

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE
MATERIAIS**

**CRISE HÍDRICA DE 2013: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS, ANÁLISE DE RISCO E
UMA VISÃO INDUSTRIAL**

São Paulo – SP
2020

CRISE HÍDRICA DE 2013: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS, ANÁLISE DE RISCO E UMA VISÃO INDUSTRIAL

Orientando:
Pedro Carvalho Tesser

Orientador:
Eduardo Franco de Monlevade

Trabalho de Formatura apresentado
à Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo como requisito parcial
de formatura.

Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais da Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-publicação

Tesser,Pedro

Crise Hídrica de 2013: perspectivas históricas, análise de risco e uma visão industrial / P. Tesser -- São Paulo, 2020.
69 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

1.Crise Hídrica 2.Gestão de Recursos Hídricos 3.Sistema Cantareira
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais II.t.

“Ah, tem uma repetição, que sempre outras vezes em minha vida acontece. Eu atravesso as coisas – e no meio da travessia não vejo! – só estava era entretido na ideia dos lugares de saída e de chegada. Assaz o senhor sabe: a gente quer passar um rio a nado, e passa; mas vai dar na outra banda é num ponto muito mais em baixo, bem diverso dó que em primeiro se pensou. Viver não é muito perigoso?”

(Guimarães Rosa – Grande Sertões Veredas)

RESUMO

A região metropolitana de São Paulo foi assolada entre os verões austrais de 2013 e 2015 por um período de baixas precipitações e, consequentemente, foram reduzidas vazões dos afluentes que alimentam sua principal fonte de abastecimento hídrico, o Sistema Cantareira. Constataram-se baixas históricas tanto nos níveis de água do Sistema Cantareira, quanto em sua maior represa, Jaguari/Jacareí. São Paulo, a maior metrópole do país, teve suas reservas úteis esgotadas e foi forçada a adotar medidas emergenciais e de caráter reativo. Obras foram iniciadas e entregues com atrasos e falhas para tentar mitigar os impactos da seca. O abastecimento público, industrial, para irrigação e dessedentação foram comprometidos. A perspectiva histórica do problema remonta diferentes origens para o *stress* hídrico na região e o embate no uso da água. Já a análise de risco e de vulnerabilidade aliado a visão industrial fornecem insumos sobre as fragilidades da omissão do estado na gestão dos recursos.

Palavras-Chave: Crise hídrica de 2013; Sistema Cantareira; Gestão de recursos hídricos;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Região Metropolitana de SP e sua divisão Sub-Regional	15
Figura 2 – Mapa da Unidade de Gerenciamento Hídrico 6 – Alto Tietê (ano base 2004/2007)	16
Figura 3 – Sequência de represas que compõem o Sistema Cantareira e suas respectivas bacias e rios	17
Figura 4 – Informativo do Sistema Cantareira e as diferentes altitudes das Represas e Estações de tratamento de água (ETA) que o compõe	19
Figura 5 – Composição do volume total do Sistema Cantareira	20
Figura 6 – Principais massas de ar atuando sobre domínio Climático brasileiro e subtipos.....	24
Figura 7 – Climograma de São Paulo (1933 - 2011)	25
Figura 8 - Média histórica anual de precipitação anual e sazonal	27
Figura 9 – Boxplot de precipitação mensal (1981-2010) e 2019: região 114....	29
Figura 10 – Categorias de riscos	33
Figura 11- Diferentes demandas hídricas no curso de afluentes	36
Figura 12 – Consumo de água por tipo de Indústria	37
Figura 13 – Demanda hídrica estimada para o ano de 2015 por diferentes usos – PBH-AT (2018).....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média histórica de pluviometria na Cantareira	28
Tabela 2 – Demanda hídrica da indústria por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI).....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Vazões afluentes ao Sistema Cantareira e médias históricas de 1930 a 2014	42
Gráfico 2 – Série Histórica do nível da Represa Jaguari/Jacareí em metros entre janeiro de 1975 a abril de 2020	49
Gráfico 3 - Evolução do volume útil do Sistema Cantareira de 1982 a 2020....	50
Gráfico 4 – Nível da Represa Jaguari/Jacareí entre março do ano de 1982 e fevereiro de 2004	51
Gráfico 5 – Anomalia de precipitação anual em milímetros na RMSP comparada à média histórica entre 1981 e 2010	53
Gráfico 6 - Série Histórica do nível da Represa Jaguari/Jacareí em metros entre janeiro de 2004 a janeiro de 2017	54
Gráfico 7 – Demanda hídrica da indústria projetada entre 2008 e 2035.....	58

LISTA DE SIGLAS

cm	Centímetros
hm ³	Hectômetro cúbico
l/s	Litro por segundo
m ³	Metro Cúbico
m ³ /s	Metro Cúbico por segundo
mm	Milímetro
p.	Página

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
MIME	Ministério de Minas e Energia
PBHAT	Plano Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RT	Reserva Técnica
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SSRH	Secretaria Estadual de Recursos Hídricos
SP	São Paulo
TCE	Tribunal de Contas do Estado
UGRHI	Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
VM	Volume Morto
VU	Volume Útil
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Área de estudo.....	14
2.1.1	Abastecimento e bacia Hidrográfica.....	17
2.1.2	Período da seca	21
2.1.3	Dados da seca	22
2.2	CLIMATOLOGIA DA REGIÃO	23
2.2.1	Clima tropical do Brasil Central sem seca – São Paulo (SP)	25
2.2.2	Variação tempo-espacial da chuva	25
2.3	PERSPECTIVA HISTÓRICA	29
2.3.1	Plano de Bacia Hidrográfica – Alto Tietê.....	31
2.4	ANÁLISE DE RISCO	32
2.4.1	Partições de Análise de Risco.....	32
2.5	VISÃO INDUSTRIAL E SOCIOECONÔMICA.....	35
2.5.1	Água como insumo para indústria.....	37
2.5.2	Água e a geração de energia	38
3	METODOLOGIA	40
3.1	RECORTES HISTÓRICOS E SOCIAIS.....	41
3.2	DADOS DE NÍVEL DE REPRESA.....	41
4	RESULTADOS E DICUSSÃO.....	42
4.1	ANÁLISE DE RECORTES HISTÓRICOS: CRISE HÍDRICA	42
4.1.1	Atuação governamental	45
4.2	ANÁLISE DE DADOS DE NÍVEL DE REPRESA ANTES DA CRISE HÍDRICA	48
4.3	ANÁLISE DOS DADOS DE NÍVEL DA REPRESA DURANTE A CRISE HÍDRICA	53
4.4	ANÁLISE IMPACTO DA SECA E VULNERABILIDADE	56
4.4.1	Indústria e Energia	57
4.4.2	Análise de risco e a estiagem de 2013 a 2015.....	61
4.5	DISCUSSÃO DA CRISE HÍDRICA	63
5	CONCLUSÃO	65

6	REFERÊNCIAS	66
---	-------------------	----

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos indispensáveis para a manutenção e preservação da vida, de modo a configurar um bem de extrema valia. Ainda que constitua um bem renovável, há de considerar que a água tem de estar disponível e com qualidade adequada para atender as demandas de consumo. Conforme Agência Nacional de Águas, 97,5% de todo água existente no planeta é salgada e inviável para consumo direto ou uso em atividades a agropecuárias, de modo que somente 0,025% da água mundial está disponível em rios e corpos hídricos superficiais para uso direto (ANA, [s.d.]). Nota-se que a água é adequada para uso. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (ONU), 33% da população mundial não tem acesso a água potável (ONU, 2019b). Há, portanto, não só qualidades diferentes de água, mas distribuição disforme desse bem no planeta. Alguns países e regiões concentram maior quantidade de água do que outras, como é o caso do Brasil, que concentra 12% de toda a água doce mundial (ONU, 2019a).

Deve-se adicionar às restrições de disponibilidade e qualidade da água uma série de interesses que nem sempre são harmoniosos. Diferentes demandas competem para usufruir do recurso, disputando por prioridade. Para atender o maior número de demandas e conciliar interesses, faz-se necessário o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Mesmo na ausência de conflitos, o gerenciamento pode vir a atuar como uma atitude preventiva para conservação do recurso natural e em última instância a vida (POLETO, 2014). Nesse contexto, um exemplo de estudo de caso da necessidade de gerenciamento em momentos de *stress* hídrico foi a crise hídrica de 2013, dado que expõe a fragilidade de como a água vem sendo gerida.

O estudo da crise hídrica de 2013 foi realizado a partir de três perspectivas complementares: histórica, industrial e de análise de risco. Uma série de condições de contorno foram determinantes na delimitação das principais variáveis de referência ao episódio e permitiram ampliar sua análise para além do período – qual o precedente históricos e os impactos futuros da crise, por meio de registros midiáticos e outros artigos acadêmicos desenvolvidos com a apuração de dados da seca.

Assim, o presente trabalho investigou a região geográfica estudada - região metropolitana de São Paulo (RMSP) - e sua rede de abastecimento hídrico, com elevada atenção ao Sistema Cantareira. Também foi delimitado o recorte histórico-

temporal utilizado para compreender a crise hídrica, localizando-a entre início do verão austral de 2013 e final do verão austral de 2015.

O levantamento das informações referentes ao nível da Represa Jaguari/Jacareí no período da seca, como nível da água da represa, precipitação no período, vazão dos afluentes e nível do Sistema Cantareira, também auxilia na delimitação do estudo e permite estabelecer uma base de comparação com outros períodos históricos. O estudo, dessa forma, expande o entendimento das conjunturas da crise hídrica e seu legado. Perguntas inerentes a crise podem ser elaboradas e exploradas como: o quão anômalo é essa crise em comparação a outras? Quais as principais medidas tomadas para conter a situação? Existe um plano de contingência e qual o posicionamento do Estado? Quais as obras legadas da crise hídrica de 2013? Qual a análise de risco sobre a crise hídrica de 2013? E, por fim, como contextualizar a demanda da industrial e energético no cenário de crise hídrica?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

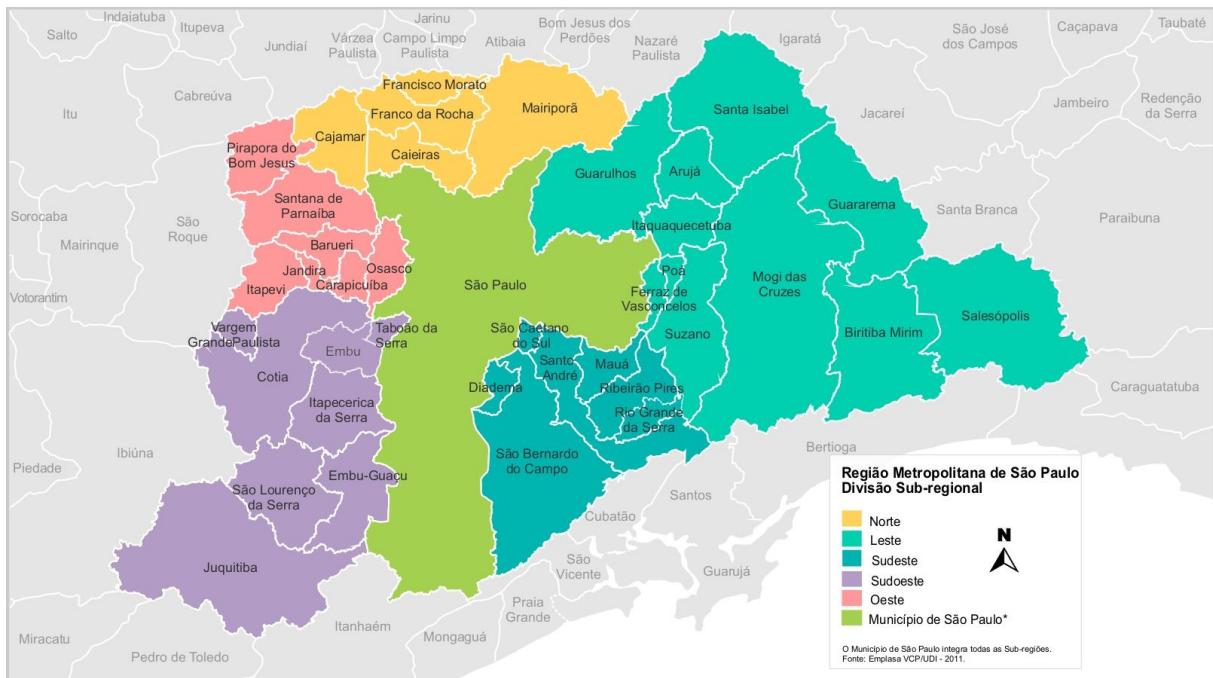
O estudo de artigos acadêmicos, notícias, documentos oficiais do Estado e literatura sobre a gestão da água e a crise hídrica de 2013 auxiliaram na delimitação dos atributos de interesse na análise do evento. Cada um dos subtópicos explora as delimitações do tema e seu embasamento teórico para tal.

2.1 Área de estudo

A análise da seca de 2013 restringe-se a um quadrante localizado dentro do Estado de São Paulo, Brasil. A localidade de interesse corresponde a Região metropolitana de São Paulo (RMSP), que pode ser delimitada pelas coordenadas geográficas de 22.5ºS, 25ºS, 47.5ºO e 45ºO (COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016).

A região, compreendida pelo quadrante de latitudes e longitudes acima, abrange 39 municípios divididos em 5 sub-regiões, como pode ser observado na Figura 1 (“Lei Complementar no 1.139, de 16 de junho de 2011 - Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo,” [s.d.]; “RMSP – PDUI RMSP,” [s.d.]), o que corresponde a maior população metropolitana do país comparada a outros municípios, estado ou micro região - com população de mais de 21 milhões de habitantes, segundo as estimativas baseadas no Censo de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (“IBGE | Cidades@ | São Paulo | São Paulo | Panorama,” [s.d.]).

Figura 1 - Região Metropolitana de SP e sua divisão Sub-Regional

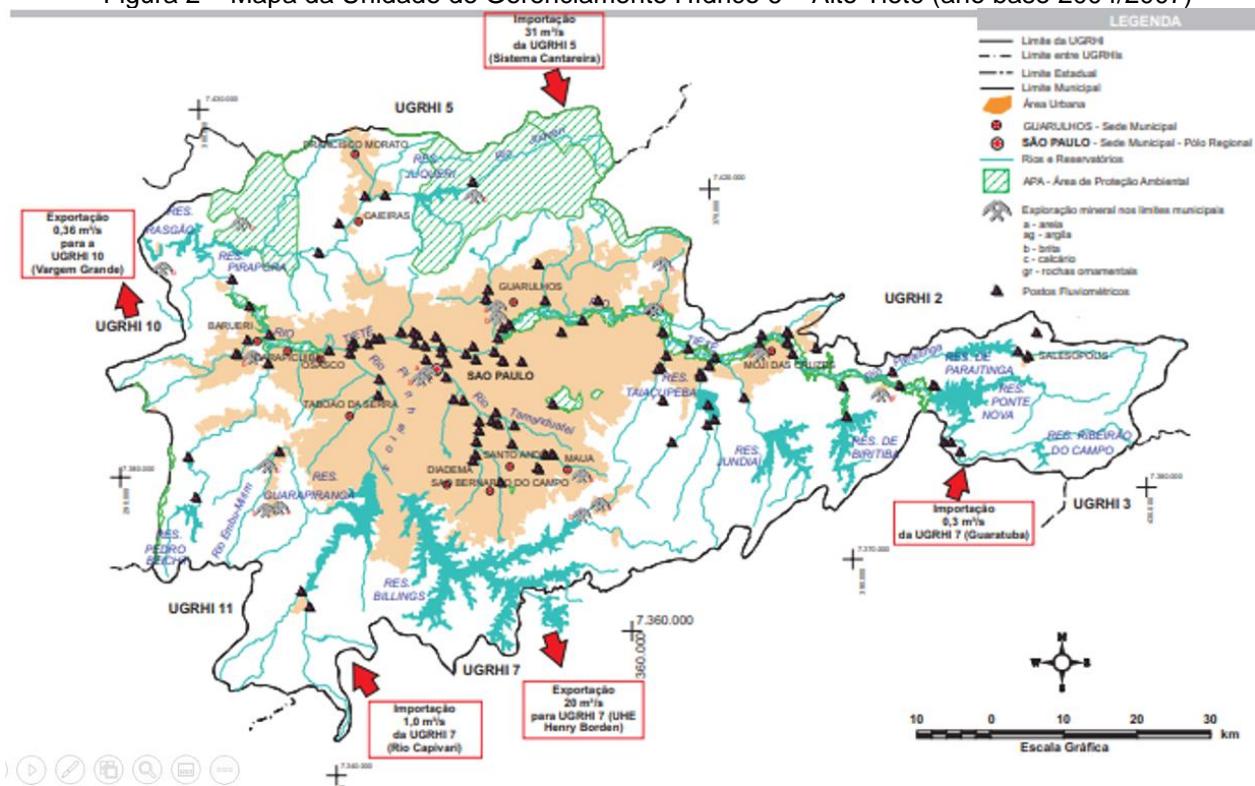


Fonte: Imagem da Região metropolitana de São Paulo, retirado do website da Empresa Paulista de planejamento urbano (Emplasa) ("Região Metropolitana de São Paulo," [s.d.])

A região metropolitana de São Paulo (RMSP) configura uma importante força motriz da economia brasileira com participação de cerca de 18% no PIB do país e 56% no do Estado. Como uma das 10 mais populosas do mundo e com uma economia tão expressiva ("IBGE | Cidades@ | São Paulo | São Paulo | Panorama," [s.d.]), é de se esperar alto consumo de recursos hídricos e, portanto, a necessidade de abastecimento em larga escala de água tanto para consumo da população, quanto para atividades agropecuárias, industriais e comerciais.

A maior parte do território da RMSP, com 99.5% da população, correspondendo a 8051 km² e 39 municípios, está localizada na área da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 06 (UGRHI 06), como observado na Figura 2, com exceção de apenas Guararema, Santa Isabel e Juquitiba que não integram a mesma. Tal área corresponde a região drenada pelo rio Tietê desde suas nascentes em Salesópolis, até a barragem de Rasgão, integrada por 34 municípios (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO; JMR ENGECORPS, 2004).

Figura 2 – Mapa da Unidade de Gerenciamento Hídrico 6 – Alto Tietê (ano base 2004/2007)



Fonte: Extraído e adaptado do Plano Estadual de Recursos Hídricos (2004/2007) (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO; JMR ENGECORPS, 2004)

Trabalhos acadêmicos também se referem ao Estado de São Paulo e a RMSP, explorando o tema da inconstância no regime de chuvas por entre diferentes períodos e os possíveis impactos em diferentes setores. Por um lado, a presença de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) pode ser apontada como uma das principais causas para episódios de chuvas torrenciais e, por consequência, desastres naturais na região sudeste do Brasil, em especial, na RMSP por sua alta urbanização e dificuldade de escoamento da água (CARVALHO et al., 2002; LIEBMANN et al., 2001; SILVA DIAS et al., 2013). Por outro lado, a ausência de tais episódios pode ocasionar, como vivenciado entre 2013 e 2015, eventos de extremo *stress* hídrico com a ausência de chuvas (COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016; DUFEK; AMBRIZZI, 2008; LIEBMANN et al., 2001; OTTO et al., 2015; SILVA DIAS et al., 2013; SUGAHARA; DA ROCHA; SILVEIRA, 2009). A área delimitada é, portanto, alvo de estudo por sua importância econômica para o país e vulnerabilidade quanto a episódios de *stress* hídrico.

2.1.1 Abastecimento e bacia Hidrográfica

A RMSP é abastecida majoritariamente pela importação de água do Sistema da Cantareira - Figura 2- que prevê a vazão de 31 m³/s de água para o abastecimento de cerca de 9,4 milhões de habitantes da RMSP - população que corresponde à 3º maior urbana do Brasil (PORTO; PORTO; PALERMO, 2014b; “Sistema Cantareira (Saiba mais) — Agência Nacional de Águas,” [s.d.]).

Como o maior sistema produtor de água da RMSP, o sistema Cantareira é composto por seis represas interligadas por 28 quilômetros de tuneis e canais, bem como uma estação elevatória para impulsionar a água pelo desnível geográfico (“Sabesp » Água » De onde vem?,” [s.d.]). Esse sistema pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Sequência de represas que compõem o Sistema Cantareira e suas respectivas bacias e rios



Fonte: Imagem retirada do website informativo da Agência Nacional de Águas (“Sabesp » Água » De onde vem?,” [s.d.]).

Na década de 1970, as seis represas supracitadas foram construídas e, somente em 1982, passaram a operar em conjunto. A Represa de Paiva Castro foi entregue em 1973; Águas Claras em 1973; Cachoeira em 1975; Atibainha em 1975; Jaguari e Jacareí concluídas em 1981.

Essas represas Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha compõe o Sistema equivalente do Sistema Cantareira, sendo alimentados pelo rio Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha, respectivamente. As bacias dos rios Jaguari e Jacareí estão em Minas Gerais, assim como as nascentes dos rios tributários do rio Cachoeira. Desse modo, aproximadamente 45% da área produtora de água se encontra nesse estado, fora do estado de São Paulo (“Sistema Cantareira (Saiba mais) — Agência Nacional de Águas,” [s.d.]).

O Sistema Cantareira foi construído durante as décadas de 1960 e 1970, e passou a operar meados de 1980, a fim de fornecer água para a RMSP e amenizar os conflitos de jurisdição na produção de água. O dimensionamento das represas e barragens contou com testes empíricos e projeções de demandas, que encontraram barreiras tecnológicas para estabelecer previsibilidade de demandas da RMSP (PINHEIRO, 2007). O sistema Cantareira foi então construído para fornecer 31m³/s de água, sendo que 22 m³/s são produzidos pela bacia do Rio Piracicaba, responsável por abastecer o Sistema Equivalente da Cantareira. Somente 2 m³/s são produzidos pela Bacia do Alto Tietê e escoado pelo Rio Juquehi. Os demais 8 m³/s são produzidos pelos rios Cachoeira e Atibainha contidos na Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) (“Sabesp » Água » De onde vem?,” [s.d.]).

Como ilustrado abaixo pela Figura 4, as diferentes represas que compõe o Sistema Cantareira estão localizadas em diferentes altitudes, de modo a se beneficiar da força gravitacional para deslocar a água entre as represas de maior altitude para as de menor. Na sequência decrescente de altitude, tem-se as represas Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha – última represa do sistema equivalente da Cantareira, e, por fim, a Represa Paiva Castro com menor altitude de todo o Sistema Canteira. A partir dessa última, a água é então bombeada pela elevatória Santa Inês para abastecer Represa Águas Claras e a estação de tratamento de água (ETA) Guaraú, localizada na Zona Norte de São Paulo, ambas constituintes da Bacia do Alto do Tietê (“Sistema Cantareira (Saiba mais) — Agência Nacional de Águas,” [s.d.]).

Figura 4 – Informativo do Sistema Cantareira e as diferentes altitudes das Represas e Estações de tratamento de água (ETA) que o compõe

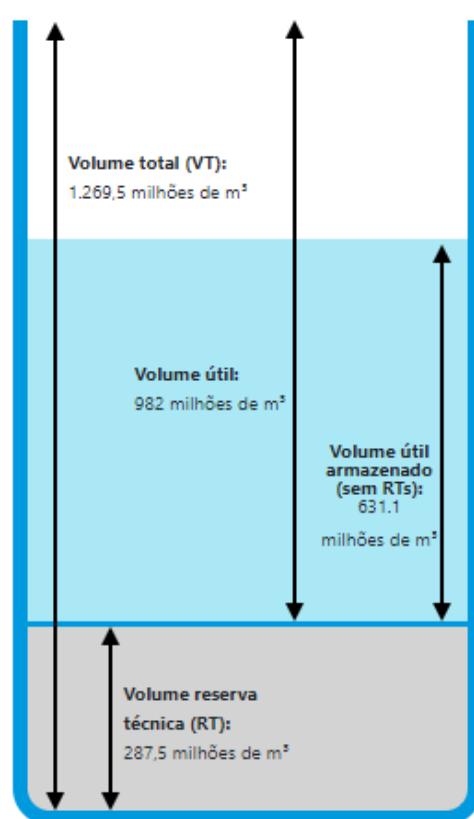


Fonte: Imagem informativa retirada do website da SABESP – informa os diferentes desníveis entre represas e introduz o conceito de reserva técnica – parte da água da represa que fica abaixo do ponto de captação (“Sistema Cantareira (Saiba mais) — Agência Nacional de Águas,” [s.d.]).

Cada uma das represas descritas possui um volume útil de água, o qual é passível de ser transportado para a represa seguinte, que, por sua vez, está localizada a uma menor altitude na cadeia de represas, até, por fim, o abastecimento da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Guarapuava. Abaixo do volume útil de cada represa, que corresponde ao volume de água possível de ser transportado via gravidade para as represas de menor altitude, existe a reserva técnica. Tal reserva se encontra abaixo no nível da comporta da represa, de modo que para ser utilizado deve ser bombeado para a próxima reserva.

O sistema Cantareira possui capacidade máxima de 1269,5 milhões de metros cúbicos de água. Esse volume total (VT) é composto pela soma tanto da fração correspondente ao volume útil de 982 m³, quanto daquela de volume de reserva técnica (RT) de 287,5 m³ de água.

Figura 5 – Composição do volume total do Sistema Cantareira
Infográfico Cantareira



Fonte: Esquema didático sobre constituição da Cantareira. Apresenta informações relativas ao dia 05 de abril de 2020, extraído do Site da Sabesp (“Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP,” [s.d.])

A Figura 5 ilustra os dados de volume útil disponível no Sistema Cantareira no dia 04 de abril de 2020 e seus respectivos volumes abordados nos parágrafos anteriores. A reserva técnica ilustrada acima, também conhecida como Volume Morto (VM), corresponde a um requisito de projeto da represa. O volume morto é projetado para que haja volume disponível para acúmulo de sedimentos, em função da vida útil do reservatório e características da bacia. O processo de assoreamento deve, portanto, ser responsável por depositar no volume morto material transportado, devido à diminuição da velocidade e turbulência das águas. Em última instância, o volume morto é responsável por reduzir a quantidade de sedimentos captados na tomada de água da represa (“Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP,” [s.d.]).

Duas das seis represas que compõem o Sistema Cantareira são de gestão Federal (represa Jaguari e Cachoeira) e as demais de gestão Estadual (Jacareí,

Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras). O uso do manancial para fins de abastecimento foi concedido pelo então Ministério de Minas e Energia (MIME) em 1974 à Sabesp. A outorga foi renovada em 2004 com a intermediação da Agência Nacional de Águas (ANA) por prazo reduzido de 10 anos. Estabeleceu-se em tal outorga que a Sabesp poderia captar até 31 m³/s em média para abastecimento da RMSP e outros 5 m³/s para as Bacias Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ). Em 2014 a licença deveria vencer, porém um mês antes do prazo, a outorga foi prorrogada até outubro de 2015, devido à crise hídrica do período. Definiu-se ainda que a ANA e o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) definiriam em conjunto os limites de vazões e condições de operação do Cantareira. Desde o final do ano de 2014, observou-se que ambos órgãos reguladores têm limitado o volume máximo de retirada de água do sistema Cantareira. Já em abril de 2015, limitou-se a vazão de 9,5 m³/s e 13 m³/s para a Bacia do Alto Tietê (BAT) e de 1,5 m³/s para as Bacias PCJ para serem utilizadas pela Sabesp.

2.1.2 Período da seca

No início do verão do ano de 2013, o estado de São Paulo sofreu um déficit significativo nos índices de precipitação, que ocasionaram condições de seca para o Sistema Cantareira de abastecimento. Em 2014, uma série de medidas governamentais e estudos referentes a produção de água foram conduzidos para mitigar os efeitos danosos da seca, para melhor entender os riscos relativos a suprimento de água para população e para estimar os efeitos do encarecimento na geração de energia hidrelétrica. No início de 2015, os efeitos da seca ainda eram sentidos pela população (PORTO; PORTO; PALERMO, 2014a, 2014b). Delimitou-se, dessa forma, o período de estudo da seca entre Dezembro de 2013, início do verão austral, e Março de 2015, fim do verão no hemisfério sul. Além dos registros de midiáticos e governamentais relativos à seca, a delimitação do período de crise hídrica pode ainda ser realizado com base na análise dos registros de médias históricas de precipitação e o quanto anômalo esse período é quando comparado a outros recortes históricos de crise hídrica para a região de estudo (COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016), conforme elaboração adiante no tópico 4, referente a Resultados e Discussão.

O período entre final de 2013 e início de 2015, utilizado para delimitar a seca, pode ser utilizado como base de comparação para outros períodos de escassez de índices de precipitação e avaliação de grau de anomalia do episódio. Além disso, o recorte temporal é valioso para analisar a eficácia das medidas do Estado, sejam elas preventivas, antes do período delimitado a fim de mitigar os impactos da escassez de chuvas e prover aumento na produção de água; reativas, no momento de constatação da seca e seus efeitos; e, por fim, medidas de legado geradas a partir dos impactos que a seca teve em esfera regional e nacional, a partir do distanciamento temporal de cinco anos após o período descrito, ou seja, análise do período com base no que ocorreu e os legados da crise ainda no ano de 2020.

2.1.3 Dados da seca

A organização dos dados oficiais disponibilizados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), por artigos científicos e pela literatura sobre o tema compõem as principais fontes de informação para análise da seca de 2013 na região metropolitana de São Paulo.

Diariamente, a SABESP disponibiliza em seu website, às nove horas da manhã, todos os dados atualizados do dia sobre a situação dos Mananciais – Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga, Cotia, Rio Claro, rio Grande e São Lourenço, em relação ao seu volume e a pluviometria constatada.

Os dados sobre o volume operacional dos mananciais estão separados em: porcentagem da reserva útil preenchida em relação ao volume total; a quantidade em hectômetro cúbico (hm^3) da reserva útil preenchida; e, por fim, a variação positiva ou negativa em porcentagem do volume do manancial em relação ao dia anterior.

Como o volume referente à reserva técnica de 287,5 milhões de metros cúbicos só pode ser utilizado mediante autorizações dos órgãos gestores, tal volume não é utilizado para cálculo do volume útil do manancial da Cantareira. A partir do dia 15 de maio do ano de 2017, após término do período de licença para uso da reserva técnica e a sua recuperação com aumento do nível das represas, a SABESP passou a disponibilizar somente índices que dispensam o volume de reserva técnica.

Os dados da pluviometria em milímetros de chuva, por sua vez, são separados em relação ao dia; mês – cumulativo de todos os dias anteriores; e média histórica para aquele período – cumulativo da média histórica da pluviometria do mês.

Além dos dados de pluviometria e do volume útil de todo o manancial, são disponibilizados também os dados granulares referentes as represas que compõe o Sistema Cantareira – Jaguari/Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras, referentes ao nível da represa (em metros), volume (em hectômetro cúbico), chuva em (milímetros), vazão na jusante e natural (em metro cúbico por segundo). Os dados agrupados de volume e média pluviométrica das Represa Jaguari/Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro preenchem os campos resumidos dos “Estados de Mananciais” da Cantareira mencionados nos parágrafos anteriores (“Sabesp » Sistema Cantareira,” [s.d.]).

2.2 CLIMATOLOGIA DA REGIÃO

O Brasil, por ser um país de dimensões continentais, apresenta uma grande variedade de climas – sob a influência de diferentes massas e frentes de ar, agrupados por semelhanças na distribuição de pluviosidade e de temperatura durante um ciclo anual. Os 5 macros tipos climáticos ilustrados na Figura 6 são generalizações dos climas existentes no território brasileiro e são passíveis de serem ainda analisados em micro tipos constituintes, a fim de se aproximar cada vez mais da realidade climática do país por meio de análises regionais e espaço-temporais.

Figura 6 – Principais massas de ar atuando sobre domínio Climático brasileiro e subtipos

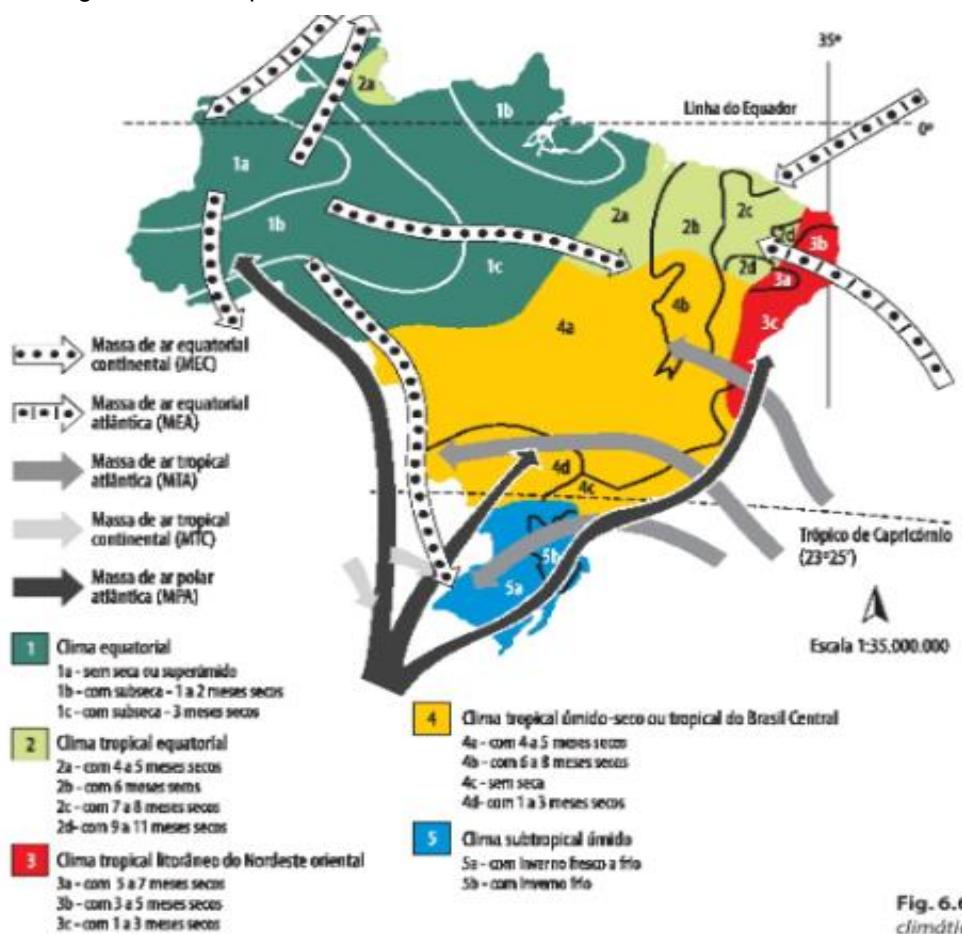


Fig. 6.6 Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos

Fonte: Imagem retirada do livro “Climatologia: noções básicas e climas do Brasil” (MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007)

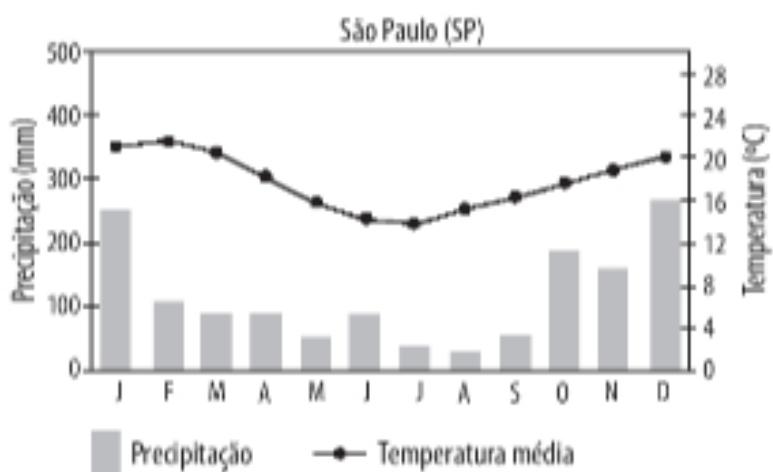
Alguns fatores são essenciais no estudo dos cinco macro tipos climáticos brasileiros. Entre esses fatores, destacam-se: a latitude da região analisada, sua continentalidade ou maritimidade, as formas de relevo que compõe o território, e a dinâmica de massas de ar e frentes (MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007).

Ações antrópicas e a presença de vegetação, em especial por sua contribuição à umidade atmosférica por meio da evapotranspiração, têm efeito direto no clima das regiões. A região sudeste por ser amplamente urbanizada, apresenta pequena parcela de seu principal bioma original, a Mata Atlântica, preservada. Amplas faixas de desmatamento e centros urbanos ocupam hoje o que antes compunham regiões que eram fauna e flora nativas (“IBGE | Cidades@ | São Paulo | São Paulo | Panorama,” [s.d.]).

2.2.1 Clima tropical do Brasil Central sem seca – São Paulo (SP)

A RMSP possui clima nomeado como tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central, que é caracterizado por apresentar chuva em todos os meses do ano. Contudo, é notável a concentração de eventos de precipitação durante os meses correspondente ao seu verão austral, entre dezembro e fevereiro, e espaçamento entre eventos de precipitação, ou seja, períodos de maior seca durante seu inverno austral, entre os meses de Julho e Setembro. A soma da precipitação pluviométrica anual se encontra em 1450 mm, conforme indicam os dados históricos de 1961 a 2000 construídos pelo Inmet na Figura 7 abaixo.

Figura 7 – Climograma de São Paulo (1933 - 2011)



Fonte: Climograma de São Paulo - SP a partir de dados da Estação Meteorológica do IAG-USP

As temperaturas anuais observadas historicamente apresentam máxima de 24,9°C no verão, com média de 24°C, e mínima de 15,5°C no inverno, com média de 16°C (MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007).

2.2.2 Variação tempo-espacial da chuva

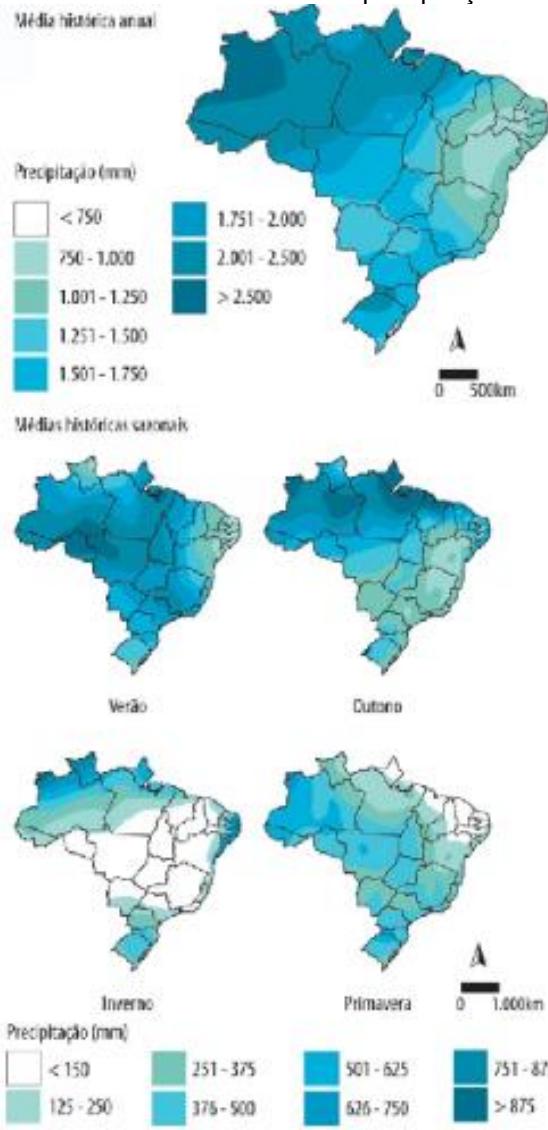
A variação no regime de chuvas no Brasil por entre diferentes estações está associada a ação de sistemas convectivos e sua sazonalidade. Na região Sudeste, em São Paulo, a ação da Frente Polar Atlântica (FPA) e a interação com a Massa Tropical Atlântica é de extrema importância.

Na região Sudeste e Sul, as chuvas são relativamente fartas e espaçadas, com totais médios entre 1400 e 2000 milímetros de chuva ao ano. Contudo, são as variações em uma mesma estação e durante o ano que promovem repercussões negativas na vida da população.

As chuvas concentradas em curto espaço de tempo durante o verão ocasionam na RMSP desmoronamentos, alagamentos, bem como surto de doenças, como leptospirose, cólera e viroses. Já eventos de escassez de pluviometria, durante o verão, podem ocasionar seca sazonal e impacto direto à população, exigindo medidas emergências do poder público para conter a restrição hídrica na maior metrópole do país (MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007).

Na região Sudeste - em que a RMSP está localizada, o regime de chuvas é caracterizado pelo verão chuvoso, com a presença de fortes aguaceiros. O principal agente de tal comportamento é a ação da Frente Polar Atlântica, que nessa época do ano é úmida, recebendo a oposição da Massa Tropical Atlântica (MTA). A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é também de extrema importância para a ocorrência das máximas de chuva na região Sudeste, ao formar uma extensa faixa de nuvens, verdadeiros rios aéreos, que se estendem desde região amazônica até Sudeste do País (MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007). Vide Figura 8.

Figura 8 - Média histórica anual de precipitação anual e sazonal



Fonte: Imagem retirada do livro Climatologia Noções básicas e climas do Brasil (2007)
(MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007)

A região metropolitana de São Paulo, por sua vez, apresenta-se úmida o ano todo, com chuvas concentradas entre outubro e março, intensificadas no mês de Janeiro (cerca de 260 mm). Já entre os meses de julho e agosto, há escassez de chuvas, apresentando somente cerca de 30 a 40 mm de precipitação (MENDONÇA; MORESCO DANNI OLIVEIRA, 2007). Segundo os dados da SABESP referentes ao manancial da Cantareira, pode-se listar as médias históricas mensais de precipitação em milímetros, como pode ser observado na Tabela 1.

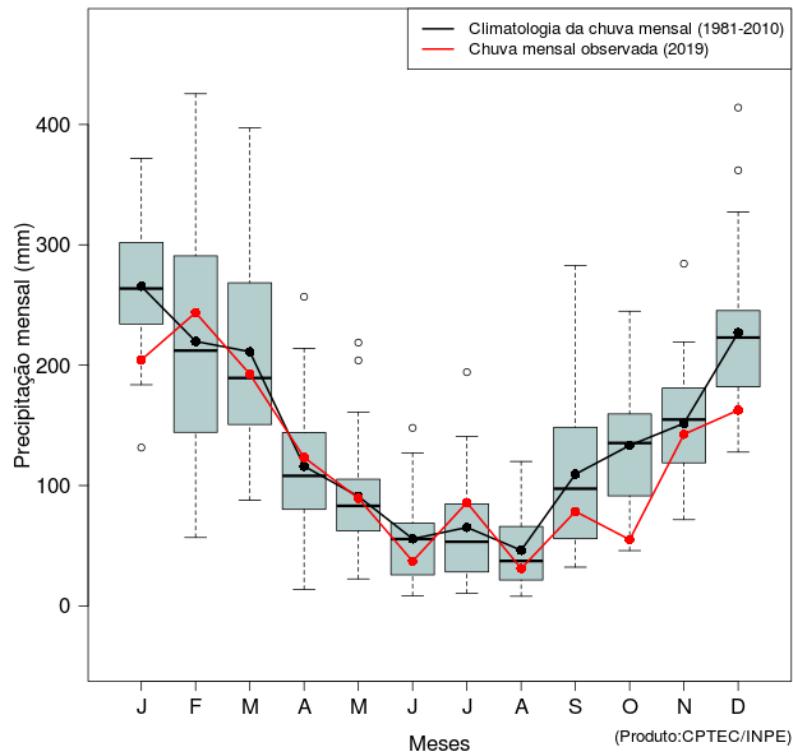
Tabela 1: Média histórica de pluviometria na Cantareira

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	263
Fevereiro	203
Março	178
Abril	87
Maio	79
Junho	61
Julho	49
Agosto	35
Setembro	87
Outubro	129
Novembro	161
Dezembro	219
Total	1551

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações “Situações dos Mananciais” no website da Sabesp (“Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP,” [s.d.])

Em relação a região selecionada para análise de dados que representam a Região metropolitana de São Paulo, pode-se extrair seus dados de precipitação mensal histórica (1981 a 2010), a partir dos dados da CPTEC/INPE, INMET e Centros Regionais de Meteorologia, ilustrados abaixo na Figura 9.

Figura 9 – Boxplot de precipitação mensal (1981-2010) e 2019: região 114



Fonte: Extraído de CPTEC/INPE, INMET e Centros Regionais de Meteorologia.
 (“Clima Evolução - CPTEC/INPE,” [s.d.])

Nota-se que os eventos de precipitação estão concentrados entre Dezembro e Março, período considerado verão estendido no hemisfério sul. Esse mesmo período apresenta ainda grande distribuição de dados e valores máximos e mínimos com variação até duas vezes maior ou menor que a média histórica do período.

2.3 PERSPECTIVA HISTÓRICA

Em Janeiro de 1997, a Lei Nº9.433 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que gera fundamentos para a criação do sistema nacional de gerenciamento de tais recursos (“Lei 9.433/1997 (Lei Ordinária) ,” 1997; POLETO, 2014):

“Art. 1 A política nacional de Recursos hídricos se baseia nos seguintes fundamentos:

I- a água é um bem de domínio público;

II- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humanos e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo de águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos desse ser descentralizada e contar com a participação do Poder público, dos usuários e das comunidades.”

Os fundamentos da PNRH estão associados a gestão dos recursos hídricos pela sociedade. A água aqui é compreendida como um bem de domínio público, além de propriedades privadas. Ao assumir-se que a água é um recurso limitado e dotado de valor econômico para a sociedade, é esclarecida a sua relação intrínseca entre qualidade e quantidade e, por consequência, seu impacto na produtividade.

Nos casos de crise hídrica, como na seca em questão, a legislação estabelece que o uso deve ser voltado para uso humano, abastecimento da população, e na dessedentação de animais. O quarto tópico ressalta que o uso da água é de responsabilidade compartilhada, visando sempre atender o maior número de interesses possíveis. Por fim, vale ainda ressaltar que o sexto fundamento permite estabelecer bases para a conceituação de gestão descentralizada, isto é, a possibilidade e necessidade de um diálogo democrático de diferentes partes para uma busca coletiva por consenso, o uso do bem comum o qual deve atender o maior número possível de interesses além dos interesses privados (POLETO, 2014).

De modo abrangente, a elaboração da PNRH estabeleceu seus objetivos de forma ampla, permeando discussões sobre o conceito de desenvolvimento sustentável. No artigo 2º, os fundamentos I e II legislam sobre “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, definição utilizada para sustentabilidade. Já o 3º fundamento estabelece um dos objetivos, que se enquadra no estudo da crise hídrica de 2013: “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”.

A falta de planejamento e gerenciamento no uso da água, as mudanças climáticas e o uso indevido dos recursos acabam por reforçar e ressaltar a

necessidade de uma Política Nacional de Recursos Hídricos, a fim de se evitar, em última instância, a perda de vidas humanas (POLETO, 2014).

Os instrumentos utilizados pelo PNRH são os dados gerados pelos órgãos ambientais, consumidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNRIH), disponibilizado no site da Agencia Nacional de Águas (ANA), juntamente com a HIDROWEB, em que é possível obter informações históricas de vazão, precipitação, quais estações estão ativas, enfim, variáveis hidrológicas, em geral (POLETO, 2014).

As considerações traçadas acima pela Política Nacional de Recursos Hídricos e o teor teórico e prático de que a água integra de forma essencial as preocupações tiveram como base a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Nela se legisla sobre o lançamento de poluentes, controlando e proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida de dejetos.

Com base na PNRH e a legislação referente a corpos hídricos e o controle sustentável de seus recursos, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357 dispõe as bases para classificação dos corpos hídricos superficiais. As condições e padrões de lançamentos de efluentes são também estabelecidas (CONAMA, 2005). Reforça-se aqui os padrões quantitativos para estabelecer a qualidade da água e o manejo no lançamento de poluentes.

2.3.1 Plano de Bacia Hidrográfica – Alto Tietê

O Plano da Bacia Hidrográfica do Alto do Tietê (PBHAT) está intimamente relacionado a execução do PNRH. Por definição, o PBHAT é documento oficial sobre os direcionamentos de gerência e implementação do PNRH aplicado aos recursos de uma Bacia hidrográfica, no caso a do Alto do Tietê (POLETO, 2014).

O PAT a ser analisado, ano base 2016/2035 e sancionado em 24/06/2018 pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto do Tietê, elabora diagnósticos, prognósticos e planos de ação abrangentes no que tange a situação atual dos recursos hídricos em seus diferentes aspectos. Entre os tópicos relevantes abordado no PAT, tem-se: alternativas de crescimento da população e suas atividades que dependem do uso de recursos hídricos; balanço entre disponibilidade e demandas futuras dos recursos

hídricos, em quantidade e qualidade; metas de racionalização; medidas a serem tomadas em épocas de crise; e propostas de áreas de preservação para proteger mananciais, nascentes e reservas.

2.4 ANÁLISE DE RISCO

A análise de risco do evento da crise hídrica de 2013 conta com a conceituação de “risco”. Segundo a geógrafa Yvette Veyret, referência no estudo dos riscos e a temático do meio ambiente (VEYRET, 2007):

“O risco, objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. Correm-se risco, que são assumidos, recusados, estimados, avaliados, calculados. O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo, para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.”

A autora vai ao encontro da ideia de que a análise de risco é passível de ser estudada não somente pela geografia, mas também pelo aporte de demais ciências, culminando em multidisciplinariedade e uma visão multifacetada da questão de riscos, perigos e vulnerabilidade.

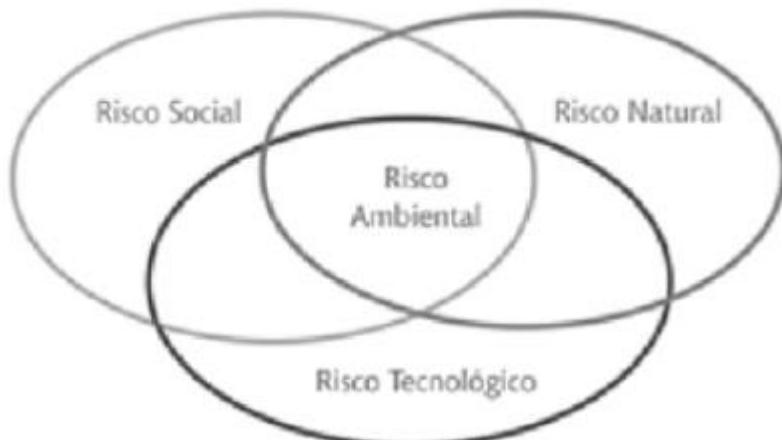
2.4.1 Partições de Análise de Risco

Diferentes dimensões podem ser utilizadas para interpretação dos os termos risco e perigo como: a científica, política, social e econômica, por exemplo (KOLLURU; BARTELL; STRICOFF, [s.d.]). O risco pode ainda ser interpretado como “(...) uma função da natureza do perigo, acessibilidade ou acesso de contato (potencial de exposição), características da população exposta (receptores), a probabilidade de ocorrência e a magnitude da exposição e das consequências”. Como exposto, um possível entendimento de risco é uma função do perigo e a taxa de exposição. Para melhor compreender as diferentes facetas do risco, o estudo da análise de risco pode ainda ser seccionado em três frentes: a primeira se relaciona com a geociênci-

estudo de processos catastróficos e rápidos; a segunda com estudos de riscos tecnológicos e sociais; e a terceira a riscos empresais e financeiros (CHANG et al., 2015).

A análise da crise hídrica de 2013 a 2015 na região metropolitana de São Paulo pelas perspectivas histórico-industriais e análise de risco do evento perpassa às geociências, riscos sociais e tecnológicos. A intersecção entre os riscos citados compõe o risco ambiental em sua totalidade. O entendimento, portanto, da análise de risco ambiental deve ser pautada na definição de cada uma de suas partes, como explicitado pela Figura 10.

Figura 10 – Categorias de riscos



Fonte: (CHANG et al., 2015)

O risco natural é associado ao comportamento dos sistemas naturais e sua instabilidade, isto é, capacidade de expressar vulnerabilidade em curto ou longo prazo (MARQUES DE CASTRO; NAÍSE DE OLIVEIRA PEIXOTO; AQUINO PIRES DO RIO, 2005). O estudo climatológico da região e seu regime de distribuição pluviométrico é de grande relevância para o risco natural. Tal definição pode ser complementada por Egler (EGLER, 1996).

O risco tecnológico, por sua vez, está relacionado às atividades produtivas, com ênfase, na atividade industrial, (MARQUES DE CASTRO; NAÍSE DE OLIVEIRA PEIXOTO; AQUINO PIRES DO RIO, 2005), e pode ser associado a falhas e limitações do processo produtivo. Conforme Servá Filho (1988), a análise desse risco deve abordar 3 fatores essenciais que compõe e caracterizam o risco tecnológico: o processo de produção, relacionado aos recursos tecnológicos empregados; a

condição humana – individual ou coletiva; e o processo de trabalho – alocação dos recursos humanos (SEVÁ FILHO, 1988). A presença de um dos fatores como determinantes deve indicar o risco tecnológico. Conforme Egler (1996):

“esta categoria de risco pode ser definida como o potencial de ocorrência de eventos danosos à vida, no curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimentos na estrutura produtiva. Para avaliar este tipo de risco deve-se fundamentar na densidade da estrutura produtiva e no seu potencial de expansão e na gestão institucional e ambiental das empresas.” (EGLER, 1996)

Por fim, o risco social compreende uma gama abrangente de riscos, o que por si só constitui um grande número de causalidades e atores, difíceis de serem estudados simultaneamente. Contudo, é possível classificar o risco social em: exógeno, caso ocorra por elementos naturais e fatores externos como maremotos, epidemias, inundação e secas; e endógeno, caso se relate diretamente a como a sociedade se organiza, suas formas de política e administração de recursos, associa-se ao crescimento urbano, industrialização e ao adensamento de povoamentos (MARQUES DE CASTRO; NAÍSE DE OLIVEIRA PEIXOTO; AQUINO PIRES DO RIO, 2005).

A intersecção entre os três riscos abordados acima constitui o risco ambiental, como ilustrado pela Figura 10. A visão de sua extensão multifacetada só pode ser explorada com a análise de cada um dos seus componentes, uma vez que a sua análise pretende entender situações de risco e seu contorno, ou seja, as dinâmicas sistêmicas que o compõe em sentido amplo. Na abordagem pretendida, o risco ambiental deve ser entendido com um conceito definido pelas diferentes categorias de riscos constituintes. Egler (1996) disserta sobre o conceito e vai ao encontro da abordagem adotada acima:

“Para compor o quadro de risco ambiental de estudo, desde a ocorrência de perigos naturais (catástrofes) e impactos de alocação de ativos econômicos de território, até as condições de vida da sociedade, o que implica avaliação em diferentes escalas e períodos. Para tanto, o autor utiliza-se das categorias de risco natural, risco tecnológico e risco social.”

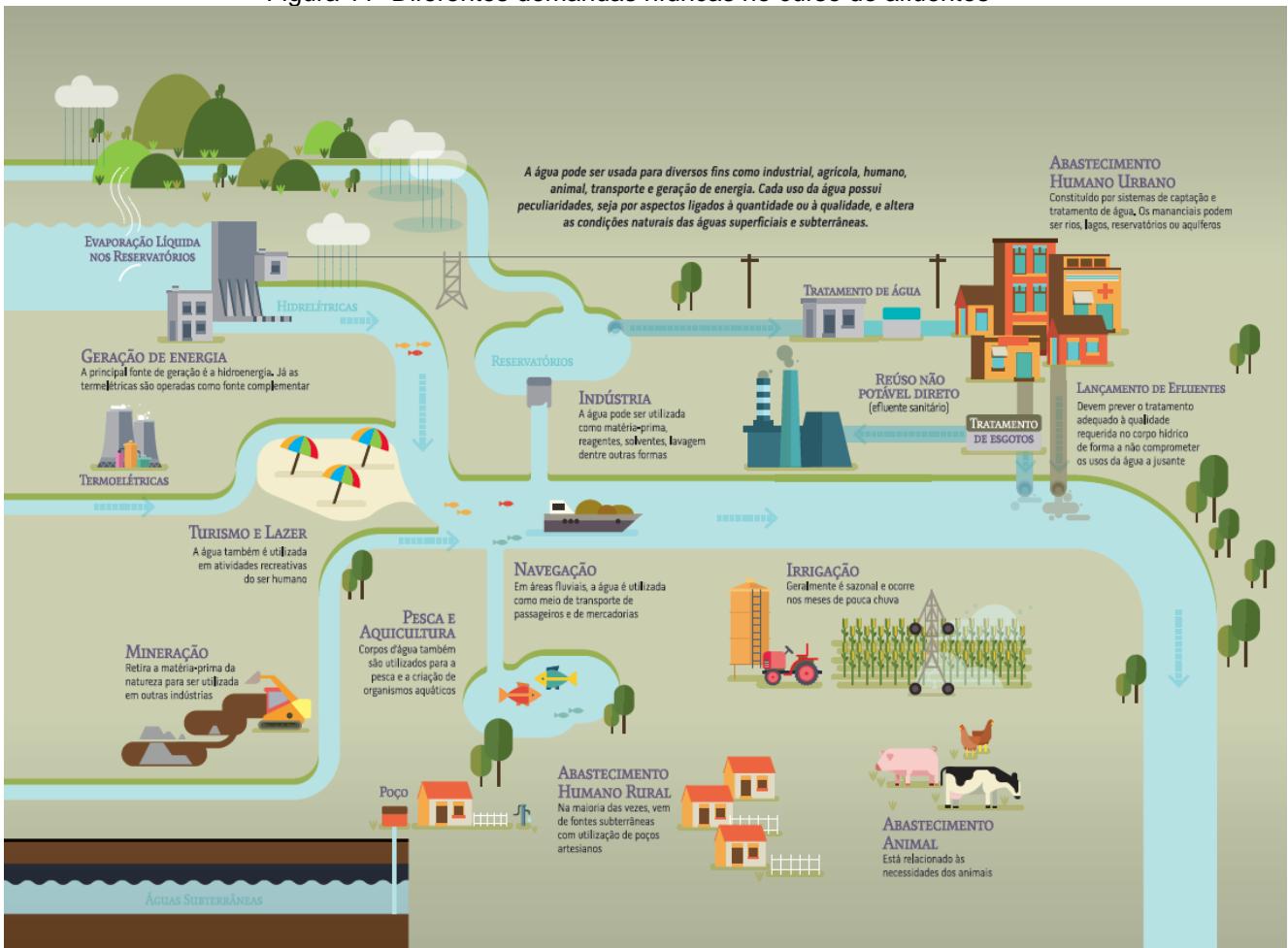
Conforme Veyret e Mesquinet, a análise do risco ambiental deve considerar a associação de diversos saberes e ciências. Deve-se levar em consideração a complementariedade entre riscos naturais, que são produtos de processos naturais,

e aqueles agravados por atividades humanas e sua ocupação territorial, que por si só podem desencadear e proporcionar riscos maiores (VEYRET, 2007). Dessa forma, a atividade antrópica sobre o meio é indissociável da análise de risco ambiental.

2.5 VISÃO INDUSTRIAL E SOCIOECONÔMICA

Os recursos hídricos possuem uma série de usos de suma importância para a sociedade. A água retirada de bacias hidrográficas é utilizada como insumo e constituinte básico em diferentes atividades. Algumas demandas são grandes consumidoras do recurso, entre elas, vale citar a irrigação de lavouras, atividade industrial, comércio e serviços, consumo residencial, dessedentação animal e, por fim, a geração de energia em usinas hidrelétricas ou termelétricas. Outras atividades têm menor impacto por não constituir uso consultivo da água como navegação, lazer, pesca e turismo. Na Figura 11 abaixo estão ilustrados diferentes no demandas que podem competir entre si no uso da água.

Figura 11- Diferentes demandas hídricas no curso de afluentes



Fonte: Retirado do website da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - (ANA), [s.d.])

O volume de água utilizado no Brasil nos anos de 2006 e 2010 foram cerca de 1.842 m³/s e 2.373 m³/s, respectivamente, (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - (ANA), 2013). A porcentagem de água usada na irrigação entre esses anos passou de 47% (866 m³/s) para 54% (1.270 m³/s). Tal volume é a maior faixa representativa do consumo hídrico, seguida por abastecimento, industrial, dessedentação animal e abastecimento rural (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - (ANA), 2013).

Em se tratando de 2019, estima-se que o dado referente ao volume total de água utilizado seja próximo de 2.048 m³/s e a irrigação corresponda a 49.8% (1.020 m³/s). O consumo industrial de recursos hídricos manteve-se estável em 7% nos anos de 2006 e 2013, e subiu 1% em 2019 para 8% (196 m³/s) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), [s.d.]).

Como a produção de energia elétrica do Brasil depende tanto de rios caudalosos, uma vez que 63,8% da produção de energia é realizada por hidrelétricas, quanto do

uso de vapor de água para movimentação de turbinas na geração de energia por meio da queima de biomassa e biogás, que corresponde a 8,9% da matriz energética brasileira, a disponibilidade hídrica está diretamente relacionada a produção de energia no país (GOVERNO DO BRASIL (GOV), 2020). A crise hídrica de 2013 ameaça, dessa forma, não somente o abastecimento urbano, a irrigação de lavouras e a dessedentação de animais – atividades protagonistas no consumo de água, mas também a produção de energia em larga escala. Por consequência, processos industriais altamente dependentes de um dos dois insumos, água ou energia, podem ser afetados em uma crise hídrica, encarecendo o custo de produção e, por consequência, reduzindo sua margem de lucro. Desse modo, a análise da perspectiva industrial da crise hídrica de 2013 na região metropolitana de São Paulo deve perpassar os papéis da água no âmbito industrial.

2.5.1 Água como insumo para indústria

A atividade industrial ligada a produção de bens de consumo ou ao beneficiamento e transformação de recursos naturais é uma grande consumidora de água. Tal insumo pode ser utilizado tanto incorporado ao produto, no caso, por exemplo, da indústria alimentícia e farmacêutica, quanto como auxiliar no processo – fluido de transporte de matéria ou energia. Como é utilizada em diferentes processos industriais e em etapas diversas, a água deve possuir determinado grau de qualidade definida pela função que desempenha. A sua pureza pode vir a ser mais ou menos restritiva dependendo da finalidade (MIERZWA; HESPAHOL, 2005).

Figura 12 – Consumo de água por tipo de Indústria

Indústria	Consumo
Laminação de aço	85 m ³ por tonelada de aço
Refino de petróleo	290 m ³ por barril refinado
Industria Têxtil	1000 m ³ por tonelada de tecido
Papel	250 m ³ por tonelada de papel
Couro-Curtumes	55 m ³ por tonelada de couto
Saboarias	2 m ³ por tonelada de sabão
Fábrica de conservas	20 m ³ por tonelada de conserva

Usina de Açúcar	75 m ³ por tonelada de açúcar
Laticínios	2 m ³ por tonelada de produto
Cervejaria	20 m ³ por m ³ de cerveja
Lavanderia	10 m ³ por tonelada de roupa
Matadouro	3 m ³ por animal abatido

Fonte: Imagem retirado de Introdução ao Gerenciamento de Águas (SETTI et al., 2001)

Ainda no âmbito industrial, a água pode ser utilizada na assimilação de poluentes. A lavagem de equipamentos, ambientes e diluição de poluentes ou outras substâncias podem vir a conferir alto grau de toxicidade a água que é utilizada para dispersar substâncias. A qualidade da água utilizada para tal fim é de pouca relevância, porém o destino desse efluente é de extrema importância na análise de risco ambiental, quando se considera o descarte industrial, junto ao doméstico (MIERZWA; HESPAÑHOL, 2005).

Em qualquer um dos casos explicitados nos parágrafos anteriores, é importante considerar que atividades industriais quaisquer que sejam acabam por gerar ou resíduos, ou subprodutos, uma vez que sua eficiência na conversão de insumos em produto nunca será total na maioria dos casos, configurando sempre, no contexto do estudo em questão, perda de água. Tal perda é própria do uso consultivo da água, em que o volume retirado do curso é sempre maior do que aquele devolvido (SETTI et al., 2001).

2.5.2 Água e a geração de energia

As principais técnicas utilizadas no Brasil para a geração de energia envolvem a transformação de energia potencial, cinética ou térmica, em energia mecânica, que, por sua vez, pode ser convertida em energia elétrica (MIERZWA; HESPAÑHOL, 2005).

No caso da energia produzida em hidrelétricas, há conversão da energia cinética e potencial gerada pela queda de volumes expressivos de água que são aproveitadas para a movimentação de um dispositivo que gira em torno de um eixo central, turbinas, por exemplo. Tal dispositivo pode vir a acionar tanto mecanismos mecânicos como moinhos, ou ainda, geradores elétricos. Como explicitado no tópico anterior, “Água

como insumo para a indústria”, a produção de energia elétrica do Brasil é realizada predominante por meio de hidrelétricas. Nesse caso, a água pode ser reaproveitada e restituída ao seu curso natural, o que caracteriza esse processo com um caráter de renovável, isto é, uso não consultivo da água (SETTI et al., 2001).

Existe, contudo, uma segunda forma de produzir energia elétrica com o uso do vapor de água. O aquecimento de água para a geração de vapor a alta pressão, pode vir a movimentar turbinas por meio de um processo de expansão. No Brasil, a queima de biomassa, biogás e combustíveis fósseis é responsável por aquecer o vapor de água mencionado, correspondendo a 8,9% da matriz energética (GOVERNO DO BRASIL (GOV), 2020).

O vapor gerado no processo é utilizado para movimentar as turbinas é condensado e pode ser reutilizado no processo. Contudo, existem perdas, seja por vazamentos, seja por condensação indesejada nas linhas de transmissão. Dessa forma, a água utilizada deve ser alimentada de forma iterativa no processo (MIERZWA; HESPAHOL, 2005).

Em se tratando da manipulação de vapor de água, a qualidade da água utilizada no processo deve ser controlada. Caso fosse utilizada água bruta, haveria o risco de aumentar a concentração de sais no interior do reator, uma vez que a volatilidade dos sais diluídos na água é baixa. Isso ocasionaria condições favoráveis para problemas de corrosão, diminuição de eficiência na geração de vapor, e em última instância, falha crítica, devido a depósitos de sais. A qualidade da água é, portanto, um fator determinante a ser considerado, bem como o emprego de condutas como purga de fração da água de vapor e adição de produtos químicos que mantêm a concentração de sais dentro de concentrações aceitáveis.

Conforme informado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2008, mais de 20% de toda a energia gerada no Brasil provém do estado de São Paulo. Deste percentual mais de 80% é proveniente da geração por hidrelétricas (DAEE; COBRAPE, 2013).

3 METODOLOGIA

A análise da crise hídrica na região metropolitana de São Paulo ocorrida entre o final de 2013 e início de 2015 sob as perspectivas históricas, industriais e de análise de risco foi construída com base no estudo de três pilares: dados oficiais da SABESP referentes ao nível da Represa Jacareí/Jaguari; notícias sobre as principais medidas tomadas durante a crise hídrica veiculados pelos principais veículos de comunicação brasileiros e internacionais; e, por fim, documentação governamental sobre gestão de recursos hídricos, entre elas, Plano Bacia Hídrica Alto Tietê (PBHAT) e Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista. Cada uma das perspectivas - históricas, industriais e de análise de risco, é complementada pelo estudo das informações citadas e o referencial teórico construído no tópico 2 acima.

A perspectiva histórica da crise hídrica foi analisada pela série temporal de níveis da represa e sua comparação com outros períodos históricos. O nível do Sistema Cantareira como um todo e a pluviometria de outro períodos históricos complementam a análise. Já o estudo das notícias veiculadas pela mídia no período sobre a seca e as medidas Estaduais contextualizam a estiagem e refletem o entendimento público do período histórico, seus precedentes e o legado deixado pela crise hídrica - dada a perspectiva de análise a partir do distanciamento temporal do ano de 2020.

A visão industrial da crise hídrica, por sua vez, foi alcançada analisando de forma abrangente as principais projeções de demandas hídricas das atividades industriais e sua demanda energética, que depende diretamente do consumo de água e energia.

Por fim, a análise de risco pode ser embasada a partir da perspectiva abordada por “Metodologia de estudos de vulnerabilidade à mudança do clima” (CHANG et al., 2015), de acordo com a Figura 10. O risco ambiental proveniente da crise hídrica de 2013 pode ser decomposto em: risco tecnológico, associado a visão industrial; risco natural, relacionado ao comportamento climatológico da região e as dinâmicas de urbanização e gestão ambiental; e social, associado tanto a casualidades climáticas e as políticas de gestão hídricas, isto é, como a sociedade tem se organizado perante a gestão das águas.

3.1 RECORTES HISTÓRICOS E SOCIAIS

Os recortes históricos do período foram analisados tanto por meio do estudo das principais mídias que exploraram o tema nas mais diferentes plataformas – jornais, sites, relatórios e estudos de caso-, quanto por documentos e diretrizes governamentais sobre o tema durante a crise.

O Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBHAT) e o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista carecem de ser melhor explorados durante o trabalho, como uma forma de entender o legado da crise hídrica para o estado de São Paulo, o entendimento sobre a crise hídrica e a comunidade de habitantes que usufruem do recurso e para o Estado como entidade de centralização de decisões.

3.2 DADOS DE NÍVEL DE REPRESA

No contexto de stress hídrico, a apreensão da severidade da seca, bem como seus indícios de início e fim, puderam ser mais bem apurados com a análise dos dados referentes ao nível da principal represa que abastece o Sistema Cantareira, a represa Jaguari/Jacareí. A série histórica dos dados de nível da represa Jaguari/Jacareí são de extrema importância, uma vez que correspondem a severidade originária da seca, isto é, por ser a Represa primária na sequência de represas que constituem o Sistema Cantareira de abastecimento, inclusive com maior aporte de volume de água para toda a série de sistemas sucessores, corresponde ao quão afetado o sistema Cantareira estava no momento da crise, e pode servir de diagnóstico do contexto histórico de forma abrangente. A partir ainda dos dados, foi possível analisar a gravidade da crise hídrica no contexto regional e nacional.

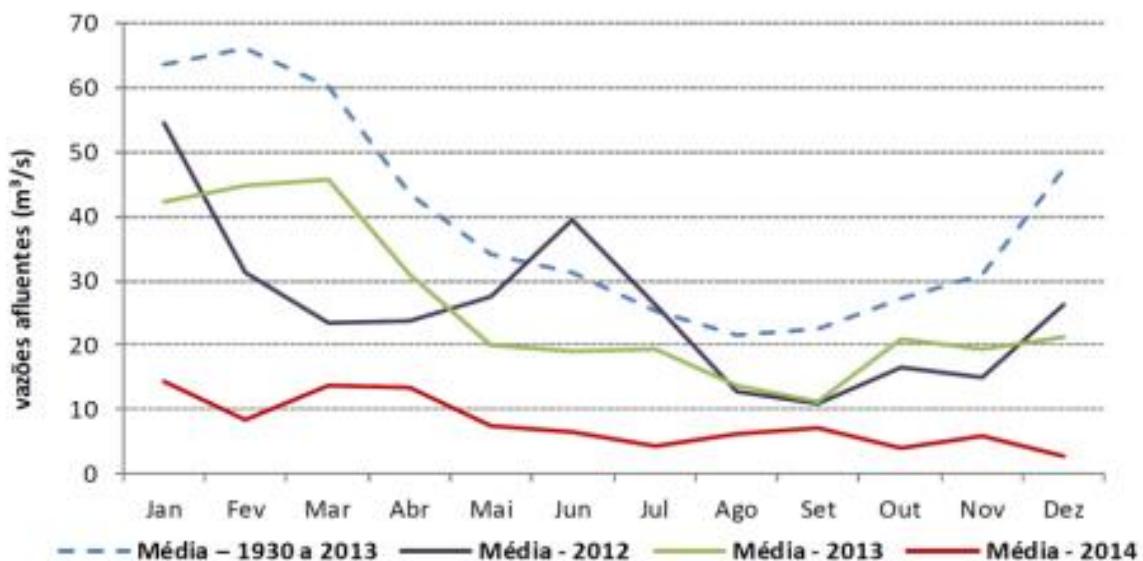
4 RESULTADOS E DICUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE RECORTES HISTÓRICOS: CRISE HÍDRICA

A crise hídrica ocorrida entre o final de 2013 e início de 2015 afetou os reservatórios do Sistema Cantareira e, por consequência, o suprimento de água para a Região metropolitana de São Paulo (RMSP).

Em 2012, já havia sinais de sua ocorrência, uma vez que, segundo informes emitidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), a vazão média dos afluentes que alimentavam o Sistema Cantareira em 2012 se apresentava como a terceira menor já registrada na série histórica – abaixo apenas dos anos de 1953 e 1969. O ano seguinte, 2013, viria a ser o 4º menor valor histórico, logo abaixo de seu predecessor (ANA, 2014a; MAZZARINO et al., 2019), vide Gráfico 1.

Gráfico 1 – Vazões afluentes ao Sistema Cantareira e médias históricas de 1930 a 2014



Fonte: Bol. Diário ANA/DAEE de monitoramento do sistema Cantareira (Situação do Sistema Equivalente – 24/02/2015)

O contexto de origem da crise hídrica e seu debate pode remontar diferentes recortes históricos. No final da década de 1970, foram emitidos alertas públicos sobre a fragilidade do abastecimento de São Paulo, agravados pelo surgimento de regiões metropolitanas satélites como Campinas. Um dos avisos possíveis para ser destacado foi o do Dr. Paulo Nogueira Neto, Professor de ecologia da USP e titular da Secretaria

Especial do Meio Ambiente (Sema) do governo federal em 25 de maio de 1977, em que se alertava no título de reportagem veiculada na Folha de São Paulo, primeiro caderno p. 12: “Água de São Paulo está no fim”. O secretário federal advertia ainda que “no Brasil, encontramos exemplos típicos de má utilização da água doce” e que “[São Paulo e Belo Horizonte] devem cuidar, urgentemente da preservação de seus recursos hídricos” (“Água de São Paulo está no fim, diz Nogueira Neto,” 1977; BUCKERIDGE; RIBEIRO, [s.d.]; TUFFANI, 2014). Outro marco histórico importante para o estudo da crise hídrica foi a renovação da outorga do Sistema Cantareira concedida a Sabesp em 2004. Neste ano, o departamento de Águas e de Energia Elétrica (DAEE) ressaltava a necessidade de obras e reparos que não só otimizassem, mas inovassem os recursos de gestão no uso da água, diminuindo a dependência do Sistema Cantareira, que se encontrava comprometido já em 2004 por ter capacidade de exploração limitada versus o crescimento populacional (JACOBI; CIBIM; LEÃO, 2015).

Em outubro de 2013, meses antes do agravamento da crise hídrica, a publicação do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macro Metrópole de São Paulo reforçava também a necessidade de investimentos em obras para sustentar o aumento da oferta de água e planos de contingência (DAEE; COBRAPE, 2013) . Contudo, ao contrário da necessidade de investimentos em obras conforme alertado pelo Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos, nos anos subsequentes, conforme reportado pela matéria da Folha de São Paulo em 2014: “Sabesp não investe 37% do previsto entre 2008 e 2013” (“Jornal: Sabesp não investe 37% do previsto entre 2008 e 2013,” 2014). Pode-se inferir que a falta de investimento em obras que aumentassem o fornecimento de água, especialmente para a região metropolitana de São Paulo, pode ter sido um fator agravante da crise hídrica aliado a falta de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, bem como o stress hídrico a que o Sistema Cantareira está submetido. As obras voltadas a diminuir as perdas do sistema, que estavam por volta de 35% poderiam ainda ter abrandado o cenário de crise, de modo que, segundo a relatora das Nações Unidas sobre água, Catarina Albuquerque, o principal responsável pela gestão ineficiente do recurso é, de fato, o próprio governo do Estado de São Paulo, que devido a sua ineficiência em realizar o planejamento aliado a sua omissão, ausência, no que tange a ações e investimento (SAMPAIO, 2014).

Ainda para compor os registros históricos da crise hídrica, ressaltam-se os registros efetuados pelos principais meios de comunicação, que exploraram o tema de forma extensiva durante os anos de 2013 a 2015. Conforme a pesquisa realizada pelo Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS) em parceria com o Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da USP, os principais tópicos e atores mencionados nas notícias veiculadas entre janeiro e outubro de 2014 se repetem por entre grande parte das notícias. Segundo a análise de 196 notícias, 72% delas nomearam a redução das chuvas como a principal causa para a crise hídrica. Com frequência menor, problemas de gestão e falta de investimento foram citados. E, por fim, um número irrisório de matérias abordaram temáticas mais complexas como uso e ocupação do solo, proteção de recursos naturais e ordenamento territorial (JACOBI; CIBIM; LEÃO, 2015). A mesma análise pode ser realizada para as notícias que trataram sobre o uso do Volume Morto do Sistema Cantareira. A maior parte das notícias atribuíram ao volume morto caráter de reserva emergencial passível de ser utilizada em períodos de exceção. Tal fato pode ser observado em matérias como as publicadas no G1: “Entenda o que é o volume morto do Sistema Cantareira”, em que não se aborda o fato de que o Volume Morto é, na verdade, como abordado no referencial teórico, um requisito de projeto da represa, dimensionado para o depósito de sedimentos (G1, 2014). Um número irrisório de matérias aborda os perigos do uso do Volume Morto como reserva técnica, como a matéria publica no Estadão: “Captação do ‘volume morto’ do Sistema Cantareira traz poluentes” (BRANDT, 2014)

Tal recorte ilustra como o tema carece ainda de discussões aprofundadas, uma vez que as soluções citadas em matérias veiculadas nesse período são de caráter emergencial e reativo, reduzindo não só a participação da sociedade civil, mas onerando órgãos como Sabesp, Agencia Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) como principais atores sem investigar o tema de modo aprofundado. Por optar nomear e caracterizar o Volume Morto como Reserva técnica, a mídia confere ao volume de água uma função diferente da que lhe foi conferida quando projetado. Tal atitude revela uma iniciativa eufêmica em relação à seriedade da ausência de medidas preventivas à crise hídrica.

4.1.1 Atuação governamental

Durante o ano de 2013 e 2015, o governo do Estado de São Paulo teve de enfrentar baixas históricas nos níveis do Sistema Cantareira de abastecimento e foi forçado a reagir. Diversas discussões políticas sobre o tema, questionamentos da imprensa e sociedade civil confrontaram as decisões governamentais sobre a crise hídrica.

No início de fevereiro de 2014, a Sabesp anunciou o desconto de 30% na cobrança de consumo de água para a toda a população abastecida pelo Sistema Cantareira, caso o consumo da residência fosse reduzido em 20% (“Sabesp anuncia desconto para quem economizar água em SP - notícias em São Paulo,” 2014). Tal ação fez parte de uma série de outras medidas para gerir a demanda. Entre tais ações adotadas pela SABESP, vale citar a redução na pressão das redes de distribuição de água; o emprego de medidas corretivas para diminuir perdas - que reduziu as perda para 30,1% (a média nacional é de 38,3%); a criação de campanhas para estimular reuso e uso consciente de água –o que reduziu o consumo de água na capital em 24% em relação aos níveis registrados antes da crise; enfim, um conjunto de ações que diminuíssem o consumo de água (SABESP, 2014). Pode-se inferir que tal atitude de manejo da demanda, reduziu em última instância o lucro na taxação do volume de água (“Crise hídrica impacta lucro da Sabesp em 2014 ,” 2015). Contudo, tais ações foram capazes de amenizar a crise hídrica, desonerando as reservas hídricas do Sistema Cantareira. O direcionamento da SABESP teve repercussão ainda nos anos seguintes com a redução permanente dos níveis de consumo, o que demonstra o quanto efetivo foi o seu posicionamento perante a crise e a capacidade da população de diminuir sua demanda de água (G1, 2018). Além disso, obras emergenciais foram empregadas, que serão abordadas adiantes.

Até meados de março de 2014, o governador Geraldo Alckmin afirmava descartar a possibilidade de um racionamento de água, considerando-o desastroso (PIMENTEL, 2014). A Sabesp, por sua vez, deu início às obras emergenciais para captação do volume morto do Sistema Cantareira, uma vez que as bombas instaladas até então não eram capazes de captar as águas abaixo do nível útil. Para a captação do volume morto, foi necessário a construção de cerca de três quilômetros e meio de tubulação e 17 bombas flutuantes em dois meses de obras reativas e de caráter

emergencial, uma vez que a expectativa era a de que esse volume de reserva pudesse ser feito até os meses de julho e agosto de 2014 (“Sabesp começa obras para captar volume morto de reservatório - notícias em São Paulo,” 2014). O início desses obras após a constatação da crise hídrica e a sua necessidade de uso imediato ressaltam o caráter reativo da gestão hídrica e expõe a fragilidade do Sistema de Abastecimento de água na maior metrópole do país.

Em julho de 2014, a ANA e DAAE assinaram a resolução emergencial que autorizava o uso da reserva técnica das represas do Sistema Cantareira. A reserva conhecida como volume morto está situada em níveis inferiores aos mínimos operacionais e só pode ser utilizada mediante a autorização conjunta da ANA e DAEE (ANA, 2014b). Tal resolução foi atualizada em 17 de novembro de 2014 por meio da Resolução Conjunta ANA/DAAE nº. 1672. No ano de 2016, no dia 7 de março, ambas resoluções foram revogadas devido à recuperação do Sistema Cantareira e parte de sua reserva técnica, a qual deixou de ser passível de utilização, de modo que os dados emitidos pela Sabesp deixaram de contabilizar o volume morto na apreensão dos volumes do Sistema Cantareira (“Resolução revoga uso do volume morto do Cantareira — Agência Nacional de Águas,” 2016).

No ano de 2015, as principais medidas emergenciais adotadas para amenizar os impactos da crise hídrica tiveram suas entregas atrasadas e, por consequência, o cronograma de ações emergenciais comprometido.

Logo no início do ano, em meados de janeiro de 2015, houve um impasse jurídico na aprovação da decisão sobre a aplicação de multa para os cidadãos que aumentassem o seu consumo de água, que passou a ser aplicada ao final do dia 14 de janeiro (“Multa por aumento no consumo de água volta a valer em SP, decide TJ,” 2015). Em abril daquele mesmo ano, 2015, foi colocada em operação uma nova adutora que permitiria que a água do Sistema Rio Grande fosse usada para abastecer a capital paulista (“Sistema Rio Grande abastecerá parte da Zona Sul de SP, diz Sabesp,” 2015). Nesse mesmo mês, mais uma obra envolvendo o Sistema Rio Grande estava em curso: a interligação entre a represa Billings (Sistema Rio Grande) e a Taiaçupeba (Alto Tietê), que já estava três meses atrasada. Apontada como uma das principais ações para evitar o racionamento e rodízio de água, a obra previa a transferência de cerca de 4 mil litros de água por segundo, o equivalente a 33% do volume retirado no período do Sistema Alto do Tietê. O projeto beneficiaria 1,4 milhões de pessoas e reduziria a pressão sobre o Sistema Cantareira. Contudo, em abril de

2015, a obra ainda não havia sido sequer iniciada – a previsão original era de início em Fevereiro de 2015 e entrega em Maio daquele mesmo ano (“Principal obra contra crise hídrica atrasa,” 2015). Na realidade, sua conclusão ocorreu somente em 30 de setembro de 2015. Na manhã de sua inauguração, a obra apresentou vazamentos, que tiveram se ser corrigidos emergencialmente no mesmo dia (“Após falha, Alckmin entrega obra que vai levar água da Billings ao Alto Tietê,” 2015). Com a entrega da transposição entre o Alto Tietê e o Taiaçupeba e a inauguração oficial da obra no final do mês de Setembro, o empreendimento estava apto a operar. Contudo, apesar de sua conclusão, até o mês de Novembro de 2015, apenas 25% da vazão total prometida estava sendo bombeada pelas unidades flutuantes, devido a problemas de alagamento enfrentados em ruas da região de Ribeirão Pires pelo córrego. Somente no mês de Dezembro, o sistema de transferência passou a atuar com 100% de sua capacidade – 4 mil litros por segundo (“Transferência da represa Billings ao Alto Tietê opera em 100%, diz Sabesp,” 2015).

No mês de agosto de 2015, foi entregue a obra de transposição do Rio Guaió para o sistema Cantareira, segundo o governador Geraldo Alckmin em coletiva de imprensa (ESTADO DE MINAS, 2015). A obra também contava com atraso de sua entrega, e apresentou ainda restrições de performance, atuando só em pré-operação mesmo após 50 dias após sua inauguração oficial, devido a baixas no regime do Rio Guaió em 2015 - o que já era esperado e alertado por especialistas (“Sabesp diz que não há água para captar em rio que passou por obras - São Paulo,” 2015).

Além de tais medidas, ressaltam-se outras ações emergenciais no período (“Sabesp » Obras emergenciais,” [s.d.]). Em janeiro de 2015, houve a entrega do aumento de captação de água do córrego Guaratuba, que beneficiaria a zona leste de São Paulo e municípios de Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, ou seja, toda a região da Grande São Paulo, a qual foi beneficiada com um acréscimo de captação de água do córrego de 500 litros por segundo (“Obras de ampliação da Estação de Tratamento de Água do Alto da Boa Vista seguem em ritmo acelerado,” 2015). Por fim, vale ainda citar o emprego de tecnologias, especialmente na Estação de Tratamento de água do Alto da Boa Vista (ETA ABV) e Sistema Guarapiranga onde foram utilizadas membranas ultra filtrantes que permitiram a ampliação da capacidade de produção de água em cerca de mil litros por segundo.

O atraso das principais obras emergenciais e o seu caráter reativo à crise hídrica vivenciada entre 2013 e 2015 ressaltam a falta de planejamento e investimento do

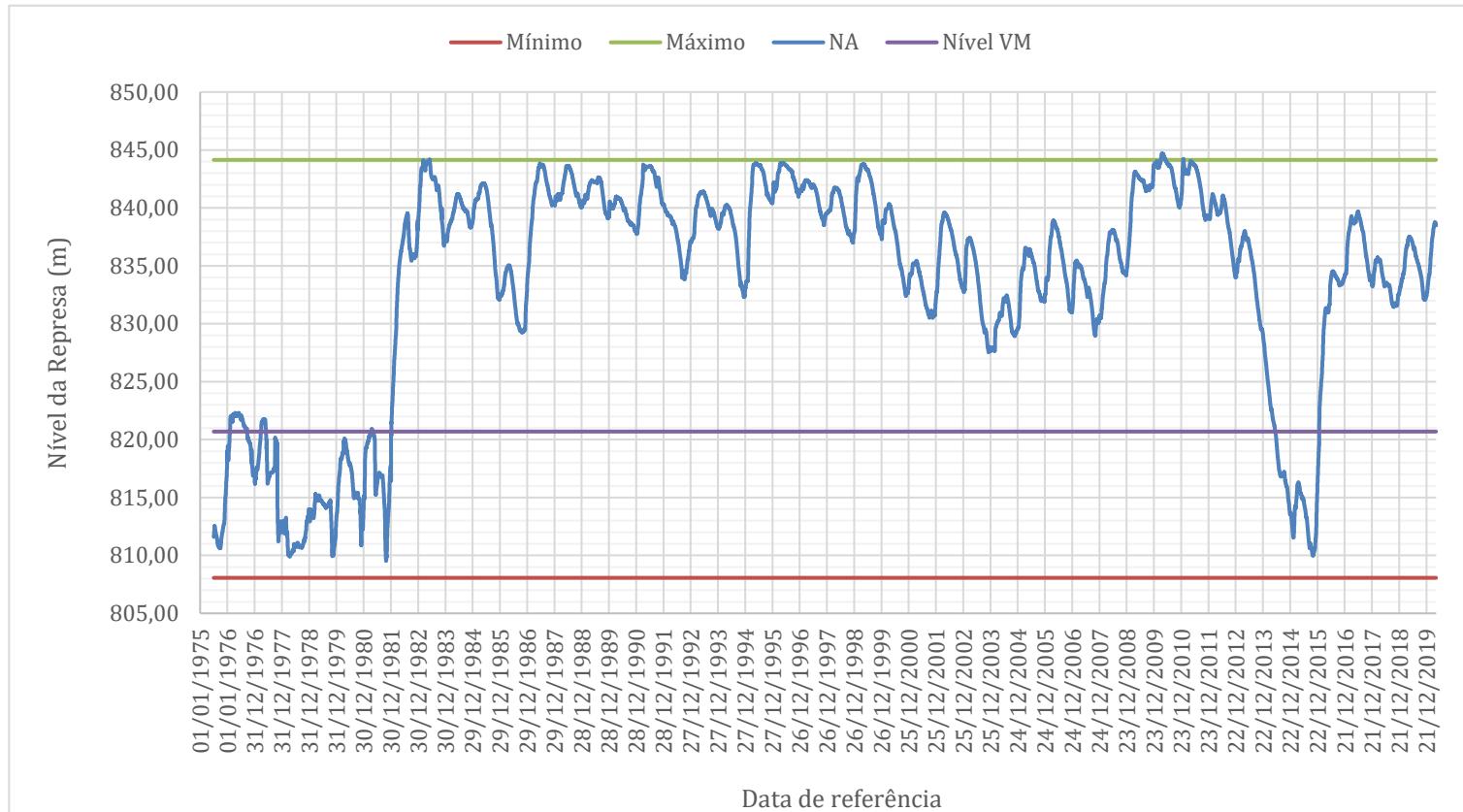
governo paulista no setor de produção e abastecimento de água para a população. Com custo de mais de 400 milhões em obras serviços, o caráter emergencial serviu como justificativa para a entrega de nove contratos pela Sabesp sem licitação para prestação de contas (LEITE, 2015b). A apresentação de um plano de obras e sua execução ocorreu em período de tempo de cerca de um ano e meio em caráter de execução extraordinário, o que indica que o mapeamento de oportunidades antes da necessidade de execução. Pode-se inferir que as obras estavam projetadas, porém, por premissas adotadas pela SABESP e o próprio Estado, tais empreendimentos não foram priorizados. Como ressaltado, houve grande pressão por parte da grande mídia, jornais e revistas, resultando em grande mobilização da sociedade civil entre 2013 e 2015, o que pode ter fornecido um cenário mais propício para priorizar as obras. A SABESP sendo uma instituição com grande interface com a sociedade é possível de ter suas decisões, prioridades e investimentos afetados pelo momento político que vivencia.

Em suma, as decisões reativas a crise acabaram por resultar em atraso e falhas na entrega dos projetos. Segundo o Tribunal de Contas do Estado, o Plano diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista cumpriu seu papel de alertar a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos (SSRH) sobre os riscos da crise hídrica, de modo que estava ciente da criticidade da situação. Contudo, a ausência de um plano de contingência pode ter agravado a situação. A SSRH negou as alegações e afirmou ser impossível prever a estiagem de 2013 (LEITE, 2015b).

4.2 ANÁLISE DE DADOS DE NÍVEL DE REPRESA ANTES DA CRISE HÍDRICA

A partir dos níveis em metros da Represa Jaguari/Jacareí disponibilizados no Site da Sabesp diariamente, pode-se estruturar o Gráfico 2. O nível da represa no eixo das abscissas foi correlacionado à data do primeiro dia do ano – sendo o primeiro registro histórico em 1975 e o último em dezembro de 2019, ainda que os dados sejam alimentados continuamente. Para realizar o ajuste do espaçamento anual de 365 dias entre os pontos do eixo horizontal, a cada quatro anos, o dia de referência regrediu uma unidade, devido aos anos bissextos, que contém 366 dias.

Gráfico 2 – Série Histórica do nível da Represa Jaguari/Jacareí em metros entre janeiro de 1975 a abril de 2020



Fonte: Dados de nível da represa fornecidos pela SABESP (“Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP,” [s.d.]) e organizados em série temporal com auxílio do Prof. Dr. Eduardo Monlevade

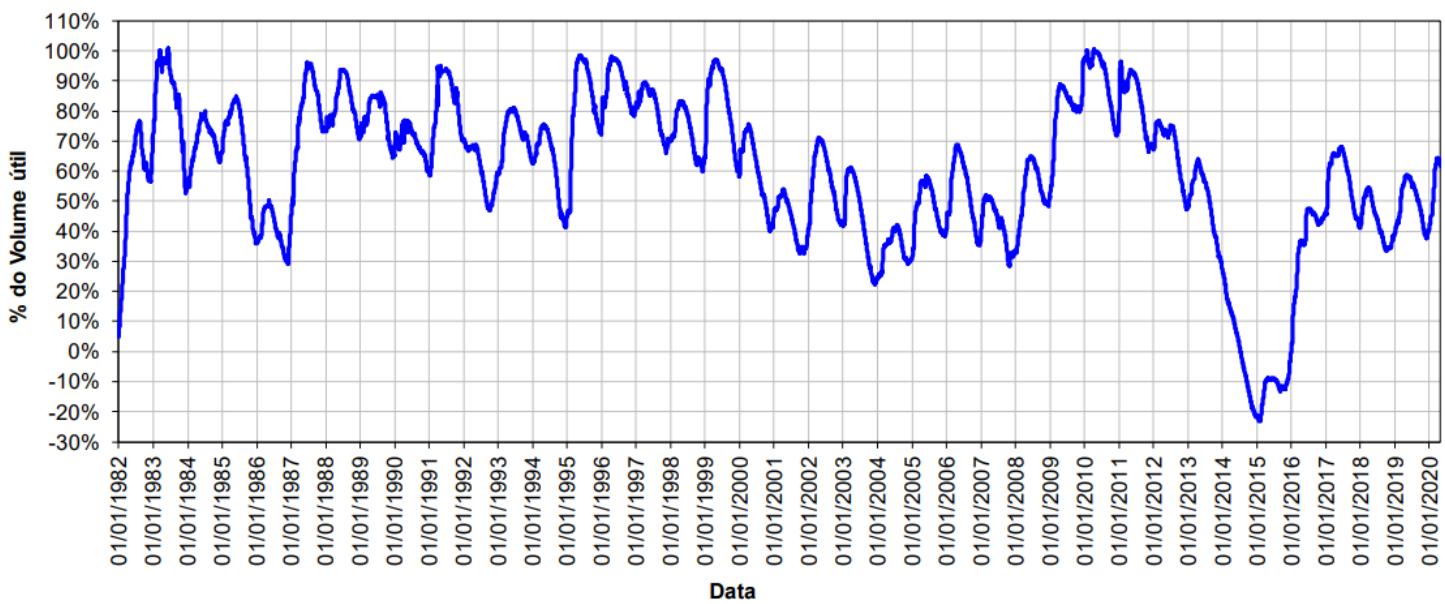
No Gráfico 2, além da série de nível da represa (VA), foram traçadas outras quatro curvas, retas horizontais que localizam níveis de grande importância no entendimento sustentabilidade da represa. A reta vermelha (Mínimo) na marca de 809 metros indica o nível de esvaziamento completo da represa, isto é, a altitude de referência do conjunto Jacareí/Jaguari; enquanto que a verde (Máximo) em 844 metros indica o nível máximo de operação. A reta roxa, por sua vez, representa o Volume Morto (VM), isto é, a reserva técnica abaixo do nível das comportas e que, portanto, só pode ser utilizada com o auxílio de sistema de bombeamento e transporte de massa, como o construído durante a crise hídrica estudada.

Nota-se na série histórica que o nível da represa Jaguari/Jacareí se encontra próximo do mínimo de 809 metros, entre os anos de 1975 e 1982. Sabe-se pelos registros históricos da SABESP (“Sabesp » Sistema Cantareira,” [s.d.]), que as obras da represa ocorreram na segunda fase de construção do Sistema Cantareira entre 1977 e 1982. Em março de 1982, após o término das obras, a Jaguari/Jacareí estava

em funcionamento, o que pode ser constatado pela ascensão abrupta da curva de nível de cerca de 810 metros no final de 1981, para quase 839 metros no primeiro trimestre de 1982. A análise da série histórica de porcentagem de volume útil do Sistema Cantareira, contida no Gráfico 3, reforça tal observação.

O Gráfico 3 dispõe em uma série temporal a variação do volume útil do sistema Cantareira desde janeiro de 1982 até o mesmo mês de 2020. A ANA emite tal informação em seu boletim mensal e reforça que a porcentagem de volume útil sobre do Sistema Canteira em 1982 parte de um ponto próximo ao zero e tem ascensão pronunciada acima dos 70%. Tal comportamento deve-se ao início do represamento de água por todo o Sistema Cantareira, como ele é conhecido na atualidade, vide tópico 2.1.2, a partir da conclusão da obra de Jaguari/Jacareí e início de sua operação no primeiro semestre de 1982.

Gráfico 3 - Evolução do volume útil do Sistema Cantareira de 1982 a 2020

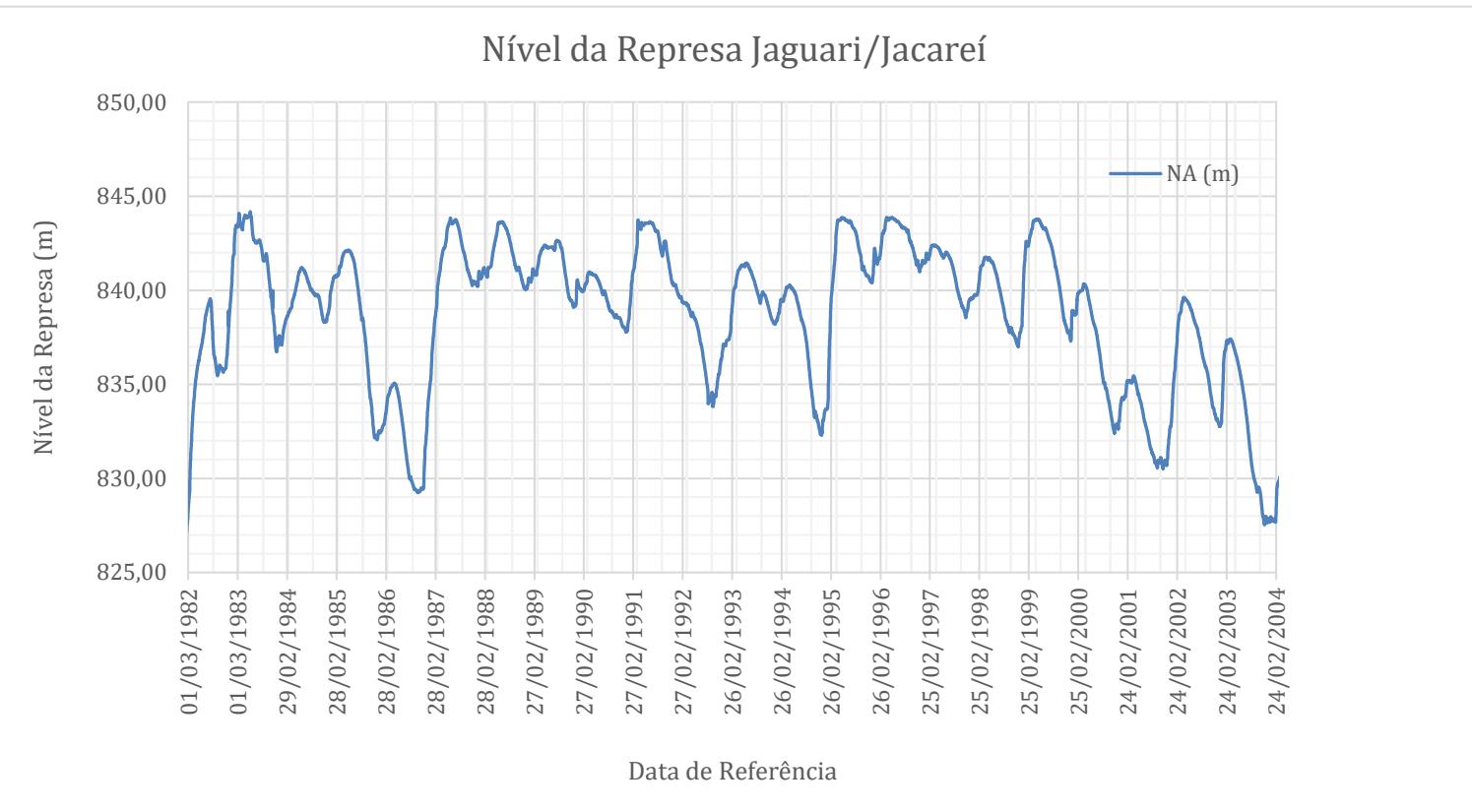


Fonte: Imagem retirada do Boletim mensal referente ao mês de Março de 2020 emitido pela Agência Nacional de Águas sobre o Sistema Cantareira (NACIONAL et al., 2020)

Após 1982, o registro histórico-temporal das variações de nível da Represa Jaguari/Jacareí, ilustrado no Gráfico 2, a curva revela máximos e mínimos locais por entre seus anos de operação. No contexto de crise hídrica, vale ressaltar os mínimos locais pronunciados, ou seja, datas em que houve diminuição do nível da represa e que, portanto, podem configurar momentos de stress e crise hídrica. Entre eles, o

registro de nível nos anos de 1985/1986, 1993/1994 e 2000/2001 podem ser destacados

Gráfico 4 – Nível da Represa Jaguari/Jacareí entre março do ano de 1982 e fevereiro de 2004



Fonte: Dados de nível da represa fornecidos pela SABESP (“Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP,” [s.d.]) e organizados em série temporal com auxílio do Prof. Dr. Eduardo Monlevade

O Gráfico 4 ilustra a série de nível da represa Jacareí/Jaguari (NA) em metros a partir de um recorte temporal entre março de 1982, após inauguração e início de operação da Represa, e o mesmo mês em 2004. Os mínimos constatados em 1985/1986, 1993/1994 e 2000/2001 podem ser mais bem visualizados e apreendidos no gráfico acima.

No segundo semestre de 1986, nota-se um vale de 832 metros, sendo que no ano anterior (1985), há outro de 829 metros; já em 1993/1994, vale ressaltar o nível mínimo de 833 metros, após série de mínimos relevantes nos anos precedentes – em meados de 1992, 1991, 1990 e 1989 são registrados mínimas de cerca de 834, 838, 839 e 840 metros, respectivamente.

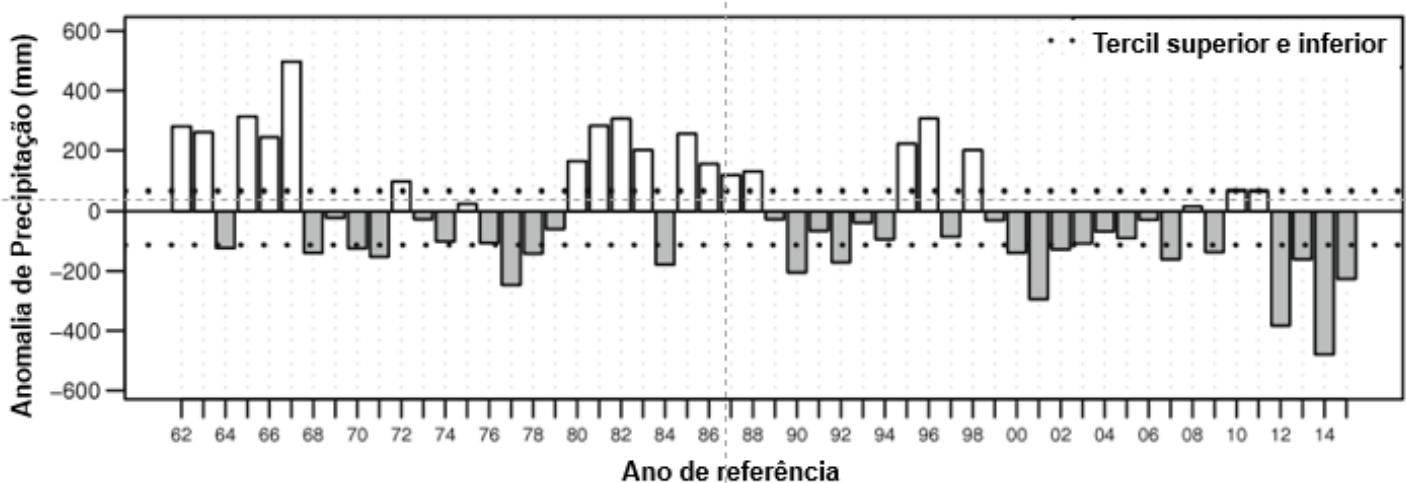
A análise dos dados referentes a porcentagem de volume útil ocupada de todo Sistema Cantareira no Gráfico 3 revela comportamento semelhante quando

analisados tanto os anos 1986 e 1992, quanto seus respectivos predecessores. Em 1986, há duas mínimas, uma de 40% de volume útil no início do ano e outro de 30% no final. Já em 1992, constata-se vale na marca abaixo de 50%, precedido por mínimos locais em meados dos anos de 1991 (60%), 1990 (65%) e 1989 (70%).

A correspondência entre o comportamento analisado entre Gráfico 3 e Gráfico 4 confirma a representatividade dos dados da Represa Jaguari/Jacareí para análise em última instância de todo Sistema Cantareira e da crise hídrica nos anos seguintes. Os dados, de fato, seguem mesma tendência no período histórico analisado, uma vez que a Represa Jaguari/Jacareí é a principal fornecedora em vazão de água do Sistema Cantareira, ver acima tópico 2.1.1, de modo que as alterações em seu nível tem correlação de impacto no volume útil do Sistema como um todo, afetando o abastecimento de água da RMSP.

O Gráfico 5 remonta a série histórica de precipitação em milímetros de chuva do verão austral, entre dezembro e março, dos anos de 1961/1962 a 2014/2015 quando comparados à média anual entre os anos de 1981 a 2010 de 919 milímetros de chuva, eixo das abscissas. A reta tracejada acima e abaixo do eixo horizontal representa os tercís superior de 985 mm e inferior de 828 mm, respectivamente. Isto é, a última coluna, por exemplo, representa o período entre Dezembro de 2014 e Março de 2015 com precipitação de 693 mm e, portanto, 292 mm abaixo da média histórica e, portanto, negativado, vide Gráfico 5. Tal valor está também abaixo do tercil inferior representado no gráfico.

Gráfico 5 – Anomalia de precipitação anual em milímetros na RMSP comparada à média histórica entre 1981 e 2010



Fonte: Adaptado e traduzido do artigo “Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil” (COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016)

A análise de anomalias precipitação na Região metropolitana de São Paulo entre 1981 e 2010 reforça novamente os dados de correlação entre Sistema Cantareira e a Represa Jaguari/Jacareí. No Gráfico 5, é possível observar stress hídrico nos anos de 1983/1984, 1989/1990, 1991/1992 e 2000/2001, isto é, coluna de precipitação está abaixo da média histórica para a RMSP, representada por um número negativo. Cada um desses intervalos de tempo localiza, portanto, a precipitação como abaixo do tercil inferior - abaixo do menor grupo de precipitações em relação à média histórica entre 1962 e 2015.

A escassez de chuvas nos anos anteriores a apreensão de baixas do nível da represa Jaguari/Jacareí, ilustrada no Gráfico 2, e no desabastecimento do Sistema Cantareira, ilustrado pelo volume útil no

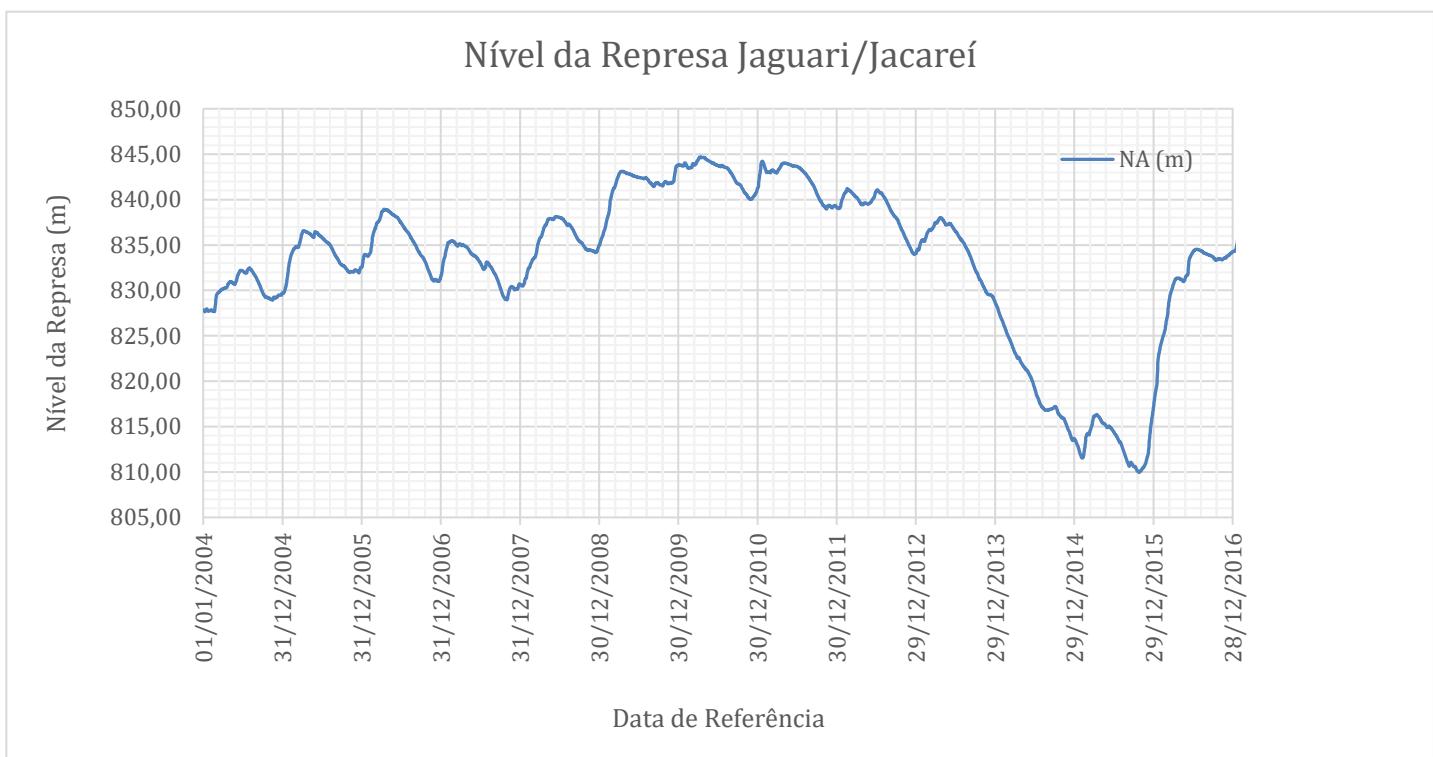
Gráfico 3, estão intimamente relacionados. Observa-se também que há diminuição do volume útil com períodos prolongados de redução de chuvas, como, por exemplo, entre o ano 2000 e 2008.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS DE NÍVEL DA REPRESA DURANTE A CRISE HÍDRICA

A partir da localização da crise hídrica entre o final de 2013 e março de 2015, pode-se construir os níveis, em metros, da Represa Jaguari/Jacareí com base nos

dados disponibilizados no Site da Sabesp diariamente para o período. O Gráfico 6 abaixo correlaciona o nível da represa no eixo das ordenadas com datas de referência nas abscissas, sendo o primeiro registro histórico destacado em janeiro de 2004 e o último em janeiro de 2017. O ajuste do espaçamento no eixo horizontal foi realizado assim como no Gráfico 2 do tópico 4.2, considerando os anos bissextos.

Gráfico 6 - Série Histórica do nível da Represa Jaguari/Jacareí em metros entre janeiro de 2004 a janeiro de 2017



Fonte: Dados de nível da represa fornecidos pela SABESP (“Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP,” [s.d.]) e organizados em série temporal com auxílio do Prof. Dr. Eduardo Monlevade

A seleção dos limites de data inferior e superior para a análise da crise hídrica de 2013 a 2015 na construção do Gráfico 6 foi realizada considerando tanto o limite superior do Gráfico 5, atribuído como o inferior no Gráfico 6; quanto o final da crise hídrica em 2016, atribuída como limite superior temporal. O marco histórico utilizado para delimitar o final da crise foi justamente a recuperação dos volumes de Reserva técnica e parte do volume útil do Sistema Cantareira, sinalizado pela Resolução Conjunta entre ANA e DAAEE em 7 de março de 2016 (“Resolução conjunta ANA/DAAE No151,” 2016), isto é, localização do marco histórico em dezembro de 2016 de acordo com o padrão de 365 dias entre cada data de referência nas abscissas.

A análise dos dados da crise hídrica na RMSP entre 2013 e 2015 pode ser melhor contextualizada ao partir da avaliação do período imediatamente anterior. Nota-se que, como característica generalizada, entre meados de 2009 e 2012 o nível da represa Jaguari/Jacareí apresentava valores superiores a 840 metros e eventualmente próximos a tal nível. Entre o final de 2011 e início de 2012, a Represa tem nível estagnado em um platô próximo ao valor de 840 metros com ascensão tímida do nível da represa nos primeiros meses de 2012, marcando a estação chuvosa do ano.

No ano de 2012, o nível da represa Jaguari/Jacareí permanece baixo de 842 metros no primeiro semestre e declínio acentuado no segundo semestre atingindo a marca de 834 metros em dezembro. A análise do Gráfico 3 indica comportamento semelhante da porcentagem de volume útil da Represa Cantareira que estava em um platô cima de 70% no primeiro semestre de 2012 e apresenta rápida declínio para marca de 50% ao final do ano em questão. Por fim, a análise da precipitação entre Dezembro de 2011 e Março de 2012 para a região metropolitana de São Paulo, conforme ilustrado no Gráfico 5, indica déficit de 400 milímetros de chuva em relação à média histórica.

Durante os anos de 2013 e 2014, o nível da represa Jaguari/Jacareí continuou a diminuir consideravelmente. No primeiro semestre de 2013 houve ganho de 4 metros, isto é, de 834 para 838 metros. Contudo, nos seis meses seguintes, houve decréscimo no nível das represas para 829 metros. A queda de nível pode ainda ser observada durante todo o ano de 2014, em que se atinge a mínima histórica de 811 metros em meados de 2015. Comportamento análogo pode ainda ser observado no Gráfico 3, dado a recuperação do Sistema Cantareira de 50% para 65% nos primeiros meses de 2013 seguida da queda da porcentagem de volume útil durante o segundo semestre de 2013 e todo o ano de 2014, atingindo marca negativa abaixo de 20%. Como o Gráfico 3 indica a porcentagem de volume útil ocupada, o valor negativo atingido no segundo semestre de 2014 indica esvaziamento completo do volume útil e utilização da reserva técnica, volume morto. A análise atenta do Gráfico 2 revela que em meados de julho de 2014 o volume útil havia sido consumido.

Assim como observado em 2012, ambos anos de 2013 e 2014 apresentaram precipitação abaixo da média histórica. Ainda que 2013 tenha sido menos severo que 2012, com 759 mm, apresentando precipitação próxima ao tercil inferior das médias históricas; o ano de 2014, entre Dezembro e Março de 2013/2014, configurou o menor

índice de precipitação já registrado na série de – 480 mm de chuva, ou 480 mm inferiores a média histórica. O recorte histórico entre 2013/2014 ilustra o quão expressiva é a magnitude da seca na RMSP quando comparada com outros registros temporais.

Por fim, os anos de 2015 e 2016, apresentam recuperação dos níveis da represa Jaguari/Jacareí. Nos primeiros meses de 2015 há aumento de 811 m para 816 m. Contudo, no segundo semestre há decréscimo de nível da represa para valores inferiores ao menor nível do ano, atingindo a marca histórica de cerca de 810 m. Em meados de 2016, há ascensão de nível da represa acima de 830 metros, isto é, acima da reserva técnica, apresentando, portanto, sinais de recuperação de parte de seu volume útil. A análise do Gráfico 3 referente ao volume útil do Sistema Cantareira indica comportamento análogo, ainda que haja alguma recuperação da reserva técnica logo nos primeiros meses da crise hídrica, de -20% para -10% do volume útil. Em meados de 2016, o Sistema Cantareira apresenta também recuperação da reserva técnica e já no segundo semestre do ano com preenchimento de volume útil próximo de 50%. Por fim, a análise do regime de pluviométrico para o período entre Dezembro de 2014 e março de 2015 indica precipitação de 693 mm – ilustrado pela última coluna em Gráfico 5, que é menos crítica que a precipitação observada no verão austral anterior, porém se apresenta também abaixo do tercil inferior, o que reforça manutenção do stress hídrico para além da recuperação de volumes na represa.

4.4 ANÁLISE IMPACTO DA SECA E VULNERABILIDADE

A análise de risco foi construída a partir de informações sobre cada uma de suas partições conceituais: risco natural, social e tecnológico, que compõem o risco ambiental. Informações relativas à vulnerabilidade de populações e comunidades e os padrões de consumo podem ser abordados para compor o cenário. A sazonalidade de consumo e o cenário de crise hídrica são importantes para extrapolar os impactos do período.

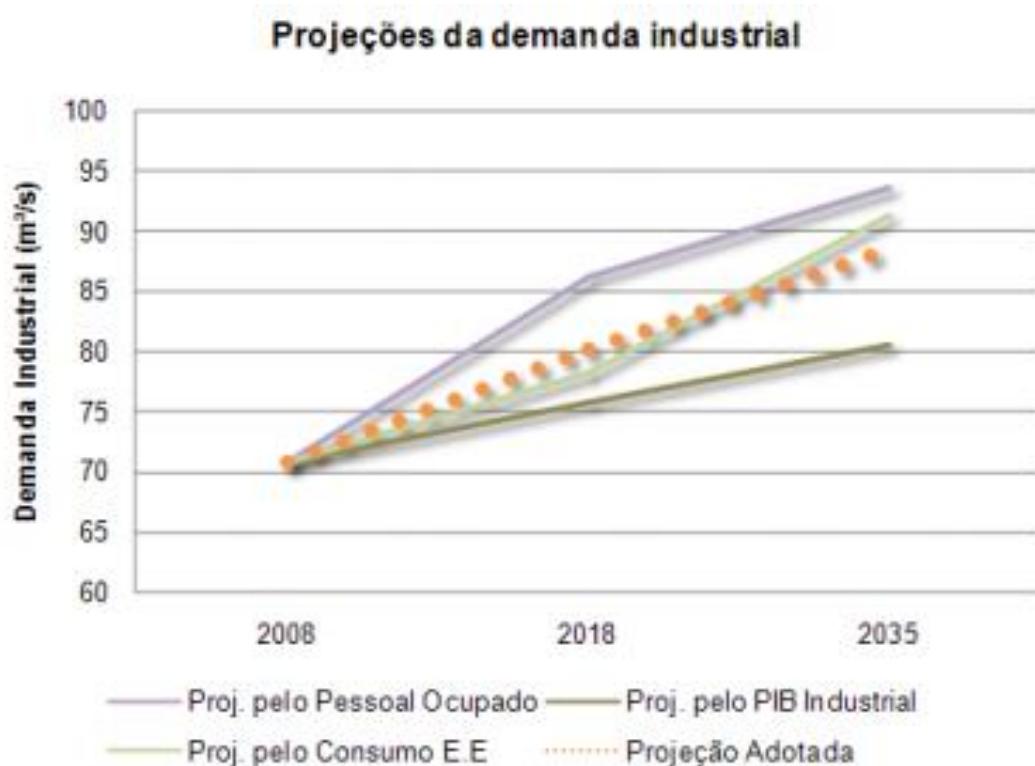
4.4.1 Indústria e Energia

A melhor gestão de recursos hídricos destinados a demandas de produção industrial tem forte ligação não só com a produtividade do setor, sua otimização de processos e redução de custos, mas também com o controle dos impactos danosos no ambiente em que a indústria está inserida da atividade industrial (MIERZWA; HESPAHOL, 2005). Pode-se, portanto, correlacionar a indústria e sua gestão de aportes hídricos e energéticos no contexto da crise hídrica à análise de risco, como abordado adiante.

A abordagem da perspectiva industrial sob a ótica de análise de risco no contexto da seca de 2013 podem ser mais bem estudados, a partir das diretrizes do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista. Publicado em outubro de 2013, o estudo de caso referente a Macrometrópole auxilia na apreensão das demandas energéticas industriais futuras e contextualizadas à crise hídrica e, por conseguinte, o impacto da crise hídrica no cenário econômico brasileiro. Como a produção de energia elétrica é majoritariamente dependente de hidrelétricas, sabe-se que os setor industrial pode ser impactado com períodos longos de estiagem, isto é, comprometimento de reservas hídricas e, em última instância, dos rios caudalosos que alimentam hidrelétricas. Segundo o Plano diretor (DAEE; COBRAPE, 2013) estimou-se para o ano de 2015 uma demanda total para a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 6, que abrange 34 municípios da RMSP, de 89.046,97 L/s, englobando os usos urbanos, industriais e de irrigação.

Conforme indicado no Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, foram considerados três indicadores para compor a demanda hídrica da indústria: pessoal ocupado na indústria – dados de 1996 a 2006 (IBGE); PIB industrial – dados de 2002 a 2006 (IBGE); e, por fim, consumo industrial de energia elétrica – dados de 1985 a 2006 (Fundação Seade) (DAEE; COBRAPE, 2013). Para cada um desses três indicadores, uma linha de tendência foi construída considerando a média aritmética simples para projetar os dados até o ano de 2035, que corresponde a data final de estudo do Plano Diretor.

Gráfico 7 – Demanda hídrica da indústria projetada entre 2008 e 2035



Fonte: Gráfico retirado do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista (2013) (DAEE; COBRAPE, 2013)

O Gráfico 7 ilustra cada uma das parcelas de projeção consideradas – por pessoal ocupado, consumo de Energia Elétrica e PIB Industrial, e a projeção adotada até 2035. Conforme os dados projetivos, nota-se que há crescimento da demanda hídrica pela Indústria durante todo o período de cerca de 70 m³/s em 2008 para 87 m³/s em 2035, ou seja, crescimento de cerca de 0.8% ao ano na demanda por água na Macrometrópole Paulista. Abaixo, a Tabela 2 dispõe os dados de demanda hídrica industrial projetados para os anos de 2008 a 2035 de cada uma das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos que fazem parte integralmente ou não da Macrometrópole paulista.

Tabela 2 – Demanda hídrica da indústria por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI)

UGRHI	2008		2018		2025		2035	
	m ³ /s	%						
2- Paraíba do sul*	5,45	7,81	6,19	7,86	6,49	7,92	6,96	8,01
3 – Litoral Norte*	0,39	0,56	0,46	0,59	0,51	0,62	0,58	0,67
5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí*	10,54	15,10	13,91	17,65	15,14	18,48	17,13	19,72
6 – Alto Tietê	37,39	53,56	38,63	49,02	39,00	47,6	39,56	45,55
7 – Baixada Santista	7,89	11,30	9,13	11,59	9,52	11,63	10,11	11,65
9 – Mogi Guaçu*	3,59	5,14	4,31	5,48	4,55	5,55	4,91	5,66
10 – Tietê/Sorocaba	4,54	6,51	6,16	7,82	6,70	8,19	7,59	8,74
11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul*	0,001	0,00	0,001	0,00	0,001	0,00	0,001	0,00
Total	69,82	100,00	78,80	100,00	81,92	100,00	86,88	100,00

Fonte: Tabela criada a partir do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista p.112 a 113 (DAEE; COBRAPE, 2013).

Nota: (*) refere-se a UGRHI parcialmente contida na Macrometrópole paulista

Como explorado no tópico 2.1, a área delimitada para estudo da crise hídrica está localizada pela Região metropolitana de São Paulo, composta majoritariamente pela UGRHI-06, Alto Tietê. Quando analisamos isoladamente cada um dos municípios que integram a Macrometrópole paulista na projeção de demanda hídrica ilustrada no Gráfico 7, é notável a participação da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 6, Alto Tietê entre 2008 e 2035, vide Tabela 2.

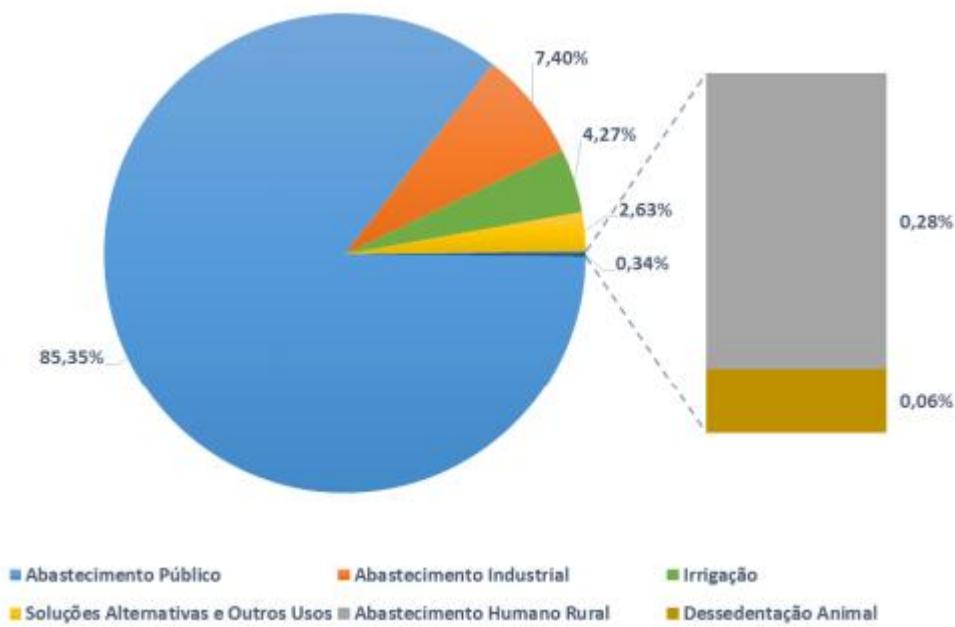
A demanda hídrica industrial da UGRHI-6, referente ao Alto Tietê, representa mais da metade de toda Macrometrópole paulista em 2008. Já em 2035, há distribuição maior das demandas industriais na Macrometrópole e a representatividade da UGRHI-6 diminui, ainda que continue sendo a maior demanda da Tabela 2, 45,55% de toda a parcela. Conforme indicado no Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, deve-se somar ainda ao montante de demanda hídrica da UGRHI-6 o valor de 27,8 m³/s (DAEE; COBRAPE, 2013), referente a Usina Termoelétrica de Piratininga - como explorado conceitualmente pelo tópico 2.5.2. Tal valor deve ser incluído após a

projeção temporal, ou seja, o aumento da demanda pela geração termoelétrica é considerado nulo no período analisado.

Analizando ainda a UGRHI-6, diferentes demandas hídricas competem entre si. Na Figura 13 estão dispostas as principais finalidades em que os recursos hídricos são empregados e sua representatividade em porcentagem, considerando o ano de 2015 como base de análise. A demanda de Abastecimento Público – composta por abastecimento doméstico, comércio, serviços e indústrias ligadas na rede, Abastecimento Industrial, Irrigação, Dessedentação de Animais, Abastecimento Humano Rural e Outros Usos estimam um total de 88.227,39 L/s, segundo FABHAT (2018). O Abastecimento Público representa a maior parcela entre os usos elencados, 85,35% do total estimado, com demanda igual a 75.306,45 L/s.

Considerando todas as demandas, os municípios com maior uso de água em ordem crescente são: Osasco (3.300,18 L/s), Mogi das Cruzes (3.331,34 L/s), São Bernardo do Campo (5.069,45 L/s) e São Paulo (47.967,85 L/s), (FABHAT, 2018).

Figura 13 – Demanda hídrica estimada para o ano de 2015 por diferentes usos – PBH-AT (2018)



Fonte: Extraído do Plano Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (2018), ano de referência 2015 (FABHAT, 2018)

Além disso, há divergências nos montantes hídricos apreendidos entre os estudos citados. Elas estão relacionadas às metodologias aplicadas para a estimativa

dessas demandas, área de abrangência considerada, divisão conceitual entre os tipos de demanda e período considerado, como projeção ou valor realizado.

Ainda sobre a perspectiva industrial e energética no que tange à disponibilidade hídrica, o Plano Diretor de Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista disserta sobre o conflito entre as demandas hídricas para irrigação, abastecimento da população e da indústria para a Macrometrópole Paulista. O conflito tem origem fundamental no abastecimento da Macrometrópole e, portanto, da própria RMSP, a principal requerente hídrica. Ambas regiões são ditas fundamentalmente insuficientes em prover as vazões hídricas requisitadas à sua “sustentabilidade urbana e econômica a médio e longo prazos” (DAEE; COBRAPE, 2013). Ao contrário, o desenvolvimento da macro região está cada vez mais limitado ao que tange a disponibilidades hídricas no interior do território. Como ressaltado já na década de 1970 no tópico 4.1 acima, o crescente embate de interesses e usos entre as regiões metropolitanas de São Paulo e aquelas satélite como a de Campinas sobre o uso dos recursos hídricos da bacia do Piracicaba, principal afluente do Sistema Cantareira Equivalente (vide 2.1.1 acima), está. O acirramento da disputa tem sua institucionalização com a renovação da outorga do Sistema Cantareira em 2015 e 2017, que, por sua vez, é o utilizado para abastecer cerca de 50% da Grande São Paulo.

4.4.2 Análise de risco e a estiagem de 2013 a 2015

A análise de risco ambiental da crise hídrica de 2013, como explorado no tópico 2.4.1, pode ser entendida como uma função do perigo e da taxa de exposição. O perigo abordado no trabalho em questão é a seca das reservas hídricas que abastecem a RMSP, em especial, o Sistema Cantareira. Já a taxa de exposição é definida como o período da seca, localizado entre verões austrais de 2013 e 2015, e o planejamento de gestão hídrica adotado.

A análise de risco pode ainda ser interpretada como um risco ambiental delimitado a partir de três esferas de riscos complementares, ilustradas na Figura 10. O entendimento da análise de risco do evento de estiagem em 2013, pode, portanto, ser realizado de modo complementar pelo risco natural, industrial e social.

Em se tratando da crise hídrica, o risco natural está relacionado às atividades que passam a interferir direta ou indiretamente nas dinâmicas superficiais terrestres, como, por exemplo, o remanejo de afluentes e a utilização da água como recurso natural na indústria. O crescimento demográfico e de sítios urbanos, especificamente, na região metropolitana de São Paulo com a paulatina poluição de rios constitui um importante fator de risco no abastecimento da metrópole que depende de bacias localizadas cada vez mais afastadas de centros urbanos. O estudo climatológico da região indica ainda que o regime de distribuição pluviométrico é afetado pela urbanização e desmatamento que se sucedeu. A estiagem localizada no Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT, 2018) está localizada junto a outros episódios relacionados a "Mudanças climáticas e eventos críticos", um indicativo de que há o risco de enfrentamento de crises, sobretudo em regiões com altas concentrações populacionais, ampla conurbação, como é o caso da RMSP.

Como observado na série histórica, a UGRHI 06 passou por eventos climáticos extremos de estresse hídrico entre 2013 e 2015. Já entre os anos de 2009 e 2011, presenciaram-se eventos de chuvas extremamente intensas em curto espaço de tempo, ocasionando inundações (FABHAT, 2018), seguido de surtos de cólera e leptospirose.

No estudo da crise hídrica, os principais riscos industriais, por sua vez, advêm do uso da água de forma insustentável. A crescente demanda por recursos hídricos tem correlação com a geração de volumes de afluentes e no consumo de energia elétrica, que, na região sudeste do Brasil, é produzida em usinas hidrelétricas e que, portanto, dependem também do abastecimento de água – em rios caudalosos.

Por fim, o risco social no estudo da seca hídrica na região metropolitana de São Paulo entre 2013 e 2015 enquadra-se tanto como risco social exógeno, relacionado a fatalidade da diminuição da pluviometria e ausência de episódios de ZAC nos meses mais úmidos; quanto como risco social endógeno, dado sua relação às políticas públicas de aproveitamento dos mananciais, sub investimento em obras antes da seca, ausência de um plano de Contingencia claro frente a um episódio de estiagem, atraso na execução e entrega de obras e o sistema energético altamente dependente de recursos hídricos, conforme abordado anteriormente.

4.5 DISCUSSÃO DA CRISE HÍDRICA

Com base nos dados apresentados - tanto os referentes ao nível do Sistema Cantareira, em especial aos da Represa Jaguari/Jacareí, quanto aqueles referentes a precipitação de dezembro a março, era possível prever a crise hídrica de 2013 a 2015. Segundo a afirmação da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, explicitada no tópico 4.1.1, não era possível fazer tal previsão. Contudo, conforme explorado pelos gráficos de nível da represa Jaguari/Jacareí, de porcentagem do volume útil do Sistema Cantareira, redução da vazão dos afluentes e de precipitação anômala dos anos anteriores à crise, pode-se afirmar que a crise hídrica não é pontual e imprevisível.

Conforme Gráfico 5, entre 1989/1990 a 2011/2012, apenas 6 dos 24 anos anteriores a 2013 apresentaram precipitação acima da média histórica na RMSP. Entre Dezembro de 2011 e março de 2012, registrou-se déficit de chuva abaixo do menor tercil e o menor precipitação já registrada na série histórica desde 1962. Outros dois avisos podem ainda ser ressaltados sobre a ocorrência da crise hídrica.

O primeiro alerta pode ser identificado pelos boletins emitidos pela Agência Nacional de Águas. Entre outubro de 2013 e março de 2014, se constatou a diminuição de vazão natural dos afluentes do Sistema Cantareira, o que contribui para restringir a quantidade e qualidade do volume de água esperado nos reservatórios. Tal alerta da ANA é mais um indicativo do quão anômalo é o período.

Já o segundo alerta está expresso no Plano diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, publicado em Outubro de 2013, no qual se disserta sobre a urgência de criação de um plano de contingência específico para eventuais riscos de escassez hídrica - o que não foi realizado até agosto de 2015 pelo Governo de São Paulo (LEITE, 2015a). Quando questionado sobre a ausência de apresentação do plano de contingência para orientar as cidades afetadas pela seca em caso de desabastecimento da população, o governador Geraldo Alckmin alegou que tal documento era apenas um “papelório inútil” (SANTIAGO, 2015), o que demonstra a falta de gestão hídrica e o caráter reativo e emergencial da tomada de decisão do Estado frente a crise.

Como explorado no tópico 4.1, as ações tomadas sobre a crise pelo governo do Estado referem-se a 2014 com a conclusão e entrega de obras em 2015. Como as

principais obras foram empreendidas um período de tempo de um ano e meio, é de se concluir que seus projetos haviam sido desenvolvidos anteriormente à crise. A sua execução não deve ter sido priorizada por premissas adotadas no passado. Tal comportamento reforça o constatado pelo depoimento de Geraldo Alckmin. É notório que as medidas empregadas são reativas frente à crise. As informações referentes a vazão dos afluentes do Sistema Cantareira, precipitação e nível das represas Jaguari/Jacareí revelam que o stress hídrico era uma realidade antes do agravamento da crise de 2013 e, portanto, antes das medidas Estaduais sobre a questão.

5 CONCLUSÃO

A análise da Crise hídrica que assolou a Região metropolitana de São Paulo durante os anos de 2013 a 2015 revela o quanto anômalo e extremo o evento é quando comparado a série histórica de períodos de stress hídrico. O nível da Represa com maior participação no abastecimento da metrópole paulista, a Jaguari/Jacareí, atingiu mínima histórica de 810 metros no período crítico da crise, segundo semestre de 2015, valor nunca antes registrado. Comportamento análogo pode ser constatado nos volumes disponíveis do Sistema Cantareira, que estava desabastecido de sua reserva útil e com consumo de 20% das reservas técnicas.

A ocorrência de tal episódio mobilizou a mídia, sociedade civil e o próprio Estado em ações de caráter reativo e emergencial. As obras conduzidas para mitigar a crise foram iniciadas em 2014 e entregues somente em 2015. Constatase o atraso na conclusão das obras, falhas no momento da entrega, inauguração, e performance reduzida na operação emergencial. A execução em um período de um ano e meio das principais obras revelam que seus projetos já haviam sido desenvolvidos antes da crise. Contudo, não foram priorizados frente a outros investimentos. A discussão entre o TCE e governo de Estado sobre a falta de planejamento e a culpabilização sobre os efeitos do evento sobre a sociedade civil reforça a ausência de gestão integrada de recursos hídricos. A apresentação de um plano claro de contingência e a falta de investimento em obras que desonerem o Sistema Cantareira são algumas das discussões suscitadas, a partir da perspectiva histórica e industrial desse momento. O posicionamento do então governador Geraldo Alckmin reforça tal interpretação da crise hídrica, bem como o aporte de informações fornecidas pelos planos diretores referentes a Macrometrópole paulista e a bacia Alto Tietê. Por fim, a análise de risco do período ilustra ainda que o risco ambiental da Crise hídrica está acompanhado de contexto social, impacto de atividades antrópicas sobre o meio, tecnológico, referente ao emprego do recurso, e natural, causalidade das conjunturas climatológicas sobre a região.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2013.** BRASIL: [s.n.]. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura Recursos Hídricos - Brasil 2019.** Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/usoagua>>. Acesso em: 3 maio. 2020.

Água de São Paulo está no fim, diz Nogueira Neto. Disponível em: <<https://acervo.folha.com.br/leitor.do?numero=6226&anchor=4317266&origem=busca&pd=7e7a6e6dbc0c856571cac4f766db9199>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil: 2014.** [s.l: s.n.]. Acesso em: 10 abr. 2020a.

ANA. **Resolução Conjunta nº 910, de 7 de julho de 2014.** [s.l: s.n.]. Acesso em: 11 abr. 2020b.

Após falha, Alckmin entrega obra que vai levar água da Billings ao Alto Tietê. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/09/apos-falha-alckmin-entrega-obra-que-vai-levar-agua-da-billings-ao-alto-tiete.html>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BRANDT, R. **Captação do ‘volume morto’ do Sistema Cantareira traz poluentes.** Disponível em: <<https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,captacao-do-volume-morto-do-sistema-cantareira-traz-poluentes,1151639>>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. **LIVRO BRANCO DA ÁGUA A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: Origens, impactos e soluções.** [s.l: s.n.]. Acesso em: 9 abr. 2020.

CARVALHO, L. M. V. et al. Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<2377:EPEISS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2377:EPEISS>2.0.CO;2), 1 set. 2002.

CHANG, M. et al. **Metodologia de estudos de vulnerabilidade à mudança do clima.** 1º ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2015.

Clima Evolução - CPTEC/INPE. Disponível em:
<http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt>. Acesso em: 7 abr. 2020.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 125, n. 3–4, p. 769–784, 1 ago. 2016.

CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, 18 jun. 2005. . Acesso em: 21 jun. 2020

Crise hídrica impacta lucro da Sabesp em 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2015/03/crise-hidrica-impacta-lucro-da-sabesp-em-2014.html>. Acesso em: 4 jul. 2020.

DAEE, D. D. Á. E. E. E.; COBRAPE. Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, no Estado de São Paulo. Estado de São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <https://docs.google.com/file/d/0B8iXiltOrl5aN1JsYkpkb1FmRUk/edit>. Acesso em: 11 abr. 2020.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3–4, p. 167–178, 28 dez. 2008.

EGLER, C. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à Zona Costeira Brasileira. **Território**, 1996.

ESTADO DE MINAS. Alckmin diz que transposição do Rio Guaió “está funcionando” - **Nacional.** Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2015/08/17/interna_nacional,679260/alckmin-diz-que-transposicao-do-rio-guaio-esta-funcionando.shtml. Acesso em: 11 abr. 2020.

FABHAT. Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06. São Paulo: [s.n.]. Acesso em: 5 abr. 2020.

G1. Entenda o que é o volume morto do Sistema Cantareira. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/05/entenda-o-que-e-o-volume-morto-do-sistema-cantareira.html>. Acesso em: 30 jun. 2020.

G1. Grande SP consome 15% menos água do que no período pré-crise hídrica, mas gasta mais do que em 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/07/31/grande-sp-consome-15-menos-agua-do-que-no-periodo-pre-crise-hidrica-mas-gasta-mais-do-que-em-2015.ghtml>. Acesso em: 4 jul. 2020.

GOVERNO DO BRASIL (GOV). **Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira — português (Brasil)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>>. Acesso em: 4 maio. 2020.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO; JMR ENGECORPS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007**. São Paulo: [s.n.].

IBGE | Cidades@ | São Paulo | São Paulo | Panorama. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. DE S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos Avancados**, v. 29, n. 84, p. 27–42, 2015.

Jornal: Sabesp não investe 37% do previsto entre 2008 e 2013. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/jornal-sabesp-nao-investe-37-do-previsto-entre-2008-e-2013,d00f43e618756410VgnVCM3000009af154d0RCRD.html>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

KOLLURU, R.; BARTELL, S.; STRICOFF, S. **Risk Assessment and Management: a Unified Approach**. Boston, Massachusetts: [s.n.].

Lei 9.433/1997 (Lei Ordinária). Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%209.433-1997?OpenDocument>. Acesso em: 9 abr. 2020.

Lei Complementar nº 1.139, de 16 de junho de 2011 - Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei.complementar/2011/lei.complementar-1139-16.06.2011.html>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

LEITE, I. **TCE culpa governo de SP por crise hídrica e diz que faltou planejamento**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/08/tce-culpa-governo-de-sp-por-crise-hidrica-e-diz-que-faltou-planejamento.html>>. Acesso em: 24 maio. 2020a.

LEITE, I. **Obras da Sabesp contra crise hídrica serão vistoriadas por fiscais do TCE**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/08/obras-da-sabesp-contra-crise-hidrica-serao-vistoriadas-por-fiscais-do-tce.html>>. Acesso em: 16 maio. 2020b.

LIEBMANN, B. et al. Interannual Variability of Daily Extreme Precipitation Events in the State of São Paulo, Brazil. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<0208:IVODEP>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0208:IVODEP>2.0.CO;2), 15 jan. 2001.

MARQUES DE CASTRO, C.; NAÍSE DE OLIVEIRA PEIXOTO, M.; AQUINO PIRES DO RIO, G. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 28–2, p. 11–30, 2005.

MAZZARINO, J. M. et al. INFORMATION ABOUT THE WATER CRISIS IN SÃO PAULO OFFERED BY THE WATERSHED COMMITTEES. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

MENDONÇA, F.; MORESCO DANNI OLIVEIRA, I. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 3º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MIERZWA, J. C.; HESPAÑHOL, I. **Água na indústria - uso e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

Multa por aumento no consumo de água volta a valer em SP, decide TJ. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/01/sp-derruba-decisao-que-barrava-multa-por-aumento-em-consumo-de-agua.html>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

NACIONAL, A. et al. BOLETIM DE MONITORAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DO SISTEMA CANTAREIRA. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 19 maio. 2020.

Obras de ampliação da Estação de Tratamento de Água do Alto da Boa Vista seguem em ritmo acelerado. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/obras-de-ampliacao-da-estacao-de-tratamento-de-agua-do-alto-da-boa-vista-seguem-em-ritmo-acelerado-1/>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ONU. ARTIGO: Dia Mundial da Água 2019 — ‘Não deixar ninguém para trás’ | ONU Brasil. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/artigo-dia-mundial-da-agua-2019-nao-deixar-ninguem-para-tras/>>. Acesso em: 23 jun. 2020a.

ONU. ONU: 1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável | ONU Brasil. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-a-agua-potavel/>>. Acesso em: 23 jun. 2020b.

OTTO, F. E. L. et al. **Factors other than climate change, main drivers of 2014/15 water shortage in southeast Brazil** Bulletin of the American

Meteorological Society American Meteorological Society, , 1 dez. 2015. . Acesso em: 28 mar. 2020

PIMENTEL, J. Governador de São Paulo volta a descartar racionamento de água - notícias em Sorocaba e Jundiaí. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2014/02/governador-de-sao-paulo-volta-descartar-racionamento-de-agua.html>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

PINHEIRO, H. D. Perspectiva Histórica e Tecnológica da Calibração do Túnel 2 do Sistema Cantareira de Adução de Água para a Região Metropolitana de São Paulo. São Carlos: [s.n.].

POLETO, C. Bacias hidrográficas e recursos hídricos. Rio de Janeiro: Ed. Interciênciac, 2014.

PORTO, R. L. L.; PORTO, M. F. DO A.; PALERMO, M. A. A ressurreição do volume morto do Sistema Cantareira na Quaresma. **Revista DAE**, v. 62, n. 197, p. 18–25, 2014a.

PORTO, R. L.; PORTO, M. F. A.; PALERMO, M. Ponto de vista_ A ressurreição do volume morto do sistema Cantareira na Quaresma. **Revista DAE**, v. 62, n. 197, p. 18–25, 2014b.

Principal obra contra crise hídrica atrasa. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/principal-obra-contra-crise-hidrica-atrasa/>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <<https://emplasa.sp.gov.br/RMSP>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

Resolução conjunta ANA/DAAE Nº151. Agência Nacional de Águas, , 16 mar. 2016. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2016/151-2016.pdf>>. Acesso em: 21 maio. 2020

Resolução revoga uso do volume morto do Cantareira — Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/resoluassapo-revoga-uso-do-volume-morto-do.2019-03-15.9866219599>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

RMSp – PDUI RMSp. Disponível em: <https://www.pdui.sp.gov.br/rmsp/?page_id=56>. Acesso em: 3 abr. 2020.

SABESP. Projeção de Demanda Sistema Cantareira. São Paulo: [s.n.]. Acesso em: 4 jul. 2020.

Sabesp » Água » De onde vem? Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=31>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

Sabesp anuncia desconto para quem economizar água em SP - notícias em São Paulo. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/02/sabesp-anuncia-desconto-para-quem-economizar-agua-em-sp.html>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

Sabesp começa obras para captar volume morto de reservatório - notícias em São Paulo. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/03/sabesp-comeca-obras-para-captar-volume-morto-de-reservatorio.html>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

Sabesp diz que não há água para captar em rio que passou por obras - São Paulo. Disponível em: <<https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,sabesp-diz-que-nao-ha-agua-para-captar-em-rio-no-qual-investiu-r-29-milhoes,1745297>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

Sabesp » Obras emergenciais. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=339>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

Sabesp » Sistema Cantareira. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=132>>. Acesso em: 4 abr. 2020a.

Sabesp » Sistema Cantareira. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=132>>. Acesso em: 3 abr. 2020b.

SAMPAIO, L. Falta de água é culpa do governo de SP, afirma relatora da ONU. **Folha de S.Paulo**, 31 ago. 2014.

SANTIAGO, T. **Plano de Contingência da crise hídrica é “papelório inútil”, diz Alckmin.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/07/plano-de-contingencia-da-crise-hidrica-e-papelorio-inutil-diz-alckmin.html>>. Acesso em: 24 maio. 2020.

SETTI, A. A.; et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Brasília: [s.n.]. Acesso em: 9 abr. 2020.

SEVÁ FILHO, A. O. **No limite dos riscos e da dominação: a politização dos investimentos industriais de grande porte (Doutorado em Geografia).** [s.l: s.n.].

SILVA DIAS, M. A. F. et al. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, v. 116, n. 3–4, p. 705–722, 7 jun. 2013.

Sistema Cantareira (Saiba mais) — Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sistema-cantareira/sistema-cantareira-saiba-mais>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

Sistema Rio Grande abastecerá parte da Zona Sul de SP, diz Sabesp. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/04/sistema-rio-grande-abastecera-parte-da-zona-sul-de-sp-diz-sabesp.html>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP. Disponível em: <<http://mananciais.sabesp.com.br/Home>>. Acesso em: 4 abr. 2020a.

Situação dos Mananciais Sabesp - RMSP. Disponível em: <<http://mananciais.sabesp.com.br/Home>>. Acesso em: 7 abr. 2020b.

SUGAHARA, S.; DA ROCHA, R. P.; SILVEIRA, R. Non-stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 9, p. 1339–1349, jul. 2009.

Transferência da represa Billings ao Alto Tietê opera em 100%, diz Sabesp. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2015/12/transferencia-da-represa-billings-ao-alto-tiete opera-em-100-diz-sabesp.html>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

TUFFANI, M. Um alerta de 1977 para a crise da água – Maurício Tuffani. Disponível em: <<https://mauriciotuffani.blogfolha.uol.com.br/2014/11/13/um-alerta-de-1977-para-a-crise-da-agua/>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

VEYRET, Y. Os Riscos - o Homem Como Agressor e Vítima do Meio Ambiente. [s.l: s.n].