais envolvidos. Os recursos hídricos disponíveis nas bacias hidrográficas que atendem a RMSP também fazem parte de outras atividades além do abastecimento, como geração de energia, recreação e até mesmo turismo. A gestão da água precisa contemplar essas diversas finalidades, e para isso é importante a integração das partes interessadas como órgãos de instâncias federais, estaduais e municipais, entidades acadêmicas, institutos de pesquisas, empresas de saneamento e a sociedade civil, que inclui empreendedores, proprietários rurais e cidadãos. Assim, para futuras pesquisas sobre adaptação às mudanças climáticas no setor de água, recomenda-se incluir outras partes interessadas, que compartilham as bacias hidrográficas ou mananciais estudados, na gestão e preservação desses recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ANA. **Conjuntura dos Recursos: Hídricos no Brasil**. 2019. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2020.
- ARRANZ, N. et al. Incentives and inhibiting factors of eco-innovation in the Spanish firms. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 220, p. 167–176, 2019.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BONOLI, A. et al. Green smart technology for water (GST4Water): Life cycle analysis of urban water consumption. **Water**, Bologna, v. 11, n. 2, p. 1–12, 2019.
- COLBY, B.; ISAAKS, R. Water Trading: Innovations, Modeling Prices, Data Concerns. **Journal of contemporary water research and education**, Arizona, v. 165, n. 1, p. 76–88, 2018.
- GUERRA-RODRÍGUEZ, S. et al. Towards the implementation of circular economy in the wastewater sector: Challenges and opportunities. **Water (Switzerland)**, Madrid, v. 12, n. 5, p. 1431, 2020.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DAIGGER, G. T. et al. The Future of Water. **Water and Sanitation Division**, [s. l.], v. IDB-DP-657, n. May, p. 756–759, 2019.
- DE ARAUJO, W. C.; OLIVEIRA ESQUERRE, K. P.; SAHIN, O. Building a system dynamics model to support water management: A case study of the semiarid region in the Brazilian northeast. **Water (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2019.
- GRAFTON, R. Q.; CHU, L.; KOMPAS, T. Optimal water tariffs and supply augmentation for cost-of-service regulated water utilities. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 34, p. 54–62, 2015.
- GREEN, P. A. et al. Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. **Global Environmental Change**, New York, v. 34, p. 108–118, 2015.
- GOV-SP. Últimas notícias. 2018. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/interligacao-jaguari-atibainha-beneficios-para-moradores-de-sp-e-rj/>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- HEATON, S.; SIEGEL, D. S.; TEECE, D. J. Universities and innovation ecosystems: A dynamic capabilities perspective. **Industrial and Corporate Change**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 921–939, 2019.
- JESUS, A. de et al. Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical



literature review. **Journal of Cleaner Production, Lisboa**, v. 172, p. 2999–3018, 2017.

MAKROPOULOS, C. et al. Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 216, p. 285–298, 2018.

MORO, M. A. et al. The industrial dynamics of water innovation: A comparison between China and Europe. **International Journal of Innovation Studies**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 14–32, 2018

OKHRAVI, S.; ESLAMIAN, S.; DALEZIOS, N. R. Reducing water shortage crisis through rainwater reuse : lessons learned from ancient toward integrated technology. **International Journal of Hydrology and Technology**, Hamadan, v. 9, n. 6, p. 587–602, 2019.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 3. ed. New York: The American Center Library, 2003.

SABESP. **Crise hídrica, estratégia e soluções da SABESP**, 2015. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess\\_crise\\_hidrica.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2020.

SABESP. **Água, de onde vem?** 2020a. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=31#:~:text=A%20%C3%A1gua%20armazenada%20passa%20por,2%20mil%20litros%20por%20segundo>>. Acesso em: 13 set. 2020

SABESP. **Controle de perdas**. 2020b. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=37>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

SABESP. **Estratégias Resilientes**. 2020c. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp\\_doctos/livro\\_estrategias\\_resilientes.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/livro_estrategias_resilientes.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2020

SABESP. **Relatório de Sustentabilidade**, Sabesp. 2019. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp\\_doctos/RS2019\\_PORTUGUES.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/RS2019_PORTUGUES.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2020.

SABESP. **Notícias**. 2018. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=7892>>. Acesso em: 13 set. 2020.

SABESP. **Notícias**. 2020d. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=8427>>. Acesso em: 13 set. 2020.

SABESP. **Interligação Jaguari/Atibainha**. 2020e. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=548#:~:text=A%20Interliga%C3%A7%C3%A3o%20consiste%20em%20um,Atibainha%2C%20pertencente%20ao%20Sistema%20Cantareira>>. Acesso em: 15 ago. 2020

SANTELMANN, M. et al. Designing and modeling innovation across scales for urban water systems. **Urban Ecosystems**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 1149–1164, 2019.

SIRAJ, T.; STEICHEN, T.; SHUOLER, M. **Water and circular economy**: white Paper Ararup Group. Antea Group & Ellen Macarthur Foundation. [s.l: s.n.], 2018.

SMOL, M.; ADAM, C.; PREISNER, M. Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, Cracow, v. 22, p. 682–697, 2020.

SPILLER, M. et al. Integrating process and factor understanding of environmental innovation by water utilities. **Water Resources Management**, Wageningen, v. 29, n. 6, p. 1979–1993, 2015.

VOULVOULIS, N. Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. **Environmental Science and Health**, Londres, v. 2, p. 32–45, 2018.

WWDR. **WATER AND CLIMATE CHANGE**, 2020. Disponível em: <<https://environmentalmigration.iom.int/>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso - planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.