

Pedro Roberto Jacobi
Ana Paula Fracalanza
Vanessa Empinotti

Governança da Água no contexto da escassez hídrica

São Paulo
2017



Antecedentes que Levaram à Crise Hídrica do Sistema Cantareira na Região Metropolitana de São Paulo

PEDRO LUIZ CÔRTEZ

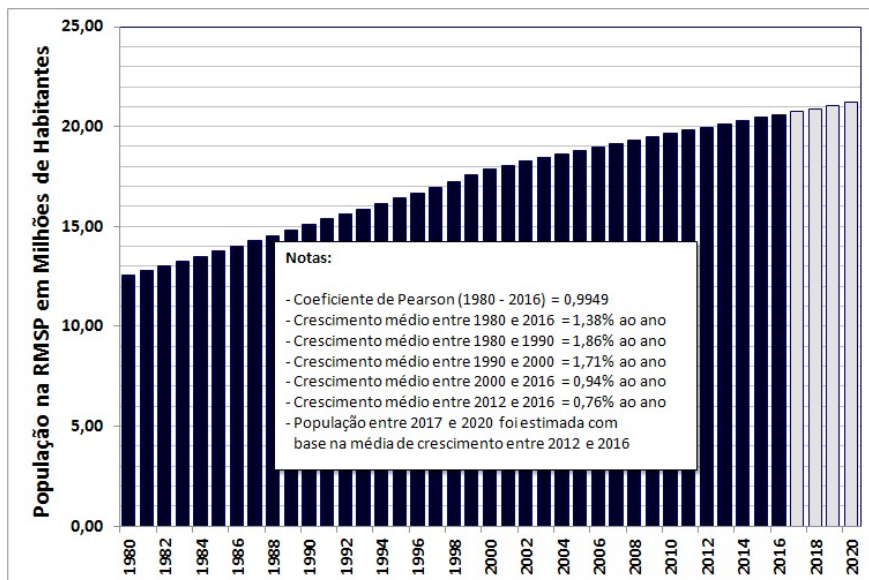
1. Introdução

No segundo semestre de 2013 foram divulgadas as primeiras notícias dando conta dos baixos níveis do Sistema Cantareira. Esse sistema é composto por cinco represas, sendo responsável até então por 45% da água consumida na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Essa redução de nível ocorreu mesmo durante o período de chuvas (de outubro de 2013 a março de 2014), fazendo com que em maio de 2014 esse sistema atingisse o nível zero. Iniciou-se, então, a exploração de níveis mais profundos (os chamados volume morto 1 e 2), abaixo da captação prevista em projeto. Essa situação sem precedentes na história do Sistema Cantareira foi atribuída pelo Governo do Estado de São Paulo a uma severa estiagem e temperaturas acima da média durante o verão 2013-2014, estendendo-se também a 2015. Mas a crise hídrica, conforme demonstrado ao longo deste capítulo, reflete uma falta de planejamento estratégico e deficiências na gestão do sistema de abastecimento da RMSP que vem sendo incapaz de acompanhar o crescimento populacional da região.

Analisando o crescimento populacional na RMSP, entre 1980 e 2016, verifica-se que ele ocorre a taxas praticamente constantes (Figura 1). A correlação de Pearson para o período, considerando o total de habitantes por ano, aproxima-se do valor máximo (1,0) que indicaria uma linearidade perfeita (Hair Jr, Black, Babin, & Anderson, 2013). O valor calculado (0,9949) indica que a população mostra ainda uma tendência de crescimento, em que pese a redução na taxa anual verificada a partir de 1990 e, em especial, a

partir do ano 2000. Considerando a taxa de crescimento médio da população entre 2012 e 2016 (0,76%), a tendência é que a RMSP atinja 21,5 milhões de habitantes em 2022 (950 mil pessoas a mais do que em 2016). Considera-se, portanto, que uma região que já supera 20 milhões de habitantes e onde o número de pessoas cresce quase em um milhão a cada seis anos, mereça uma atenção especial quanto ao abastecimento de água.

Figura 1 – RMSP: população entre 1980 e 2016 e previsão para o período de 2017 a 2020



Fonte: elaborado a partir de SEADE (2016)

2. Revisão da literatura

A escassez de água é um fenômeno que tem ocorrido com uma frequência cada vez mais preocupante. Kummu, Ward, De Moel, & Varis (2010), utilizando o indicador de Falkenmark, Lundqvist, & Widstrand (1989), analisaram a escassez de água em 284 bacias hidrográficas entre os anos 0 e 2005 d.C. Os autores verificaram que se em 1800 a privação crônica de água era um problema que afetava de maneira muito reduzida as populações em todo o mundo, esse montante já ascendia a 2% da população mundial em 1900. Em 1960 esse problema afetava 9% da população mundial, índice que passou a 35% em 2005. Isso tem feito com que mais

estudos ambientais se voltem para a análise de estratégias que envolvam as questões climáticas.

Se na década de 1990 os primeiros estudos de estratégias ambientais trabalhavam sob a perspectiva organizacional (Roome, 1992; Shrivastava & Hart, 1995; Green, Morton, & New, 1996; Waddock & Graves, 1997), hoje ele se concentram em análises de amplo alcance (Galpin & Whittington, 2012) ou desenvolvimento de estratégias face às mudanças climáticas (Galbreath, 2014). Cízková, Kvet, Comín, Laiho, Pokorný, & Pithart (2013), por exemplo, desenvolveram cenários decorrentes das mudanças climáticas na Europa. Segundo eles, haveria enchentes no oeste, aumento da escassez de água no sul e redução na quantidade de matéria orgânica no solo. Em uma abordagem similar, Milano, Ruelland, Dezetter, Fabre, Ardoin-Bardin, & Servat (2013) analisaram os problemas com o rio Ebro, na Espanha, que sofre com a redução do volume de água, diminuição nas precipitações, além do aumento do consumo decorrente da elevação da temperatura.

Com o crescimento populacional, a escassez tende a aumentar nas regiões de maior concentração demográfica. Essa é uma condição verificada em diferentes países (Kummu, Ward, De Moel, & Varis, 2010), o que é apoiado pelos estudos de Wada, Van Beek, Wanders, & Bierkens (2013). Estes últimos mensuraram que a partir da década de 1960, com o aumento populacional, o consumo de água mais do que dobrou, o que conta com o respaldo de Martin-Carrasco, Garrote, Iglesias, & Mediero (2013). Embora esse seja um problema crescente, há que se ponderar que nem sempre a população encontra-se adequadamente bem informada sobre isso, repercutindo negativamente nas políticas públicas voltadas para a redução do consumo (Côrtes, 2013).

Xiao (2013) comenta que na China informações sobre a situação hídrica ou poluição das águas não são divulgadas ao público. Isso lembra o que ocorreu na RMSP onde Ribeiro (2011) relata que o aumento da demanda para consumo humano e redução das precipitações tem gerado escassez, sem que a população fosse corretamente informada sobre isso. Situação similar à identificada na Grécia por Kaldellis & Kondili (2007). E esse tipo de problema vem se ampliando: Estados Unidos (Gelcer, Fraisse, Dzotsi, Hu, Mendes, & Zotarelli, 2013), Chile (Meza, 2013; Núñez, Rivera, Oyarzún, & Arumí, 2013), Austrália (Tapsuwan, Burton, Mankad, Tucker, & Greenhill, 2014), China (Wu & Wang, 2010), Arábia Saudita (Ouda, 2014), Espanha (Milano, Ruelland, Dezetter, Fabre, Ardoin-Bardin, & Servat, 2013), Taiwan (Tsai & Elsberry, 2013), apenas para citar alguns exemplos.

Para aplacar esses problemas, há estudos que avaliam diferentes estratégias de atuação como, por exemplo, a adoção de mudanças nas políticas tarifárias (Justes, Barberán, & Farizo, 2014). Os autores ponderam que as tarifas aplicadas ao consumo doméstico sejam pensadas tendo em consideração informações sobre o padrão de consumo dos moradores de cada residência. Há também estudos sobre o reúso de água (Atkinson, 2014) e captação de água de chuva (Morales-Pinzón, Lurueña, Gabarrell, Gasol, & Rieradevall, 2014; Morales-Pinzón, Rieradevall, Gasol, & Gabarrell, 2012). Isso permitiria que fontes alternativas reduzissem a demanda por água tratada, que ficaria reservada para atividades mais nobres.

Enquanto alguns estudos se concentram em ações tomadas junto aos consumidores, há aqueles que apresentam propostas para gestão do sistema, com o uso de modelagens computacional (Ngoc, Hiramatsu, & Harada, 2014; Xiao-jun, et al., 2014). Há pesquisas que discorrem sobre o uso de informações climáticas para a avaliação dos padrões pluviométricos no Reino Unido (Chun, Wheeler, & Onof, 2013) ou no desempenho hídrico de sub-bacias do Rio Colorado (Kalra, Miller, Lamb, Ahmad, & Piechota, 2013). Uma possibilidade, adotada pelo South Florida Water Management District (Bolson & Broad, 2013) foi o uso de informações climáticas em sistemas de gerenciamento de recursos hídricos.

3. Um sistema sob pressão

Efetuada esse breve exame a respeito da evolução do número de habitantes na RMSP e das pesquisas envolvendo a gestão hídrica, julgou-se necessário circunscrever as análises efetuadas neste capítulo ao período mais recente, entre janeiro de 2005 e dezembro de 2012. O início (janeiro de 2005) é o “ponto de partida” após a crise hídrica que afetou a RMSP entre 2003 e 2004. Em 1º de dezembro de 2003 o nível do Sistema Cantareira, o principal conjunto de reservatórios da RMSP, chagou a 1,6% (SABESP, 2003) e seus efeitos se prorrogaram pelo ano seguinte (Mug, 2004). Em 2013, um novo cenário de escassez teve início, levando a utilizar o mês de dezembro de 2012 como delimitador final do período de análise. Nesse período, a população aumentou em mais de um milhão de habitantes (Figura 2), com a taxa de crescimento mantendo-se quase linear (correlação de Pearson = 0,9998). Para atender a essa população, no final de 2012 o sistema de produção de água tratada era composto pelos sistemas disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de água tratada pelas estações de tratamento de água na Região Metropolitana de São Paulo e população atendida.

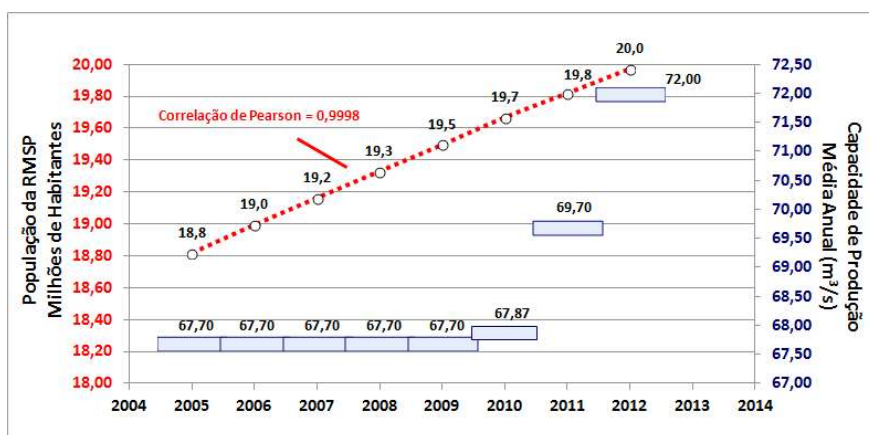
Sistema Produtor	Reservatório	Produção Aproximada (m ³ /s)	Percentual de Participação	População Atendida ^a
Guaraú	Sistema Cantareira	33,0	45,08%	9,00
Taiapuêba	Alto Tietê	15,0	20,49%	3,30
Alto da Boa Vista	Represa Guarapiranga	14,0	19,13%	3,70
Rio Grande	Represa Billings	5,0	6,83%	1,20
Casa Grande	Rio Ribeirão do Campo	4,0	5,46%	2,06
Alto Cotia	Represa da Graça	1,2	1,64%	0,41
Baixo Cotia	Barragem do Rio Cotia	0,9	1,23%	0,42
Ribeirão da Estiva	Rio Ribeirão da Estiva	0,1	0,14%	0,04
	Totais	73,2	100,00%	20,13

^a Milhões de habitantes

Fonte: adaptado de Côrtes, Torrente, Alves Filho, Ruiz, Dias, & Rodrigues (2015)

O sistema de abastecimento manteve-se praticamente limitado a 67,70 m³/s entre 2005 e 2009 (Figura 2). Em novembro de 2010, a média anual passou para 69,70 m³/s, com a primeira fase da ampliação da estação de tratamento de Taiapuêba. Mudança mais significativa ocorreu a partir de janeiro de 2012, quando a capacidade de produção do sistema de abastecimento subiu para 72,00 m³/s com a segunda fase de ampliação da estação de tratamento de Taiapuêba. É natural essa disparidade entre o ritmo do crescimento populacional e as obras de infraestrutura necessárias para fazer frente a esse crescimento. As obras dependem de planejamento e disponibilidade de recursos, levando à ocorrência de saltos naturais na capacidade de atendimento às demandas.

Figura 2 – Crescimento populacional x capacidade de atendimento à demanda



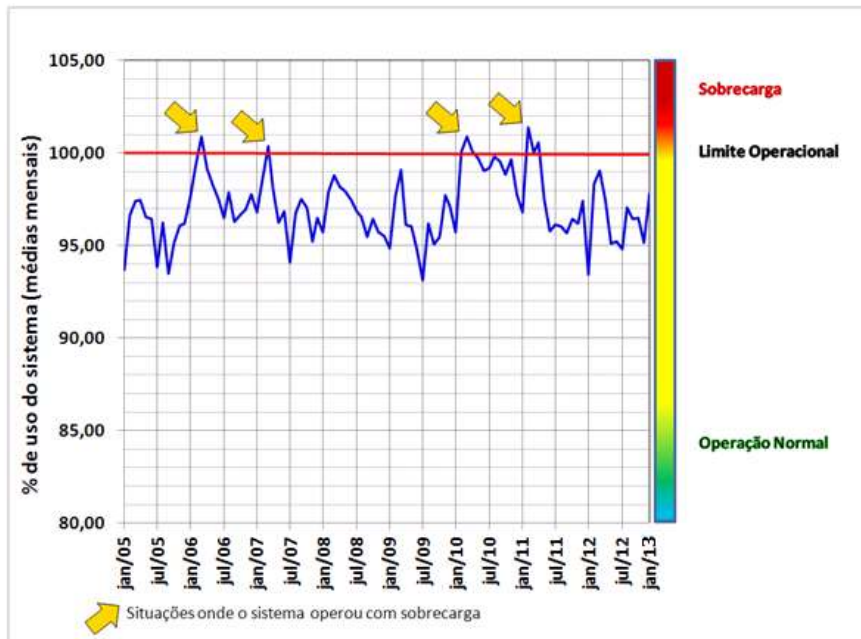
Fonte: elaborado a partir de Sabesp (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014) e SEAD (2016)

Seria correto questionar se, apesar de o sistema ter permanecido com sua capacidade operacional praticamente estável entre 2005 e 2010, as demandas da população não teriam sido atendidas com adequação. A Figura 3 apresenta informações que contribuem para uma melhor compreensão do funcionamento do sistema de abastecimento de água para a RMSP. Verifica-se que entre 2005 e 2012 o sistema operou, no mais das vezes, acima de 95% de sua capacidade operacional. Mesmo as ampliações no sistema Taiaçupeba, em 2010 e 2012, não foram suficientes para reduzir o nível de exigência do sistema para valores usualmente abaixo de 95%. Constatase, também, que o sistema trabalhou com sobrecarga, quando considerando as médias mensais, portanto com menor grau de resolução. Examinando-se os dados de produção diária entre 1º/01/2005 e 31/12/2012, verifica-se em 18,86% dos dias o sistema operou acima de seu limite operacional (Tabela 2). Em 97,36% dos dias, o sistema trabalhou com pelo menos 90% de sua capacidade operacional (incluídos os 18,86% já mencionados).

Praticamente em todo o período analisado (99,97% dos dias) o sistema trabalhou com pelo menos 80% de sua capacidade operacional. Apenas em um único dia (0,03% dos 2922 dias analisados) o sistema trabalhou abaixo dos 80% (Tabela 2). Isso mostra que o sistema de abastecimento de água para a RMSP não operou, no período entre as duas crises hídricas,

com flexibilidade suficiente, especialmente quando contraposto com os dados de participação de cada sistema produtor (Tabela 1). Um sistema que opera com pelo menos 90% de sua capacidade em 97,36% dos dias, não tem condições de superar um evento mais crítico e de longa duração, pois não tem folga operacional. Consta-se que os investimentos realizados não foram suficientes para garantir uma maior flexibilidade ao sistema produtor. Quando muito, conseguiram reduzir um pouco a pressão sobre o sistema.

Figura 3 – Demanda x capacidade operacional disponível entre 2005 e 2012



Fonte: elaborado a partir de Sabesp (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014)

Tabela 2 – Produção real em função da capacidade operacional do sistema de produção de água tratada da região metropolitana de São Paulo com base em dados diários de produção entre 1º/01/2005 e 31/12/2012

Nível de Solicitação em Relação à Capacidade Operacional	Número de dias	Porcentagem em Relação ao Total de Dias no Período
Acima de 100%	551	18,86%
Igual ou superior a 90%	2845	97,36%
Igual ou superior a 80%	2921	99,97%
Igual ou inferior a 80%	1	0,03%
Total de dias no período	2922	

Fonte: elaborado a partir de Sabesp (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014)

4. As questões climáticas

Tendo analisado as pressões demográficas e as questões sobre a infraestrutura de abastecimento disponível, considera-se pertinente examinar algumas questões climáticas. Embora a estiagem tenha sido apontada como a grande responsável pela redução do nível de água do Sistema Cantareira em 2013 e 2014 (Figura 4), há elementos que já sinalizavam para dificuldades de recuperação do nível do Sistema no período anterior à crise hídrica. O segundo ponto refere-se à operação do Sistema Cantareira. Na outorga de 2004 foi utilizado um período de referência (1953-1954), considerado o mais seco desde 1930, que balizava as operações de retirada de água do sistema. A partir de maio de 2013, entretanto, verificou-se que um período ainda mais seco já se caracterizava, sem que isso refletisse em mudanças na gestão das represas. A figura 5 mostra a vazão afluente e defluente no Sistema Cantareira, assim como o total autorizado para captação. Essa figura também mostra a média da vazão afluente para o ano de 1953, considerado o pior do período de referência (1953-1954).

Verifica-se que, a partir de maio de 2013, foi retirado (vazão defluente) um volume de água superior ao que entrava nas represas (vazão afluente). Como o sistema de produção e distribuição vinha, desde o final da crise hídrica anterior (2005), trabalhando muito próximo do limite operacional, ou por vezes acima dele, ele não tinha condições de compensar uma menor participação do Sistema Cantareira na RMSP. Duas ações básicas foram

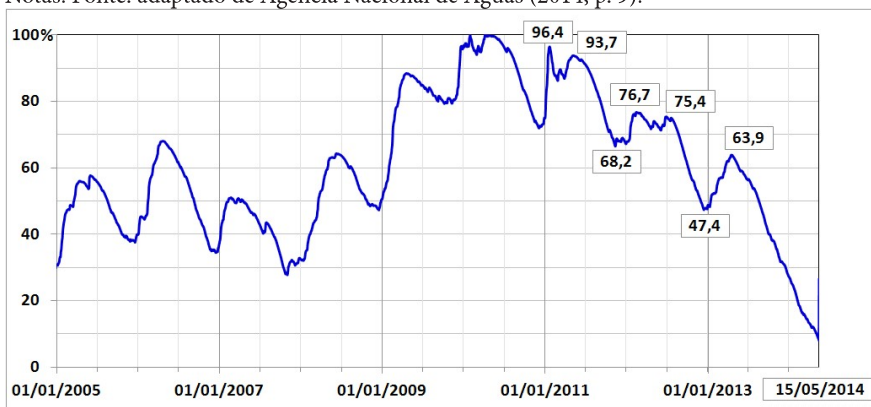
tomadas: i) persistiu-se com uma retirada de água superior ao que entrava no Sistema Cantareira; ii) entre maio de 2013 e janeiro de 2014 a população não foi informada sobre essa situação e nem de longe imaginava que a RMSP enfrentava um severo estado de escassez hídrica, evidenciando a falta de divulgação de informações que deveriam ser públicas (Côrtes, Aguiar, & Ruiz, 2014; Côrtes, 2013).

Ao persistir no uso normal do Sistema Cantareira, é possível prospectar que os gestores desse sistema imaginavam que essa estiagem mais intensa poderia ser compensada – ao menos parcialmente – no período chuvoso que se iniciaria em outubro de 2013 (início da primavera) e prosseguiria até março de 2014 (final do verão). Uma melhor compreensão das questões climáticas associadas à gestão do Sistema Cantareira requer a análise do fenômeno ENSO (El Niño-Southern Oscillation) e suas influências no regime de chuvas na Região Metropolitana de São Paulo. O ENSO apresenta duas fases principais (El Niño e La Niña) que representam, respectivamente, um aquecimento ou um resfriamento das águas do Oceano Pacífico próximo ao litoral do Peru e Equador. Quando isso ocorre, há um aumento das chuvas no Sul do Brasil e também às médias pluviométricas mais altas na RMSP (Côrtes, Torrente, Alves Filho, Ruiz, Dias, & Rodrigues, 2015), conforme disponível na Tabela 3.

O fenômeno oposto, denominado La Niña, consiste em um resfriamento das águas do Oceano Pacífico na mesma região afetada pelo El Niño, reduzindo as chuvas no Sul do Brasil e na RMSP. Comparando as médias pluviométricas anuais e a fase do fenômeno ENSO, entre 1950 e 2014, verifica-se que a fase El Niño apresenta valores maiores, conforme disponível na Tabela 3. Essa influência do El Niño no regime pluviométrico é mencionada pela literatura (Silva Dias, Dias, Carvalho, Freitas, & Silva Dias, 2013; Santos, Satyamurty, Gomes, & Silva, 2012). A cada ano, as previsões sobre o comportamento do fenômeno ENSO apresentam um bom nível de acuidade com meses de antecedência (Barnston A. , 2014; Barnston, Tippet, L'Heureux, Li, & Dewitt, 2012), podendo ser utilizadas na gestão de serviços ou equipamentos públicos.

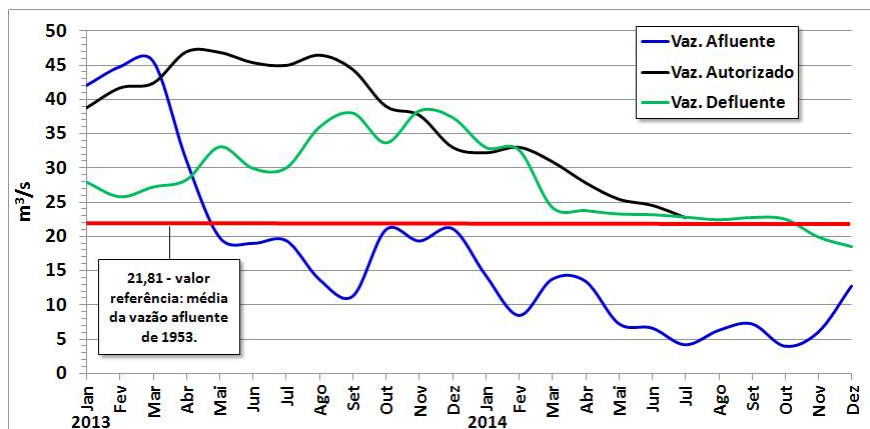
**Figura 4 – Evolução do Nível do Sistema Cantareira
(jan. 2005 a mai. 2014)^a**

Notas. Fonte: adaptado de Agência Nacional de Águas (2014, p. 9).



^a O nível apresentado é um consolidado do nível das diferentes represas que compõem o Sistema Cantareira, levando em consideração as respectivas capacidades de armazenamento. É também designado como Sistema Equivalente.

Figura 5 – Evolução das vazões afluyente, autorizada e defluyente do sistema Cantareira em janeiro de 2013 e dezembro de 2014



Notas: Fonte: adaptado de ANA (2013a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l; 2014a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l; 2014a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l; 2014a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l)

Tabela 3 – Médias Pluviométricas (mm) da cidade de São Paulo (1950 – 2014) conforme as fases do fenômeno ENSO

Fase do Fenômeno ENSO	1º Semestre (mm)	Variação em relação à média geral para o 1º semestre	2º Semestre (mm)	Variação em relação à média geral para o 2º semestre	Anual	Variação em relação à média geral anual	Variação em relação à média geral anual (mm)	Mês de referência em termos pluviométricos
Média Geral ^a	830,3	0,0%	608,9	0,0%	1463,6	0,0%	0,0	-
Fase El Niño ^b	945,5	113,9%	637,6	104,7%	1558,4	106,5%	94,8	Abril
Fase La Niña ^b	801,1	96,5%	573,7	94,2%	1428,3	97,6%	-35,3	Agosto
Fase Neutra ^c	832,2	100,2%	603,5	99,1%	1420,4	97,0%	-43,2	Julho

Nota. Fonte: Côrtes, Torrente, Alves Filho, Ruiz, Dias, & Rodrigues (2015).

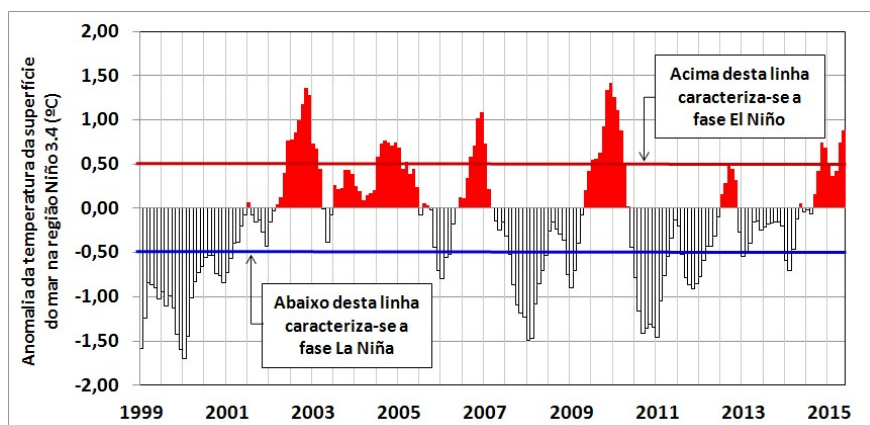
^a Consolidado para o período indicado, sem distinção da fase do fenômeno ENSO (El Niño – Oscilação Sul).

^b Na composição da média foi considerada, para cada mês, a fase predominante do fenômeno ENSO.

^c Na composição da média foram considerados os meses em que não havia fase predominante do fenômeno ENSO.

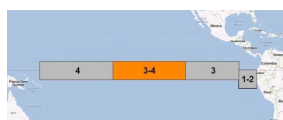
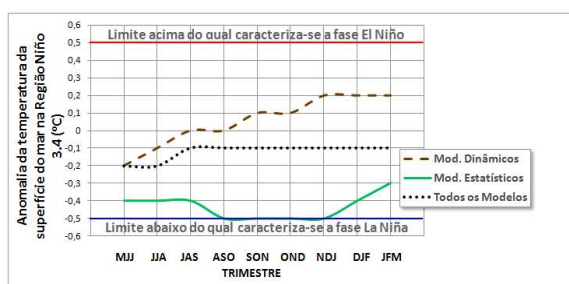
Tendo como base a exposição anterior sobre as influências do ENSO nas chuvas da cidade de São Paulo, considera-se importante analisar a evolução do nível do Cantareira a partir de janeiro de 2005, tendo como base o comportamento desse fenômeno. Verificando-se a Figura 4, constata-se que a partir de 2011 a recomposição do nível ocorre sempre abaixo ao valor máximo verificado no ano anterior. Embora seja factível ponderar que o nível máximo nos anos de 2011, 2012 e 2013 tenha atingido valores que poderiam ser considerados confortáveis, havia uma clara tendência de redução do nível. Isso pode ser explicado analisando-se a Figura 6, pois entre 2011 e 2014 houve predominância das fases Neutra e La Niña, que apresentam uma menor tendência de chuvas.

Conforme mencionado anteriormente, as previsões sobre o fenômeno ENSO fornecem, com meses de antecedência, um bom nível de precisão (Barnston A. , 2014; Barnston, Tippett, L'Heureux, Li, & Dewitt, 2012). À constatação de que o Sistema Cantareira apresentava uma tendência de redução do seu nível máximo deveria ter sido sobrepesada ao prognóstico climático que indicava, em maio de 2013, uma Fase Neutra do fenômeno ENSO para a primavera e verão seguintes (Figura 7). Conforme indicado na Tabela 3, a Fase Neutra leva a uma redução no volume de chuvas para a RMSP (Côrtes, Torrente, Alves Filho, Ruiz, Dias, & Rodrigues, 2015).

Figura 6 – Fases do fenômeno ENSO entre 1999 e 2015^a

Notas. Fonte CPC/NOAA. A região denominada Niño 3.4 compreende a região central do Oceano Pacífico equatorial. A variação de sua temperatura superficial é utilizada para indicar a evolução para uma fase El Niño (com anomalias acima de + 0,5° C), La Niña (com anomalias abaixo de - 0,5° C) ou fase Neutra (com anomalias entre +0,5° C e -0,5°C).

a Dados computados até junho de 2015.

Figura 7 – Prognóstico para evolução do Sistema ENSO a partir de maio de 2013

A região Niño 3.4 corresponde a uma faixa central no Pacífico equatorial. É a faixa mais utilizada para verificar as alterações de temperatura que caracterizam as fases do fenômeno ENSO.

Notas. Fonte CPC/NOAA. A região denominada Niño 3.4 compreende a região central do Oceano Pacífico equatorial. A variação de sua temperatura superficial é utilizada para indicar a evolução para uma fase El Niño (com anomalias acima de + 0,5° C), La Niña (com anomalias abaixo de - 0,5° C) ou fase Neutra (com anomalias entre +0,5° C e -0,5°C).

5. Operação do Sistema Cantareira.

Nos tópicos anteriores, verificou-se que o sistema de abastecimento da RMSP operava com pouca flexibilidade, o que dificultava a absorção de eventuais impactos causados por eventos críticos mais duradouros como uma redução no volume de chuvas. Foi necessário, em decorrência, verificar o comportamento do clima para a RMSP, especialmente mostrando o cenário que se evidenciava no primeiro semestre de 2013. As considerações anteriores serão utilizadas para discutir como a gestão do Sistema Cantareira estava sendo feita e quais as implicações derivadas. A análise concentra-se sobre o Cantareira, pois ele é o principal sistema da RMSP, tendo sido particularmente afetado durante a crise hídrica de 2013-2015. Para que essa análise seja efetuada, é necessário verificar como ele vem sendo gerido. A primeira outorga de uso do Cantareira, válida por 30 anos, foi efetuada em 1974 e especificava apenas que a vazão máxima autorizada para captação era de 33 m³/s (MME, 1974).

A renovação dessa outorga, ocorrida em 2004, deu-se sob uma forte estiagem que reduziu o volume desse sistema a níveis próximos de zero (SABESP, 2003). Para evitar que situações como essa pudessem se repetir, com essa renovação passou a ser utilizado o conceito da Curva de Aversão ao Risco (CAR), que representa uma previsão do comportamento do Sistema com base em dados históricos. A partir do nível do Sistema Cantareira, e especificando-se qual o nível mínimo admissível após um determinado período, a CAR indica o quanto de água poderá ser retirado desse sistema para um determinado mês. É utilizado, como referência, o período hidrológico mais seco da série histórica entre 1930 e 2004, constituído pelos anos de 1953 e 1954. Em termos práticos, a CAR utiliza parâmetros históricos para prever o comportamento futuro do sistema e indica quanto de água poderá ser retirado (volume autorizado).

Esse conceito procura evitar que uma captação excessiva em um período mais seco pudesse comprometer a recomposição dos níveis do Sistema Cantareira no futuro. Essa proposta, contudo, não leva em consideração prognósticos climáticos, administrando o conjunto de represas apenas com base em indicadores históricos. Isso acabou causando distorções na operação do Sistema e faz com que a quantidade de água captada para abastecimento (vazão defluente) fosse excessiva face ao cenário estabelecido a partir de maio de 2013. Naquele mês, a vazão afluenta (quantidade de água que entra nas represas) foi de 19,86 m³/s. Tomando como referência o biênio 1953 – 1954, verifica-se que, na média, a pior

vazão afluyente foi igual a 21,81 m³/s para o ano de 1953. Nesse mesmo ano, a vazão afluyente do mês de maio foi de 21,46 m³/s. Ou seja, a quantidade de água que entrou no Sistema em maio de 2013 foi menor do que o pior cenário até então conhecido, situação que se manteve também em 2014, conforme disponível na Figura 5.

No cálculo da Curva de Aversão ao Risco não foi considerada a possibilidade de se enfrentar um período ainda mais seco do que aquele tomado como referência. Mesmo diante de uma redução, mês a mês, das vazões afluentes, as vazões autorizada e defluente mantiveram-se elevadas em 2013 e 2014, conforme mostrado na Figura 5. Essa situação, isoladamente, já causaria receio quanto à evolução dos níveis das represas que compõem o Sistema Cantareira, sendo motivo para uma revisão, já no primeiro semestre de 2013, da metodologia utilizada para o cálculo das vazões autorizada e defluente. É necessário considerar, adicionalmente, que em maio de 2013 já havia o prognóstico de que a primavera e o verão entre 2013 e 2014 não seriam estações com grandes volumes de chuva, conforme discutido anteriormente.

Além dos fatos relatados que comprometeram a correta gestão do Sistema Cantareira, especialmente em um cenário de escassez hídrica, o sistema de abastecimento da RMSP não operava com uma margem de segurança capaz de absorver problemas mais significativos, fato esse já mencionado. A Tabela 4 ajuda a mensurar qual seria a capacidade adicional capaz de reduzir o impacto da crise hídrica iniciada em 2013. A tabela mostra, nas duas primeiras linhas, a vazão afluyente (VAfl) dos anos de 1953-1954, considerados como o pior cenário na outorga de 2004. Nas linhas abaixo, tem-se a vazão afluyente (VAfl), vazão autorizada para captação (VAut), vazão defluente ou aquela efetivamente captada (VDef) e a redução na vazão defluente que deveria ter sido praticada para preservar o Sistema Cantareira (VRed). Para mensurar a redução de vazão (VRed), considerou-se que diante de um cenário ainda mais crítico do que aquele verificado no cenário referência (1953-1954), deveria ter sido captado apenas o equivalente ao que entrava no Sistema Cantareira, preservando o nível desse sistema até que o cenário ficasse melhor caracterizada. Na média para 2013, essa redução seria de 16,48 m³/s em 2013. Para 2014 essa redução seria de 15,42 m³/s.

Tabela 4 – Vazões Afluente, Autorizada e Defluente do Sistema Equivalente em 2013 e 2014 e Cenário Referência 1953-1954

Ano	Tipo	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Md
1953	VAfl	24,53	29,14	26,75	30,44	21,46	18,46	15,62	14,19	14,07	15,44	23,72	27,93	21,81
1954	VAfl	43,41	66,51	39,47	27,67	37,04	25,97	19,37	15,51	13,16	19,17	12,47	26,94	28,89
2013	VAfl	42,12	44,84	45,63	31,13	19,86	19,01	19,42	13,72	11,28	21,02	19,36	21,16	25,71
	VAut	38,80	41,70	42,40	47,00	46,90	45,40	45,00	46,50	44,40	39,00	37,70	33,00	42,32
	VDef	27,95	25,82	27,25	28,29	33,12	29,97	30,03	36,01	38,06	33,70	38,38	37,42	32,17
	VRed	SR	SR	SR	SR	13,26	10,96	10,61	22,29	26,78	12,68	19,02	16,26	16,48
2014	VAfl	14,32	8,47	13,77	13,46	7,26	6,62	4,17	6,28	7,25	3,96	6,04	12,77	8,7
	VAut	32,20	33,00	30,90	27,80	25,40*	24,50*	22,70*	**	**	**	39 M***	30 M***	-
	VDef	33,04	32,64	24,27	23,80	23,30	23,20	22,86	22,46	22,79	22,55	19,93	18,53	24,11
	VRed	18,72	24,17	10,50	10,34	16,04	16,58	18,69	16,18	15,54	18,59	13,89	5,76	15,42

Nota: valores em m³/s.

VAfl: vazão afluente média (quantidade de água que entrou no Sistema Cantareira)

VAut: vazão máxima autorizada para retirada, calculado pela soma da vazão do túnel 5 (Q1) e para a bacia do Rio Piracicaba (Q2)

VDef: vazão defluente média (vazão de retirada), calculada pela soma da vazão do túnel 5 (Q1) e para a bacia do Rio Piracicaba (Q2)

VRed: redução na vazão defluente que deveria ter sido praticada para preservar o Sistema Cantareira

SR: sem redução aplicável

Md: média para o ano

* Valor indicado apenas para a primeira quinzena do mês.

** Não foi informada a vazão autorizada para retirada (vazão defluente).

*** Representa a quantidade, em milhões de metros cúbicos, que poderá ser retirada efetiva (demandas menos afluências)

 Mês em que a retirada média foi superior à quantidade máxima autorizada

Fica claro que se uma redução do volume defluente fosse efetuada no primeiro semestre de 2013, o impacto seria muito menor para a população, pois esse volume poderia ser compensado pela adoção de campanhas educativas e política tarifária que estimulasse um consumo consciente (Justes, Barberán, & Farizo, 2014). A adoção de fontes alternativas para usos não nobres, como água da chuva (Morales-Pinzón, Lurueña, Gabarrell, Gasol, & Rieradevall, 2014; Morales-Pinzón, Rieradevall, Gasol,

& Gabarrell, 2012) e o reúso (Atkinson, 2014) deveriam ser explicadas e fomentadas, aliviando a carga sobre o sistema. Uma redução de consumo da ordem de 20% faria com que o consumo ficasse em 56m³/s (tomando como base um consumo habitual de 70m³/s para a RMSP antes da crise). Em termos práticos, isso representaria a “adição” de um sistema produtor como o do Alto Tietê (15m³/s) ou Guarapiranga (14m³/s) ao conjunto de represas que abastecem a RMSP, conforme pode ser visto na Tabela 1. Programas intensivos de redução das perdas na distribuição, estimadas em 25%, poderiam adicionar, ao longo dos anos, capacidade adicional ao sistema.

6. Conclusões

No segundo semestre de 2013 foram divulgadas as primeiras notícias dando conta dos baixos níveis do Sistema Cantareira, um dos cinco sistemas que fornecem água consumida para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Essa redução persistiu e, em 2014, o nível de água ficou abaixo daquele necessário para captação por gravidade. Essa situação foi atribuída pelo Governo do Estado de São Paulo a uma severa estiagem sem precedentes no período 2013 – 2015. Analisando-se o sistema de abastecimento da RMSP, constata-se que ele vinha operando muito próximo ao seu limite operacional, ou mesmo com sobrecarga, pelo menos nos oito anos que antecederam a crise hídrica. Isso decorre do fato de esse sistema mal conseguir acompanhar o crescimento populacional na RMSP que, embora venha apresentando reduções, ainda é preocupante.

Mesmo diante desse cenário, o Governo do Estado de São Paulo pouco tem investido em campanhas educativas em busca de uma mudança de hábito da população que priorize um consumo mais consciente. O uso de fontes alternativas, como água de reúso ou água de chuva, também é desconsiderado nas poucas campanhas educativas empreendidas pelo governo estadual. A operação dos reservatórios, por sua vez, não levava em consideração as previsões climáticas para os meses subsequentes, preferindo se concentrar única e exclusivamente em dados e parâmetros históricos. Isso até que poderia ser defensável se o clima fosse estável.

Em um contexto em que mudanças às climáticas naturais somam-se aquelas de origem antrópica, a análise dos prognósticos climáticos reveste-se de especial importância para a gestão do sistema. Abster-se do uso das informações climáticas e depois colocar a culpa no clima pareceu uma solução muito simples e fácil. Mas foi uma solução no mínimo injusta,

pois o clima deu seus avisos com alguns anos de antecedência. Desde 2011 houve uma sucessão de fases La Niña e Neutra, levando a uma redução no volume de chuvas na RMSP. Com um sistema operando no limite (ou acima dele), desconsiderando prognósticos climáticos e não informando e educando corretamente os consumidores, o cenário para que a crise se consumasse estava armado. E, infelizmente, não é possível afirmar que isso não se repetirá.

Bibliografia

ANA. (2013d). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Abril*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2014d). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Abril*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2013h). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Agosto*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2014h). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Agosto*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2013l). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Dezembro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2014l). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Dezembro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2013b). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Fevereiro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2014b). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Fevereiro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2013a). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Janeiro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2014a). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Janeiro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2013g). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Julho*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

ANA. (2014g). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Julho*. Brasília: Agência Nacional de Águas.

- ANA. (2013f). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Junho*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2014f). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Junho*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2013e). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Maio*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2014e). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Maio*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2013c). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Março*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2014c). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Março*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2013k). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Novembro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2014k). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Novembro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2013j). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Outubro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2014j). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Outubro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2013i). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Setembro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- ANA. (2014i). *Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira - Setembro*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- Atkinson, W. (2014). Reusable waters. *Pollution Engineering*, 46, 23-25.
- Barnston, A. (25 de 09 de 2014). *ENSO Blog*. Acesso em 17 de 06 de 2015, disponível em NOAA Climate.gov: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/how-good-have-enso-forecasts-been-lately>
- Barnston, A., Tippet, M., L'Heureux, M., Li, S., & Dewitt, D. (2012). Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002-11: Is our capability increasing? 93 (5), pp. 631-651.

- Bolson, J., & Broad, K. (2013). Early adoption of climate information: Lessons learned from south florida water resource management. *Weather, Climate, and Society*, 5, 266-281.
- Chun, K. P., Wheeler, H., & Onof, C. (2013). Prediction of the impact of climate change on drought: an evaluation of six UK catchments using two stochastic approaches. *Hydrological Processes*, 27, 1600-1614.
- Cízková, H., Kvet, J., Comín, F. A., Laiho, R., Pokorný, J., & Pithart, D. (2013). Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. *Aquatic Sciences*, 75, 3-26.
- Côrtes, P. L. (2013). Conception and development of a system used to organize and facilitate access to environmental information. *JISTEM – Journal of Information Systems and Technology Management*, 10 (1), pp. 161-176.
- Côrtes, P. L. (2013). Conception and development of a system used to organize and facilitate access to environmental information. *JISTEM – Journal of Information Systems and Technology Management*, 10 (1), pp. 161-176.
- Côrtes, P. L., Aguiar, A. d., & Ruiz, M. S. (2014). Informações Ambientais Públicas do Estado de São Paulo: Diagnóstico dos Problemas de Acesso e Proposta de Solução. *TAC*, 4 (1), 1-13.
- Côrtes, P. L., Torrente, M., Alves Filho, A. P., Ruiz, M. S., Dias, A. J., & Rodrigues, R. (2015). Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. *Revista de Estudos Avançados*, 29 (84).
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. Aspects of vulnerability in semi-arid development. *Natural Resources Forum*, 13, 258-267.
- Galbreath, J. (2014). Climate change response: Evidence from the margaret river wine region of Australia. *Business Strategy and the Environment*, 23, 89-104.
- Galpin, T., & Whittington, J. L. (2012). Sustainability leadership: From strategy to results. *Journal of Business Strategy*, 33, 40-48.
- Gelcer, E., Fraisse, C., Dzotsi, K., Hu, Z., Mendes, R., & Zotarelli, L. (2013). Effects of El Niño Southern Oscillation on the space-time variability of Agricultural Reference Index for Drought in midlatitudes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 174-175, 110-128.

- Green, K., Morton, B., & New, S. (1996). Purchasing and environmental management: interactions, policies and opportunities. *Business Strategy and the Environment*, 5, 188-197.
- Hair Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2013). *Multivariate Data Analysis*. Pearson.
- Justes, A., Barberán, R., & Farizo, B. A. (2014). Economic valuation of domestic water uses. *Science of the Total Environment*, 472, 712-718.
- Kaldellis, J. K., & Kondili, E. M. (2007). The water shortage problem in the Aegean archipelago islands: cost-effective desalination prospects. *Desalination*, 216, 123-138.
- Kalra, A., Miller, W. P., Lamb, K. W., Ahmad, S., & Piechota, T. (2013). Using large-scale climatic patterns for improving long lead time streamflow forecasts for Gunnison and San Juan River Basins. *Hydrological Processes*, 27, 1543-1559.
- Kummu, M., Ward, P. J., De Moel, H., & Varis, O. (2010). Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environmental Research Letters*, 5.
- Martin-Carrasco, F., Garrote, L., Iglesias, A., & Mediero, L. (2013). Diagnosing Causes of Water Scarcity in Complex Water Resources Systems and Identifying Risk Management Actions. *Water Resources Management*, 27, 1693-1705.
- Meza, F. J. (2013). Recent trends and ENSO influence on droughts in Northern Chile: An application of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Weather and Climate Extremes*, 1, 51-58.
- Milano, M., Ruelland, D., Dezetter, A., Fabre, J., Ardoin-Bardin, S., & Servat, E. (2013). Modeling the current and future capacity of water resources to meet water demands in the Ebro basin. *Journal of Hydrology*, 500, 114-126.
- MME. (5 de 8 de 1974). Portaria MME nº750/1974. Brasília, Brasil: Ministério das Minas e Energia.
- Morales-Pinzón, T., Lurueña, R., Gabarrell, X., Gasol, C. M., & Rieradevall, J. (2014). Financial and environmental modelling of water hardness - Implications for utilising harvested rainwater in washing machines. *Science of the Total Environment*, 470-471, 1257-1271.

- Morales-Pinzón, T., Rieradevall, J., Gasol, C. M., & Gabarrell, X. (2012). Potential of rainwater resources based on urban and social aspects in Colombia. *Water and Environment Journal*, 26, 550-559.
- Mug, M. (27 de 03 de 2004). Não chove. Volta a ameaça de racionamento. jornal *O Estado de São Paulo* (27/03/2004), p. 1.
- Ngoc, T. A., Hiramatsu, K., & Harada, M. (2014). Optimizing the rule curves of multi-use reservoir operation using a genetic algorithm with a penalty strategy. *Paddy and Water Environment*, 12, 125-137.
- Núñez, J., Rivera, D., Oyarzún, R., & Arumí, J. L. (2013). Influence of Pacific Ocean multidecadal variability on the distributional properties of hydrological variables in north-central Chile. *Journal of Hydrology*, 501, 227-240.
- Ouda, O. K. (2014). Water demand versus supply in Saudi Arabia: current and future challenges. *International Journal of Water Resources Development*, 30, 335-344.
- Ribeiro, W. C. (2011). Water supply and water stress in the Metropolitan Region of São Paulo. *Estudos Avançados*, 25 (71), pp. 119-133.
- Roome, N. (1992). Developing environmental management strategies. *Business Strategy and the Environment*, 1, 11-24.
- SABESP. (2009a). *Financial Statement 2009-CVM Fillings. Management report: 3rd quarter financial information*. São Paulo: SABESP.
- SABESP. (2006). *Formulário 20F 2005*. São Paulo: SABESP.
- SABESP. (2007). *Formulário 20F 2006*. São Paulo: SABESP.
- SABESP. (2009b). *Formulário 20-F 2008*. São Paulo: SABESP.
- SABESP. (2012). *Formulário 20-F 2011. Relatório anual de acordo com o artigo 13 ou 15(d) da Lei de Valores Imobiliários de 1934 referente ao exercício social encerrado em 31 de dezembro de 2011*. São Paulo: Sabesp.
- SABESP. (2013). *Formulário 20-F 2012. Relatório anual de acordo com o artigo 13 ou 15(d) da Lei de Valores Imobiliários de 1934 referente ao exercício social encerrado em 31 de dezembro de 2012*. São Paulo: SABESP.
- SABESP. (2014). *Formulário 20-F 2012. Relatório anual de acordo com o artigo 13 ou 15(d) da Lei de Valores Imobiliários de 1934 referente ao exercício social encerrado em 31 de dezembro de 2012*. São Paulo: SABESP.

SABESP. (2008). *Informações Anuais 2007*. São Paulo: SABESP.

SABESP. (1 de 12 de 2003). *Situação dos Mananciais*. Acesso em 2016 de 11 de 30, disponível em SABESP: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>

Santos, C. A., Satyamurty, P., Gomes, O. M., & Silva, L. E. (2012). Variability of extreme climate indices at Rio Claro, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27 (4), pp. 395 - 400.

SEADE. (30 de 11 de 2016). *Perfil Regional*. Acesso em 11 de 30 de 2016, disponível em Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo: http://produtos.seade.gov.br/produtos/perfil_regional/index.php

Shrivastava, P., & Hart, S. (1995). Creating sustainable corporations. *Business Strategy & the Environment*, 4, 154-165.

Silva Dias, M. A., Dias, J., Carvalho, L. M., Freitas, E. D., & Silva Dias, P. L. (2013). Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, 116, 705-722.

Tapsuwan, S., Burton, M., Mankad, A., Tucker, D., & Greenhill, M. (2014). Adapting to Less Water: Household Willingness to Pay for Decentralised Water Systems in Urban Australia. *Water Resources Management*, 28, 1111-1125.

Tsai, H., & Elsberry, R. L. (2013). Opportunities and challenges for extended-range predictions of tropical cyclone impacts on hydrological predictions. *Journal of Hydrology*, 506, 42-54.

Wada, Y., Van Beek, L. P., Wanders, N., & Bierkens, M. F. (2013). Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide. *Environmental Research Letters*, 8.

Waddock, S. A., & Graves, S. B. (1997). The corporate social performance-financial performance link. *Strategic Management Journal*, 18, 303-319.

Wu, Z., & Wang, Q. (2010). Effects of stage water shortage on water consumption and leaf area index of winter wheat. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26, 63-68.

Xiao, H. (2013). Knowledge gaps on water issues and consumption habits in At-risk Chinese cities. *International Journal of China Studies*, 4, 327-341.

Xiao-jun, W., Jian-yun, Z., Jian-hua, W., Rui-min, H., ElMahdi, A., Jin-hua, L., et al. (2014). Climate change and water resources management in Tuwei river basin of Northwest China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19, 107-120.