

ÁGUAS E SANEAMENTO NA MACROMETRÓPOLE PAULISTA

O desafio da integração de escopos

Ricardo Toledo Silva

Mail: ritsilva@usp.br

RESUMO

A partir de enfoque da gestão integrada das águas urbanas este artigo aborda as complexidades de escala e de escopo que hoje determinam, na Região Metropolitana de São Paulo e regiões vizinhas, desafios para o uso sustentável recursos hídricos e para a atenuação de risco de falha dos serviços a eles relacionados (abastecimento de água, esgotamento sanitário, geração hidrelétrica, irrigação, controle de inundações, uso industrial e navegação). O Plano Diretor de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Macrometrópole Paulista organiza respostas setoriais para a complexidade de escala. Pelo lado da complexidade de escopo a superação dos modelos convencionais de infraestrutura se impõe devido aos crescentes riscos de falha em cascata e à escalada de custos de investimento e operação dos serviços de escopo único. À luz do caso do complexo hidro-energético da bacia do rio Pinheiros evidencia-se a necessidade de modelos estáveis para compartilhamento da infraestrutura e operação integrada de serviços. Os dois âmbitos de integração – de escala e de escopo – convergem para a ampliação de redundância de oferta e mitigação de riscos de falha. A conclusão aponta para a necessidade de construir novas respostas dos sistemas de meio-ambiente e de planejamento e gestão regional e urbana, em face de horizontes territoriais e funcionais mais amplos.

Palavras-chave: Complexidade de escala, complexidade de escopo, infraestrutura hídrica, gestão integrada das águas urbanas, Região Metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT

This article approaches the complexities of scale and scope on integrated urban water management in Metropolitan São Paulo and the specific challenges regarding the sustainable use of water resources and the risks of failure which affect the public services associated to these resources – e.g. water supply, sanitation, hydropower generation, flood control, industrial supply and navigation. The São Paulo Macro-metropolitan Master Plan of Water Resources addresses sector based responses to the scale complexities. For the scope complexities, the overcoming of conventional infrastructure formulae has been imposed by the growing risks of cascading failures and escalating costs of single scope services both in terms of investment and operation. In light of the hydro-energetic complex in the Pinheiros river basin, evidence is raised to support the need of stable models for multi-scope infrastructure sharing and integrated services operation. Scale and scope integration converge to reinforcing the redundancies on supply and to mitigating risks of failure. The conclusion points to the need of building up new responses from the institutional systems of environment and urban planning and management, in line with the present complexity of wider territorial and functional horizons.

key words

Scale complexity, scope complexity, hydraulic infrastructure, integrated urban water management (IUWM), São Paulo Metropolitan Area.

ÁGUAS E SANEAMENTO NA MACROMETRÓPOLE PAULISTA

O desafio da integração de escopos

Ricardo TOLEDO SILVA

revista iberoamericana de urbanismo | año 7 nº 12 | diciembre 2015 |

ISSN 2013-6242 | pp. 137 a 156 | url: www.riurb.com

riURB_editores

FECHA DE ENVÍO: 09-06-2015 | FECHA DE ACEPTACIÓN: 09-09-2015 | FECHA DE PUBLICACIÓN: DICIEMBRE-2015
ESTA OBRA ESTÁ BAJO LICENCIA: CREATIVE COMMONS ATRIBUCIÓN-NO COMERCIAL-SIN DERIVAR 4.0 INTERNACIONAL

1. ANTECEDENTES

As noções de complexidade de escala e complexidade de escopo são ordinariamente associadas à literatura econômica, quando referida aos atributos de monopólio natural dos sistemas de infraestrutura. A racionalidade de oferta das redes de infraestrutura e dos serviços a elas associados é essencialmente dependente de sua unidade, o que impede sejam os respectivos sistemas fragmentados e ofertados como bens econômicos competitivos. Não seria racional a extensão de múltiplos cabos elétricos ou tubulações de água ou gás em paralelo, pelo que tais serviços são sujeitos a ordenamentos regulatórios específicos, diversos do ordenamento geral das relações de mercado. A transposição daquelas noções para múltiplos sistemas, que em seu conjunto formam a infraestrutura urbana e regional, extrapola a lógica econômica em sentido estrito e passa a constituir desafios técnicos, regulatórios e de gestão em permanente tensão vis-à-vis o desenvolvimento econômico e social (Batten e Karlsson 1996). Neste artigo essas relações são trabalhadas sob o enfoque da infraestrutura hídrica, nela compreendidos os múltiplos usos da água e serviços associados a cada um deles, na Região Metropolitana de São Paulo e na atualmente definida Macrometrópole Paulista.

A cidade de São Paulo e arredores, desde o salto de urbanização de início dos 1900, sempre sofreram de importantes ciclos de escassez de água, muitas vezes simultâneos a inundações urbanas de intensidade e duração crescentes. Sua localização no planalto, nas cabeceiras de bacia que flui em direção oposta ao mar, é determinante dessa vulnerabilidade tanto à baixa oferta de água como às inundações.

Ao longo da explosão demográfica na virada de século e nos primeiros anos dos 1900, a principal oferta de água provinha das nascentes a serra do Cantareira. Essa oferta foi complementada pela construção dos sistemas Cotia e Rio Claro, entre as décadas de 1910 e 1920. Não obstante a regularização trazida por aqueles sistemas, a relação oferta / demanda ficava a reboque da demanda urbana, em crescimento acelerado. Em face da entrada em operação da usina Henry Borden em 1926, e da necessidade de preenchimento do reservatório Billings, o reservatório Guarapiranga – originalmente destinado à regularização de vazões do rio Pinheiros em benefício dos aproveitamentos energéticos a jusante de sua foz no rio Tietê – passaria a integrar a oferta de água para abastecimento. Esse foi um benefício indireto da retificação e inversão de curso do rio Pinheiros, para preenchimento do reservatório Billings.

A exploração das cabeceiras do Tietê para abastecimento já estava presente nas recomendações de Brito (1943) para revisão do plano de abastecimento de 1905. Havia polarizações importantes sobre possíveis riscos de contaminação na rede, na qual a maior garantia de qualidade era, pelos padrões técnicos predominantes à época, função da altitude das captações, a garantir pressões sempre positivas. A captação a cotas mais baixas era defendida por Brito (op. cit.) como opção mais eficiente, desde que se admitisse o tratamento da água a distribuir. Mas a exploração em larga escala das águas das cabeceiras do rio Tietê só se tornou realidade muito depois da generalização das estações de tratamento de água, com o aproveitamento múltiplo dos reservatórios que formaram o Sistema Produtor do Alto Tietê, com finalidade associada ao controle de inundações.

A precipitação média na bacia do Alto Tietê¹, que abriga a maior parte da mancha metropolitana da RMSP, é de aproximadamente 1400 mm/ano. Situada em uma zona de índice padrão de precipitação (SPI)² normal, não é um clima caracteristicamente seco ou úmido. O problema maior dos efeitos climáticos está na enorme concentração de população, que determina uma disponibilidade média inferior a 200 m³/ habitante x ano e na intensa impermeabilização das bacias contribuintes, que provoca elevação no índice de escoamento superficial e, por conseguinte, nas cheias dos trechos inferiores. Os prováveis efeitos de mudanças climáticas tendem a agravar esses processos, mas independentemente daquelas, as condições de ocupação e desenvolvimento da mancha urbana, sobre sítio natural de cabeceiras, são suficientes para definir um quadro de extrema vulnerabilidade.

2. DESAFIOS PRESENTES: INTEGRAÇÃO DE ESCALAS

Desde janeiro de 2014 até o presente a Região Metropolitana de São Paulo, juntamente com as áreas vizinhas que compõem a Macrometrópole Paulista, vêm enfrentando os efeitos de uma forte seca que atinge todo o Sudeste do Brasil. A inevitável polarização dos debates acerca do que se fez e do que poderia ter sido feito para evitar os efeitos da escassez raramente tangencia os determinantes estruturais que condicionam os diferentes aproveitamentos setoriais das águas, em face dos processos de desenvolvimento dos diferentes centros urbanos que formam a região. O mais notório e comentado, por suas dimensões e concentração, é o da Região Metropolitana de São Paulo. Mas em função da própria magnitude e polaridade desta, outros complexos metropolitanos e aglomerações urbanas de grande porte se desenvolvem em sua área de influência, definindo uma nova escala de planejamento. A área de influência mais próxima da RMSP inclui as outras quatro regiões metropolitanas do estado de São Paulo – Campinas, Baixada Santista, Vale do Paraíba e Sorocaba – mais as aglomerações urbanas de Jundiaí e Piracicaba e as microrregiões Bragantina e de São Roque. A escassez hídrica da RMSP, mais conhecida atualmente pelas restrições de oferta do Sistema Cantareira, afeta todas as unidades regionais citadas e as medidas aplicáveis para o controle de seus efeitos são sempre de âmbito macrometropolitano.

No debate sobre a atual escassez, a obstinação em apontar déficits de quantidade nos principais sistemas produtores praticamente desconsidera outras dimensões necessariamente presentes na gestão integrada de águas, em particular o controle de inundações, a despoluição e a segurança energética. Há poucos anos, na estação de chuvas 2009/10, a região enfrentava inundações de grande intensidade e duração. O mesmo Sistema Cantareira, hoje monitorado para definição das cotas mínimas de armazenamento a restringir as vazões de saída, há menos de quatro anos o era no sentido de obrigar o aumento das descargas para garantir os volumes de reserva para controle de cheias. De maneira semelhante se comportavam e eram operados os demais grandes sistemas produtores de água da região, notadamente o Alto Tietê e o complexo Billings-Guarapiranga.

A dupla vulnerabilidade a escassez e cheias é típica das áreas de montante das bacias hidrográficas. A configuração natural dos cursos d'água é de leitos com seções relativamente reduzidas, com pouca profundidade e largura, de baixa capacidade tanto para o trânsito de grandes vazões de cheia como para o armazenamento de volumes significativos de água. Esta é a realidade de São Paulo e da maior parte das áreas vizinhas localizada no Planalto, inclusive as RM de Campinas e Sorocaba.

A RM do Vale do Paraíba e Litoral Norte, por estar localizada na Unidade Hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul, apresenta – na porção que integra a RMSP e a Macrometrópole Paulista – menor vulnerabilidade hídrica, uma vez que está a jusante dos principais formadores da bacia, os rios Paraíba e Paraitinga. A RM da Baixada Santista, que se desenvolve na unidade hidrográfica de mesmo nome, não apresenta vulnerabilidade importante no que respeita as disponibilidades para abastecimento, em que pese os problemas peculiares de inundações em áreas costeiras.

Um quadro geral da relação entre disponibilidade e demanda no estado de São Paulo é dado pelo esquema da figura 1. Naquela, a relação que se faz é baseada na vazão (Q7,10), que exprime a pior série de 7 dias seguidos em 10 anos de apuração.



Figura 1. Estado de São Paulo. Relação demanda/disponibilidade de água por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI.

Fonte: São Paulo, Estado / DAEE (2003)

Destaca-se, no leste do estado, a UGRHI Alto Tietê, na qual a demanda excede em 332% a disponibilidade interna. É sobre essa unidade hidrográfica que se desenvolve a quase totalidade da mancha urbana da RMSP, ainda que três dos 39 municípios que compõem a RMSP, sobre uma área de 8.051 km², não pertençam aos 5.868 km² da UGRHI Alto Tietê³. A pertinência da mancha urbana principal à UGRHI fica patente pelo fato de que, embora esta se estenda sobre cerca de 73% do total do território metropolitano, abriga aproximadamente 99,5% da população metropolitana (São Paulo, Estado / CBHAT 2013). Se a densidade bruta na RMSP como um todo já é alta, da ordem de 2.460 hab./km²; na UGRHI Alto Tietê passa a 3.360 hab./km², o que implica efetivo agravamento nas condições de gestão das águas internamente à bacia.

Em uma situação de escassez natural crítica como a da UGRHI Alto Tietê há duas formas de atenuar o estresse hídrico. Uma é a importação de água de unidades vizinhas, outra é o armazenamento por meio de reservatórios capazes de reter os excedentes na estação chuvosa e disponibilizá-los para consumo na estação seca. A estas medidas pode-se associar a gestão de demanda, mas esta isoladamente não seria suficiente para controlar situações estruturais de déficit. Na Região Metropolitana de São Paulo / UGRHI Alto Tietê, as duas formas são associadas. A principal reversão se faz a partir da bacia do rio Piracicaba, na UGRHI PCJ, e os principais reservatórios se desenvolvem nos sistemas Cantareira (majoritariamente localizados na própria bacia do rio Piracicaba), Alto Tietê e Billings / Guarapiranga. São sistemas de grande porte, com capacidades de armazenamento indicadas na Tabela 1.

Sistema / reservatório	Volume Total (hm ³)	Volume Útil (hm ³)	Afluência média (m ³ /s)
Cantareira***	1.487,24	980,74	44,30
Jaguari-Jacareí	1.047,55	808,12	25,20
Cachoeira	116,56	69,75	8,50
Atibainha	290,19	95,26	6,00
Paiva Castro	32,94	7,61	4,60
Águas Claras	1,33	0,76	0,45
Alto Tietê	639,80	534,35	19,92
Paraitinga	40,48	36,73	2,65
Ponta Nova	332,86	289,91	8,52
Biritba	60,60	48,42	1,97
Jundiá	110,03	74,09	2,33
Taiapuê	95,83	85,20	4,45
Pinheiros-Billings	1.437,90	847,42	31,14
Guarapiranga	272,00	171,20	12,44
Billings + Pedras	1.165,90	676,22	18,70

Tabela 1. UGRHI Alto Tietê e PCJ. Principais sistemas de reservatórios

Fontes: Sabesp (2014), ANA (2014) e DAEE (2014)

A reversão de águas da bacia do rio Piracicaba para a UGRHI Alto Tietê, para fins de abastecimento urbano da RMSP, se faz a partir de regularização no conjunto de reservatórios do sistema Cantareira. As defluências nominais daquele sistema chegam, no total, a 36 m³/s, dos quais 31 m³/s revertidos para o abastecimento da RMSP e 5 m³/s para usos múltiplos na bacia do rio Piracicaba na UGRHI PCJ⁴. Observa-se que os reservatórios que compõem o Sistema Cantareira cumprem simultaneamente o papel de principal regularização para a oferta da RMSP e, até hoje, de única estrutura de reserva para a bacia do rio Piracicaba e, por conseguinte, para a oferta da Região Metropolitana de Campinas.

A UGRHI PCJ, que abrange partes das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, mostra – conforme o PERH 2004-2007 – situação já limítrofe, com 95% de comprometimento. No PERH 2012-2015 (São Paulo, Estado – SSRH, 2011) as relações demanda /disponibilidade referenciadas pela Q_{7,10} para as UGRHI Alto Tietê e PCJ, apuradas em 2010, foram de respectivamente 303,32% e 117,78%, ambas portanto em situação crítica⁵.

Em que pese a delimitação das UGRHI ser baseada em segmentos relevantes de bacias, elas não podem ser entendidas como bacias hidrográficas na acepção mais rigorosa do termo. A divisão do estado em 22 unidades obedeceu a critérios outros que não a hidrografia, como a predominância interna de usos – industrial, em industrialização, agropecuária, conservação – e limites políticos dos municípios integrantes. O principal vetor de desenvolvimento econômico paulista organiza-se longo da bacia do rio Tietê, que corta o estado de leste a oeste. Nessa perspectiva, as UGRHI que compartilham as águas do Sistema Cantareira – Alto Tietê e PCJ - não são pertencentes a diferentes bacias, mas a diferentes segmentos regionais da porção leste da bacia do rio Tietê. Mais do que um conflito interbacias, a relação entre as unidades hidrográficas Alto Tietê e PCJ é de caráter regional, por prioridades de desenvolvimento.

Entre as UGRHI vizinhas à do Alto Tietê, o esquema da figura 1 mostra situação bem menos estressada nas do Paraíba do Sul e Ribeira do Iguape, com respectivamente 27% e 2% de relação demanda / disponibilidade, e pouco menos nas da Baixada Santista e Tietê Sorocaba, com respectivamente 61% e 82%. A perspectiva de oferta, se considerada uma referência regional mais ampla que as das duas UGRHI mais estressadas – AT e PCJ – conduzem a um cenário de maior equilíbrio e estabilidade do que o baseado exclusivamente nas capacidades dessas duas.

O processo de outorga de vazões revertidas pelo Sistema Cantareira para abastecimento da RMSP foi marcado, desde 1974, por uma relação dual entre os diferentes usuários da água da bacia do Piracicaba e a Sabesp, operadora responsável pelo abastecimento metropolitano. É uma relação desde o princípio assimétrica, uma vez que a companhia de saneamento tem escopo limitado em suas ações sobre os recursos hídricos. Em grande parte, as obrigações assumidas se deram a título de compensação pelo acesso à água revertida. No entanto, sob a égide das outorgas, por definição baseadas na relação dual estabelecida entre os usuários da região doadora e os da região receptora, ficam de fora eventuais ações fora do âmbito estrito das duas regiões e dos escopos específicos associados aos usos nelas reconhecidos dos recursos hídricos. Com o crescimento das demandas e a maior complexidade de usos, a relação contratual das outorgas trabalhadas no formato das de 1974 e 2004 mostra-se limitada e insuficiente para abranger ações de maior alcance, que incluam aproveitamentos de maior produtividade em outras unidades hidrográficas integrantes do complexo regional ampliado.

Tendo em vista superar as limitações do modelo institucional vigente, o planejamento de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos passou a ser organizado, em 2008, na escala da Macrometrópole. As razões formais que determinaram a configuração de uma nova escala regional de planejamento para o aproveitamento dos recursos hídricos foram:

- Exaustão dos mananciais metropolitanos na área operacional da Sabesp
- Compromissos estabelecidos pela Portaria do DAEE nº 1213, de 06/08/2004
- Conflitos entre bacias vizinhas⁶
- Impossibilidade da Sabesp em responder por obras hidráulicas fora de sua área de operação metropolitana

Essa orientação abriu caminho para uma nova delimitação territorial e funcional do planejamento de recursos hídricos e para os respectivos territórios de bacias contribuintes.

Iniciativas passadas de integração regional para planejamento hídrico de há muito foram formuladas, desde a reversão de águas da bacia do Paraíba do Sul proposta por Plínio de Queiroz nos anos 1910, até o Plano Hibrace, nos anos 1960, que dentre outros contemplou a concepção do Sistema Produtor do Alto Tietê. Mas uma visão integradora de todas essas iniciativas, de forma sistemática, sempre esbarrou em dificuldades institucionais e nas limitações de sistemas de planejamento e gestão restritos em escala e escopo. O Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos da Macrometrópole Paulista, da forma como concebido a partir do Decreto nº 52.742 de 26/02/2008, teve como principal benefício associado a superação daquelas barreiras territoriais e funcionais. Mais do que os arranjos estudados, passíveis de modificações em função de uma realidade dinâmica, o Plano traz uma sistematização metodológica que permite a concepção e desenvolvimento de alternativas de curto prazo integradas a esquemas mais amplos de aproveitamento no longo prazo.

Para efeito de planejamento hídrico, o território da Macrometrópole inclui as unidades hidrográficas na Tabela 2.

UGRHI	2018			2035		
	Pop. Total ¹	Índice de urbaniz. (%)	Densidade (hab./km ²)	Pop. Total ¹	Índice de urbaniz. (%)	Densidade (hab./km ²)
02 -Paraíba do Sul ²	2.176.529	94,9%	190	2.405.612	95,6%	210
03 - Litoral Norte ²	282.644	97,2%	177	330.282	97,7%	207
05 - Pirac./Cap./Jund.	5.673.617	97,5%	373	6.217.851	98,0%	408
06 - Alto Tietê	21.310.657	98,6%	3.244	22.938.472	98,8%	3.492
07 - Baixada Santista	1.857.493	99,7%	767	2.048.752	99,7%	846
09 -Mogi Guaçu ²	594.596	93,9%	180	641.581	95,2%	194
10 - Tietê/Sorocaba	2.109.243	90,2%	177	2.375.576	91,5%	199
11 - Rib. Iguape/Lit. Sul ²	53.308	88,8%	75	63.557	89,3%	89
TOTAL GERAL	34.058.087	97,6%	640	37.021.683	97,9%	696

Tabela 2. MMSP. Projeções de População, por UGRHI(DAEE 2009)

Fonte: (1) Fundação Seade Observação: (2) UGRHIs parcialmente inseridas no território da Macrometrópole Paulista definido neste estudo; os valores apresentados correspondem somente à porção estudada da UGRHI.

Na Figura 2, que segue, são esquematizados os perímetros da macrometrópole, das regiões metropolitanas e das unidades hidrográficas que a compõem, observando-se no destaque em escala reduzida a pertinência desse complexo regional no território do estado de São Paulo como um todo.



Figura 2: Perímetro da Macrometropole Paulista
 Fonte: PDARHMP (DAEE / COBRAPE 2013).

As transferências de água entre UGRHI não dependem, unicamente, das relações disponibilidade / demanda de potenciais exportadores e importadores. É muito grande a disponibilidade na UGRHI Ribeira de Iguape e Litoral Sul, o que a tornaria candidata natural a significativas exportações para o Alto Tietê. No entanto, as diferenças de nível e os aproveitamentos energéticos existentes tornam essa exportação, na prática, muito difícil. O desnível – superior a 600m nas tomadas com maior disponibilidade – torna as explorações muito onerosas devido à necessidade de bombeamento, enquanto a eventual desativação de aproveitamentos hidrelétricos existentes agrava ainda mais o desequilíbrio energético dessas opções. Não obstante, o crescimento da demanda e a escassez de água fazem com que aproveitamentos até recentemente considerados economicamente inviáveis passem a ser explorados. É o caso do Sistema São Lourenço, na bacia do rio de mesmo nome, a cotas médias da UGRHI Ribeira de Iguape. Em obras para uma oferta inicial de 4,7 m³/s, o sistema já teve ampliação definida – antes mesmo da conclusão das obras – para 6,4 m³/s.

É importante destacar que as intervenções de curto prazo, desenvolvidas a partir de início de 2014 quando se confirmava o quadro de escassez aguda, foram em sua maioria tributárias de diretrizes estudadas no Plano da Macrometropole. As principais intervenções definidas em função da escassez hídrica de 2014 para estabilização da oferta, à parte ações sobre a demanda, fora mas resumidas nos dois quadros que seguem (São Paulo, Governo AEAE 2014)⁷.

Para a UGRHI Alto Tietê

- **Sistema São Lourenço** (em obras)
 - Origem: UGRHI 11 - Ribeira de Iguape
 - Vazão original de projeto: 4,7 m³/s
 - Solicitação de outorga para uso de mais 1,7 m³/s tão logo o sistema entre em operação e reserva para utilização futura de mais 10 m³/s de Cachoeira de França quando da expansão do sistema.
- **Interligação Jaguari (Igaratá)-Atibainha**
 - Origem: UGRHI 02 - Paraíba do Sul
 - Vazão: 5,13 m³/s médios e 8,5 m³/s máximo (sentido Jaguari-Cantareira); e 12,2 m³/s (sentido Cantareira-Jaguari);
- **Interligação do Rio Pequeno com o Reservatório Rio Grande na represa Billings**
 - Vazão: 2,2 m³/s
- **Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) para reforço do Sistema Produtor Guarapiranga**
 - Aumentar a disponibilidade hídrica do Sistema Produtor Guarapiranga, mediante tratamento em nível terciário do efluente existente no Interceptor Pinheiros – Margem Esquerda (atualmente destinado à ETE Barueri) e lançamento no reservatório Guarapiranga.
 - Vazão: 2,0 m³/s
- **Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) para reforço do Sistema Produtor Baixo Cotia**
 - Adução em trecho de 4,5 km do efluente tratado (nível secundário) da ETE Barueri para tratamento em nível terciário junto à ETA Baixo Cotia e lançamento represa Isolina.
 - Vazão: 1,0 m³/s
- **Aproveitamento a fio d'água dos rios Itatinga e Itapanhaú**
 - Origem: UGRHI 07- Baixada Santista
 - Oferta suplementar ao Sistema Produtor do Alto Tietê
 - Vazão: 5,0 m³/s

Para a UGRHI PCJ

- **Barragens Pedreira** (divisa municípios Campinas/Pedreira, rio Jaguari) e **Duas Pontes** (município de Amparo, rio Camanducaia)
 - Origem: PCJ
 - Vazão regularizada: 6,5 m³/s com 95% de garantia
- **Sistema Adutor Regional de água bruta para as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**
 - Distribuir parte das vazões a serem regularizadas pelos reservatórios das Barragens Pedreira e Duas Pontes
 - Vazão: 4,5 m³/s
- **Adutora emergencial Jaguari-Atibaia para reforço da captação de Campinas**

- Aumentar a oferta de água no ponto de captação de Campinas no rio Atibaia mediante adução em trecho de 18,4 km a partir do rio Jaguari
- Vazão: 1,5 m³/s
- **Perfuração de poços em área de afloramento do Aquífero Guarani e adução para bacias PCJ**
 - Origem: UGRHI 13 - Tietê Jacaré
 - Aumentar a oferta de água para municípios localizados na porção oeste das bacias PCJ mediante perfuração de bateria de 24 poços profundos e adução em trecho de cerca 60 km.
 - Vazão: 1,0 m³/s

Estas intervenções são na grande maioria alinhadas com os arranjos estudados no Plano da Macrometrópole, ainda que não reflitam a totalidade de nenhum dos constantes do Relatório Final (DAEE / COBRAPE 2013). A maioria envolve transferências entre bacias, de modo a aliviar as pressões sobre as duas UGRHI mais estressadas, AT e PCJ. Reforçam-se, nessa perspectiva, os fundamentos de integração territorial que orientam o Plano.

3. DESAFIOS PRESENTES: INTEGRAÇÃO DE ESCOPOS

As intervenções adicionais programadas em 2015 abrem caminho para novas perspectivas em integração de escopos. A Sabesp prioriza, em face da persistência da escassez especialmente sobre o sistema Cantareira, ações para aumentar o aporte de água à área originalmente servida pelo Sistema Cantareira, para diminuir ainda mais a defluência, hoje a menos da metade da outorgada (Sabesp 2015). As duas principais intervenções previstas nessa linha são o bombeamento de 4,0 m³/s do Rio Pequeno para o Rio Grande para transporte ao reservatório Taiacupeba (Sistema Alto Tietê) e a ampliação em 2,8 m³/s da captação do reservatório Billings para o Guarapiranga por meio do braço Taquacetuba. Em ambos os casos as vazões transferidas têm origem no reservatório Billings. As transferências finais se fazem via manobra nas adutoras do sistema integrado metropolitano, e não por transferência aos reservatórios do Sistema Cantareira.

Em que pese ser o maior reservatório interno à UGRHI Alto Tietê e o segundo de toda a oferta metropolitana, o reservatório Billings tende a uma situação de déficit hídrico caso essas novas captações sejam realizadas sem novos aportes de vazões afluentes. A afluência média natural do reservatório, sem contar as contribuições bombeadas do rio Pinheiros, é de 15,6 m³/s, aos quais se acrescentam 3,1 m³/s do reservatório do rio das Pedras, contíguo. A operação controle de cheias, por bombeamento do rio Pinheiros na estação chuvosa, representa um acréscimo médio⁸ de 7,9 m³/s, o que implica uma afluência firme total a 26,6 m³/s. Hoje as retiradas outorgadas para abastecimento são de 5,5 m³/s pelo braço do rio Grande e 2,2 m³/s pelo Taquacetuba. O saldo de afluência é de 18,9 m³/s; inferior à vazão de 22,6 m³/s necessária para turbinamento da energia atualmente garantida em 127 MW médios na Usina Henry Borden.

Em uma ordem de prioridade no aproveitamento dos recursos hídricos, o abastecimento humano antecede quaisquer outros usos e o déficit recai – no caso do reservatório Billings – sobre a geração hidrelétrica. Ao longo da escassez hídrica de 2014 as retiradas adicionais pelo rio Grande e pelo

braço Taquacetuba não afetaram a capacidade de geração pela energia assegurada, uma vez que esta é extremamente modesta em face da capacidade instalada na usina (de aproximadamente 890 MW) e que as captações de pico tendem a ser compensadas ao longo do ano.

Na perspectiva de retiradas médias adicionais de 6,8 m³/s, mediante ampliação da tomada do Taquacetuba para 5,0 m³/s e reversão para o sistema Alto Tietê via adutora de emergência entre o braço rio Grande e o reservatório Taiacupeba, esse equilíbrio instável tende a ser rompido caso não se garantam novos aportes. Essas obras emergenciais, em execução, são absolutamente justificáveis por permitirem maior avanço da oferta desses sistemas sobre áreas da metrópole até agora abastecidas pelo Sistema Cantareira. O ganho de redundância vem a favor da segurança hídrica de todo o sistema integrado metropolitano, que passa a ser menos vulnerável a situações de escassez aguda não só do Sistema Cantareira, como hoje ocorre, mas de qualquer dos outros isoladamente.

Do ponto de vista das disponibilidades no reservatório Billings é possível acomodar essas novas demandas, desde que garantidos aportes extraordinários à parte a afluência natural e as contribuições do controle de cheias no rio Pinheiros. É indispensável retomar as contribuições de vazões revertidas em tempo seco, via rio Pinheiros, do rio Tietê.

O sistema de reversão do rio Pinheiros foi projetado para permitir o preenchimento do reservatório Billings nos anos 1920, tendo em vista a regularização de vazão para a usina Henry Borden, inaugurada em 1926. Constituído basicamente pela estrutura de Retiro mais as estações elevatórias de Traição e Pedreira, esse sistema tem capacidade para recalcar até 385 m³/s a uma altura total de 30m. É vital para o controle de cheias na bacia do rio Pinheiros. Originalmente meandrado e sujeito a inundações ribeirinhas de grande extensão, o leito estendido do rio avançava sobre uma vasta área de terras alagadiças, não urbanizáveis. A drenagem e urbanização da bacia foram benefícios associados à retificação e às estruturas de reversão, voltadas prioritariamente à geração de energia.

A potência instalada da usina, considerando as instalações originais e a parte subterrânea adicionada em 1956, é de 889 MW. A vazão necessária para geração a plena carga é de 157 m³/s (EMAE 2015), o que resulta em uma alta produtividade de energia gerada por unidade vazão, de aproximadamente 5,66 MW/m³/s. Nos anos que antecederam a restrição legal ao bombeamento, entre 1987 e 1991, a energia gerada foi de 536 MW médios (Kellner et al. 2010), o que corresponde a vazão turbinada de aproximadamente 94,7 m³/s. Destes, cerca de 75,9 m³/s corresponderiam a vazões revertidas pelo canal do rio Pinheiros, considerando a afluência natural média de 18,8 m³/s no período (ONS 2015).

A restrição legal, originária do art. 46 da Constituição do Estado de São Paulo, hoje regulamentada pela Resolução Conjunta SMA SSE 002 de 19 de fevereiro de 2010, limita o bombeamento de águas do rio Pinheiros para o reservatório Billings às necessidades de controle de cheias, conforme art. 1º e, excepcionalmente, às situações previstas em seu art. 2º “(...) I – queda da cota na tomada d’água da Usina Henry Borden a níveis insuficientes para assegurar o fornecimento de energia elétrica em situações emergenciais; II – formação de espumas surfactantes no Rio Tietê, a jusante de Edgard de Souza, que venham a extravasar o espelho d’água; III – formação de ‘bloom’ de algas nos corpos hídricos da Região Metropolitana de São Paulo e Médio Tietê, comprometendo sua qualidade para fins de abastecimento público”.

Na prática, estas excepcionalidades quase nunca ensejaram o bombeamento. Este tem se restringido ao controle de cheias, que na média resulta em aporte de 7,9 m³/s.

A limitação de vazões afluentes ao reservatório Billings teve como primeiro impacto uma drástica redução das vazões asseguradas para geração hidrelétrica. No período anterior à entrada em vigor das restrições, em 1992, a média de vazão turbinada, próxima a 95 m³/s, permitia um aproveitamento médio, de energia, correspondente a cerca de 60% da potência instalada. Este é um valor razoável em face das demais hidrelétricas brasileiras com reservatório. A partir das restrições, a queda de vazão turbinada para uma média de 22,6 m³/s fez com que a energia assegurada caísse para o equivalente a 14,3% da potência instalada, o que já não é razoável sob nenhum ponto de vista. Com a escassez hídrica de 2014-15, a necessidade vital de aproveitar a disponibilidade do reservatório Billings em apoio aos sistemas Guarapiranga e Alto Tietê / Taiaçupeba e, indiretamente, a toda a oferta metropolitana, inclusive áreas originalmente abastecidas pelo Sistema Cantareira, faz com que os impactos da restrição ao bombeamento atinjam não só a segurança energética mas também a segurança do abastecimento urbano na Metrópole.

O estabelecido no art. 46 diz respeito ao “bombeamento de águas servidas, dejetos e de outras substâncias poluentes para a Represa Billings”. Não há, portanto, impedimento ao bombeamento de águas que venham a ser despoluídas. Esta foi a premissa de tentativas anteriores de tratamento do rio por meio de tecnologia de flotação em curso. Esta tecnologia, implantada experimentalmente em 2001 e posteriormente testada em protótipo ao longo dos anos 2008 e 2009, não logrou atingir o desempenho exigido para despoluição a níveis compatíveis com descarga para corpo d’água de Classe 2 (Resolução CONAMA 357), para captação com finalidade de abastecimento urbano. Não obstante, o princípio estratégico da despoluição com vistas a ampliar a disponibilidade no sistema Billings-Guarapiranga, hoje acrescido da conexão Billings-Alto Tietê / Taiaçupeba, continua válido. Mais do que a insuficiência do processo de flotação quando aplicado de forma isolada, aquela experiência revelou a oportunidade de uma releitura do projeto, a contemplar os múltiplos escopos de aproveitamento das águas transitadas pelo complexo hidro-energético Pinheiros-Billings.

Os escopos de recuperação de qualidade das águas, de controle das inundações metropolitanas, de redução de cargas poluentes dirigidas à bacia do Médio-Tietê / Sorocaba, de ampliação da disponibilidade efetiva para abastecimento urbano na RMSP, mediante ganho de flexibilidade na operação do Sistema Integrado Metropolitano (de adução) e o ganho de segurança energética pela recuperação parcial de ociosidade da Usina Henry Borden, se justapõem sob um grande objetivo estratégico de ganho de segurança hídrica e energética abrangente sobre grande parte da Macrometrópole Paulista.

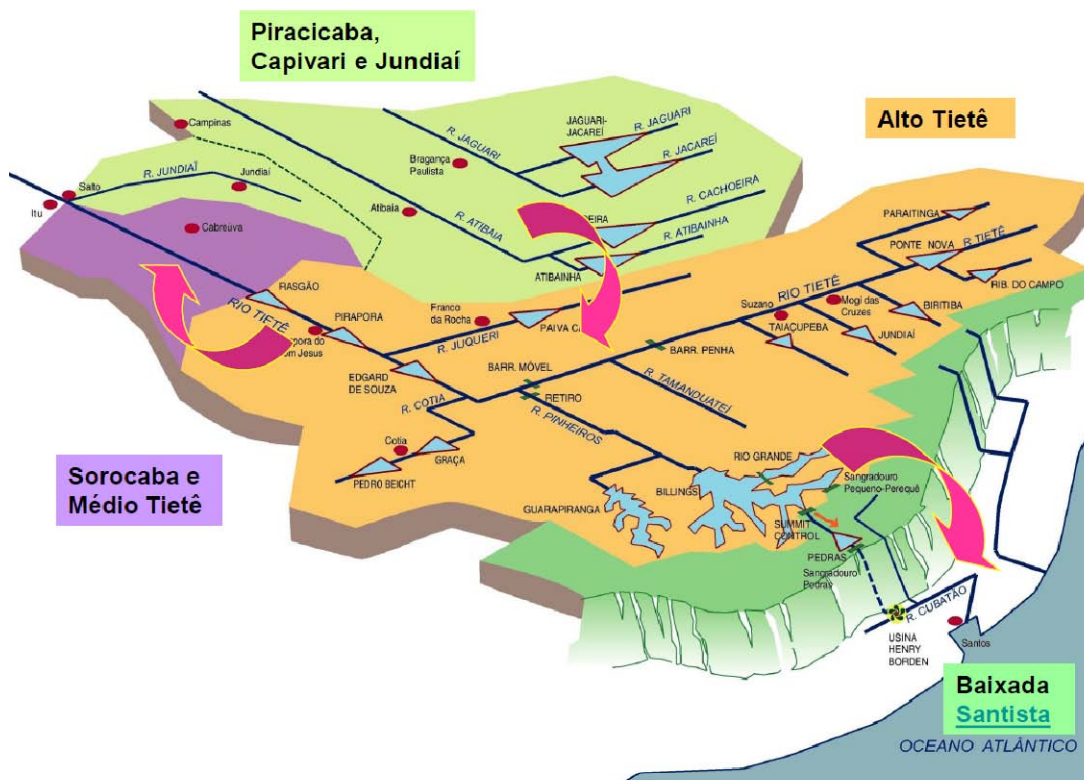


Figura 3. Interconexões entre as UGRHI Alto Tietê, PCJ, Médio Tietê / Sorocaba e Baixada Santista.
 Fonte: São Paulo, Estado – Secretaria de Saneamento e Energia (2009)

O esquema da fig. 3 permite visualizar como as topologias dos sistemas e escopos citados podem recepcionar os ganhos de escopo mencionados. A começar pelos ganhos ambientais, a própria Resolução Conjunta SMA SSE 002 admite que o bombeamento pode atenuar tanto a formação de “bloom” de algas, como a carga poluente que flui em direção à UGRHI Médio Tietê / Sorocaba. Observa-se, no esquema, que a reversão parcial de águas do rio Tietê, reduz a vazão afluyente ao Médio Tietê e, com ela, a carga poluente associada. Quanto aos “bloom” de algas estes tendem a formar-se em face à concentração de nutrientes nos reservatórios Bilings e Guarapiranga, que pode ser atenuada por meio da diluição por aumento de vazão.

Sob o ponto de vista de gestão de quantidades, a ampliação de vazões transitadas para o reservatório Bilings beneficia a segurança hídrica para abastecimento da RMSP e RMBS, uma vez que à parte os sistemas diretamente operados a partir do braço do rio Grande e da defluência para a Baixada Santista, hoje é operada conexão ao Guarapiranga por meio da adutora Taiacupeba e constrói-se sistema adutor de emergência para vazão adicional ao reservatório Taiacupeba no sistema Alto Tietê. Observa-se, no esquema, a direção de defluência do sistema Alto Tietê em direção ao trecho central da bacia, quando se superpõe – geograficamente à área de influência do Sistema Cantareira.

No que respeita o trânsito de vazões em direção à Baixada Santista, observa-se – à parte o aproveitamento hidrelétrico na Usina Henry Borden e tomadas para abastecimento de água naquela região – o direcionamento das vazões de cheia de toda a UGRHI Alto Tietê a montante da bacia do

rio Pinheiros como única alternativa à saída natural pelo Médio Tietê / Sorocaba. A conexão entre as UGRHI Alto e Médio Tietê, pelo reservatório Pirapora é de alta sensibilidade, como demonstrado nos eventos de 2009/10, uma vez que a elevada capacidade de trânsito de cheias pela calha do rio Tietê naquele trecho, da ordem de 1500 m³/s, deve contar com a detenção no reservatório para atenuar as vazões para o Médio Tietê, onde a capacidade máxima nos trechos de montante, na altura de Santana do Parnaíba, não passa de 700 m³/s. Nessa perspectiva, o bombeamento para controle de cheias pela bacia do Pinheiros é vital não só para a própria bacia, mas para toda a macro-drenagem metropolitana.

A importância crescente do sistema para a macro-drenagem metropolitana ficou clara nos eventos chuvosos de 2009/10, quando se definiram metas de ampliação das capacidades de bombeamento nas elevatórias de Traição e Pedreira para respectivamente 420 e 455 m³/s. Nessa perspectiva o sistema poderá responder não só pelo controle de cheias da bacia do rio Pinheiros, mas absorver maior parcela das vazões do rio Tietê e dar maior segurança ao reservatório Pirapora em casos de solicitação extraordinária.

4. NOVOS DESAFIOS À GESTÃO AMBIENTAL E URBANA

As dimensões analisadas sob as complexidades de escala e de escopo, à luz dos casos precedentes, convergem para a busca de estabilidade de oferta e prevenção de falhas em cascata. Este risco é hoje considerado, na literatura sobre planejamento urbano e regional, entre os mais sensíveis componentes de vulnerabilidade urbana (Lindley e Singpurwalla 2002, Little 2010). Diz respeito à interdependência entre diversos modos de infraestrutura, de maneira tal que falhas localizadas de um deles implicam prejuízos a outros. Esta vulnerabilidade não é tanto função de insuficiências de cada sistema – abastecimento de água, controle de inundações ou esgotamento sanitário – mas das interfaces entre eles (Silva 2011).

Neste artigo, as interconexões analisadas são todas pertencentes ao domínio da gestão integrada de águas urbanas. Os riscos associados de falhas em cascata são tangíveis e presentes na história recente da Região Metropolitana de São Paulo. Nas cheias de 2009/10, a intensidade e continuidade das inundações, em associação com falhas no fornecimento de energia elétrica levaram a intervenções prioritárias de duplicação de conexões elétricas nas principais estações de bombeamento, tendo em vista afastar o risco combinado de inundações com inoperância das bombas. As sinergias entre despoluição, controle de inundações e segurança energética são evidentes no caso do complexo Pinheiros-Billings e um grau mais elevado de compartilhamento da infraestrutura e de integração das respectivas rotinas operacionais tende a maior resiliência diante dos riscos de falha, em benefício dessas três dimensões. Estes não se restringem à área objeto de intervenção, abrangem grande parte do território da Macrometrópole.

No entanto é importante distinguir redução de risco de ampliação de oferta. Para garantir a segurança dos sistemas de abastecimento de água, de controle de inundações e de geração de energia elétrica, novas capacidades devem ser agregadas, em diferentes partes do território, sem que a estas corresponda uma ampliação de oferta nominal do conjunto. São aumentos de redundância, por meio dos quais mais de um subsistema passa a responder pelas funções desempenhadas

originalmente desempenhadas por um deles. Em casos de falhas, a oferta temporariamente suspensa de uma unidade ou segmento é suprida compensatoriamente por outro. A resposta à interdependência de riscos é a gestão integrada em escala territorial e abrangência funcional cada vez mais amplas.

Por mais abrangente e integrada que seja a gestão de escopos múltiplos do ponto de vista da infraestrutura hídrica, a estabilidade e a eficácia final do conjunto dependem de uma resposta equivalente da parte dos sistemas supra-setoriais de meio ambiente e de planejamento e gestão urbana. Isto fica claro no processo de proteção aos mananciais metropolitanos, que de longa data têm articulado os sistemas de meio ambiente, de planejamento metropolitano e de saneamento e recursos hídricos.

Desde que estabelecido, na Constituição de 1967, o princípio de integração das funções públicas de interesse comum nas regiões metropolitanas, vários avanços se observaram na direção de racionalizar a oferta de água e dos serviços de saneamento. Em seguida à regulamentação da Região Metropolitana de São Paulo pela Lei Complementar nº 14 de 1973, foram desenvolvidos os instrumentos legais para a proteção dos mananciais, resultantes na Lei Nº 898, de 18 de dezembro de 1975. Aquela lei disciplinava o uso do solo nas bacias contribuintes aos mananciais metropolitanos, definindo vastas faixas de restrição à urbanização ao norte e ao sul da área metropolitana. De caráter essencialmente prescritivo, a norma mostrou-se pouco realista por muito rígida, ao não ter respostas para um processo de desenvolvimento urbano acelerado e descontrolado em direção às periferias.

Em 1993, experiência pioneira de aplicação de princípios de desempenho, a partir de um modelo de cargas meta de poluição não associados rigidamente a uma única diretriz de uso e ocupação do solo (The World Bank, 2004), abriu caminho para uma reformulação ampla da legislação. A Lei estadual nº 9.866, de 28 de novembro de 1997 absorveu princípios de desempenho e de reconhecimento das peculiaridades de cada área, ao definir como escopo principal a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais. Em lugar de disciplinar o uso e ocupação do solo de forma prescritiva para toda e qualquer área, a nova lei estabelece a figura do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental de cada bacia, em reconhecimento explícito das diferenças. As leis das APM Guarapiranga e Billings, respectivamente de 2006 e 2009, estabelecem cargas meta de poluição por compartimentos, levando em conta as capacidades de diluição e os limites de saturação. Inovam ao estabelecer escopos comuns para preenchimento de objetivos de controle ambiental e urbano.

No âmbito do planejamento urbano e regional, o Plano de Ação da Macrometrópole – PAM (Emplasa, 2015) é um avanço importante, principalmente ao reconhecer a complexidade de escala que extrapolou a das regiões metropolitanas isoladamente. Com base nesse reconhecimento e na definição de diferentes prioridades setoriais para aquela, o PAM abre caminho para movimentos mais abrangentes de compartilhamento e integração de diferentes modos de infraestrutura. O mesmo se pode dizer do Plano de Diretor de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Macrometrópole Paulista, cuja ênfase na oferta para abastecimento urbano não deixou de considerar os demais usos das águas na região. Mas em ambos os casos é preciso distinguir *caminhos abertos para potenciais integrações de estratégia para integração*, esta ainda a desenvolver.

Pelo lado da gestão ambiental, a experiência do complexo hidro-energético Pinheiros-Billings é elucidativo de limitações de escala e escopo dos instrumentos hoje aplicáveis. Objeto de acordo judicial firmado entre o Executivo Paulista e o Ministério Público Estadual, os critérios para avaliação das tecnologias em teste eram basicamente orientados para o preenchimento de requisitos de qualidade no reservatório Billings, medidos principalmente pela concentração de poluentes na zona de mistura entre a descarga e a afluência natural do reservatório. Sem minimizar a importância destas medidas, o que se observa é que outros benefícios, mensuráveis em âmbitos territorial e temporal mais amplos deixaram de ser considerados. A fixação das medidas de qualidade no reservatório Billings deixaram de considerar os benefícios da despoluição a montante da descarga, na bacia do rio Pinheiros. Por outro lado, a mensuração apenas de parâmetros de concentração, em tempo real, deixou de lado a possibilidade de avaliar os cenários de diminuição das cargas poluentes totais, anualizadas.

Como a reversão para controle de cheias é operada hoje sem qualquer tratamento, há um aporte significativo de carga poluente difusa que, na hipótese de funcionamento de um sistema de despoluição seria muito atenuado. Cálculos da época demonstraram que a carga poluente anualizada, se aliviada das maiores contribuições trazidas pelo controle de cheias, teria margem para absorver a operação em tempo seco mesmo que a níveis de remoção inferiores aos exigidos na descarga em tempo real, medida pela concentração. Haveria uma compensação entre o abatimento de carga poluente em tempo chuvoso e o acréscimo relativo em tempo seco, associado a uma remoção absoluta de grande magnitude em benefício da UGRHI Médio Tietê / Sorocaba, que hoje recebe toda a carga de tempo seco não revertida pela bacia do rio Pinheiros.

A ênfase deste artigo foi sobre dimensões integradoras indispensáveis à garantia de ofertas essenciais dos serviços em uma perspectiva de ampliação de segurança e de gestão de riscos de falha em cascata. Não obstante, os horizontes de integração ambiental, urbana e regional não se atêm à prevenção de riscos. Em uma perspectiva mais ampla os movimentos de integração territorial e de escopo voltados essencialmente a ganhos de segurança hídrica e energética, como os analisados neste artigo, devem ser combinados a ganhos de qualidade ambiental e de vida urbana. No caso do complexo Pinheiros-Billings há claros potenciais de melhoria do ponto de vista da recuperação de margens, da revalorização ambiental e paisagística da bacia principal e afluentes, da navegação fluvial e outras ações que passariam a ser viáveis uma vez garantidos os patamares básicos de segurança e estabilidade dos componentes setoriais diretamente abordados. Mas para isso é preciso trabalhar novos paradigmas para os componentes associados, a partir dos sistemas supra-setoriais de meio-ambiente e de planejamento e gestão urbana e regional, abertos a novos horizontes de abrangência territorial e funcional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS e NOTAS

6.1 Referências bibliográficas

BATTEN, D.F.; KARLSSON, C. – Ed. (1997). *Infrastructure and the complexity of economic development*. Berlin, Springer-Verlag.

BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2014). Boletim Diário ANA/DAEE de monitoramento do Sistema Cantareira. Situação do Sistema Equivalente - 16/10/2014. Em http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsDiarios/DivulgacaoSiteSabesp_16-10-2014.pdf

BRITO, F.R.S. (1943). Abastecimento de águas. Parte geral, tecnologia e estatística. In: *Obras Completas*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. Vol. 3.

COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO – SABESP (2014). Boletim dos Mananciais. Condições de Armazenamento dos Mananciais que Abastecem a RMSP. 16 de outubro de 2014.

COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP (2006). Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região metropolitana de São Paulo – PDAA.

COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP (2015). Crise Hídrica, Estratégia e Soluções da Sabesp para a Região metropolitana de São Paulo – CHESS Sabesp. Em <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/8934/chess-crise-hidrica-estrategia-e-solucoes-da-sabesp-para-a-rmsp.pdf>

EMPRESA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO DO ESTADO DE SÃO PAULO – EEMPLASA (2015). Plano de Ação da Macrometrópole Paulista 2013-2040, 4 vols. São Paulo : EEMPLASA, 2014. Em

EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – EMAE (2015). Usina Hidroelétrica Henry Borden. Em <http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=Usina-Hidroeletrica-Henry-Borden>

KELLNER, E.; GRAMULIA JUNIOR, J.; TEIXEIRA LEITE, P.; MORETTI, R.S.; BENASSI, R.F. (2010). *Contribuição da usina hidroelétrica de Henry Borden para o planejamento energético brasileiro*. Sinergia, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 95-111, jan./jun. 2010. Em http://www.cefetsp.br/edu/prp/sinergia/complemento/sinergia_2010_n1/pdfs/segmentos/artigo_14_v11_n1.pdf

LEI Nº 12.233, de 16 de janeiro de 2006. Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga, e dá outras providências correlatas.

LEI Nº 898, de 18 de dezembro de 1975. Disciplina o uso de solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e dá providências correlatas.

LINDLEY, D.V.; SINGPURWALLA, N.D. (2002). On Exchangeable Causal and Cascading Failures. *Statistical Science*. Vol. 17 No. 2: 209-219.

LITTLE, R.G. (2010). Managing the Risk of Cascading Failure in Complex Urban Infrastructure. In: Graham, S., (ed.). *Disrupted Cities. When Infrastructure Fails*. New York, Routledge. Ebooklocation: 979-1334.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA – ONS (2015). Série de Vazões Naturais Médias Mensais. Em http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx

RESOLUÇÃO CONJUNTA SMA SSE 002 de 19 de fevereiro de 2010. Trata de procedimentos a serem adotados em casos de emergência na operação do sistema hídrico da bacia do Alto Tietê e bacias a ela interligadas. Em

http://www.ambiente.sp.gov.br/wpcontent/uploads/resolucao/2010/2010_res_est_sma_sse_conjunta_02.pdf

SÃO PAULO, ESTADO – SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA – SSE (2009). Controle de Inundações na Região Metropolitana de São Paulo. Ações do Governo do Estado (Nota Técnica). Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo: 1-16.

SÃO PAULO, ESTADO – SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA – SSE (2010): Termos de Referência para a elaboração do Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê. Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo: 1-20.

SÃO PAULO, ESTADO / CBHAT – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ (2013). Relatório de Situação dos Recursos Hídricos. Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06. Em

http://www.comiteat.sp.gov.br/pdf/relatorio_situacao/RelatoriodeSituacaoUGRHI-06-2012anobase2011.pdf

SÃO PAULO, ESTADO / DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (2003). Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007. Em http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh2204_2207/perh05.pdf

SÃO PAULO, ESTADO / DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (2011). Plano Estadual de Recursos Hídricos 2012-2015. Em <http://www.sigrh.sp.gov.br/planoestadualderecursosohidricos>

SÃO PAULO, ESTADO / DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (2014). Sistema Produtor Alto Tietê. Em http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=853:barragens-e-sistema-produtor-alto-tiete&catid=36:programas

SÃO PAULO, ESTADO / DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE / Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos – COBRAPE (2013). Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, no Estado de São Paulo. Relatório Final – Volumes I, II, III. Em

http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1112:planodiretor-de-aproveitamento-dos-recursos-hidricos-para-a-macrometropole-paulista&catid=42:combate-a-enchentes

SÃO PAULO, ESTADO / DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (2009). Plano Diretor de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Macrometrópole Paulista. Relatório Intermediário RI-1 Tomo I. Em

http://www.dae.sp.gov.br/macrometropole/Tomo%20I_rev_1.zip

SÃO PAULO, GOVERNO / ASSESSORIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – AEAE (2014). Grupo de Trabalho Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos e dos Serviços de Saneamento no Estado de São Paulo. Relatório Final.

SILVA, R.T. (2011). Integration of hydraulic infrastructure in metropolitan São Paulo. Prospects of change in a context of growing vulnerability. *Geographica Helvetica* Jg. 66 Heft 2: 92-99

LEI ESTADUAL Nº 9.866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências.

LEI Nº 13.579, de 13/07/2009. Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - APRM-B.

THE WORLD BANK (2004): Report No: 28962. Implementation completion report (CPL-35030 CPL-35040 CPL-35050) on a loan in the amount of US\$ 245 million equivalent to the states of São Paulo and Paraná and for the Federal State of Brazil for the Water Quality & Pollution Project. June 25, 2004. (Public Disclosure Authorized). Em: http://www.wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/07/02/000012009_20040702125122/Rendered/PDF/28962.pdf

¹ A Bacia do Alto Tietê, no conjunto definido pela UGRHI de mesmo nome, abrange área muito mais extensa que a sub-bacia Cabeceiras, em seu setor leste, que abriga o sistema produtor igualmente denominado Alto Tietê.

²Standard Precipitation Index. Ver <http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Precipitation/SPI.html>

³ São eles Guararema, Santa Isabel e Juquitiba.

⁴ Desde janeiro de 2014 as vazões defluentes do Sistema Cantareira, especialmente as revertidas para a RMSP, têm sido significativamente reduzidas. Mas para efeito de planejamento de longo prazo prevalecem as vazões nominais outorgadas, com base nas afluições médias.

⁵A criticidade das UGRHI AT e PCJ diz respeito aos totais de vazões disponíveis internamente elas, cotejadas com as demandas também internas. Não entram nesse cálculo as respectivas regularizações dadas pelos sistemas de reservatórios.

⁶A eventual disputa pelas águas entre essas duas regiões não se caracteriza, a rigor, como conflito de uso entre diferentes bacias, mas entre duas unidades hidrográficas pertencentes ao trecho superior da bacia do Alto Tietê.

⁷ Esta relação não abrange obras e intervenções definidas em início de 2015, ainda que previstas na estratégia delineada em 2014.

⁸ As vazões de controle de cheia atingem picos superiores a 400 m³/s em Pedreira, mas sua contribuição às afluições médias anuais é fortemente atenuada pelo fato de que tal operação é apenas autorizada na iminência de inundações, conforme regra operacional vigente desde 1992, atualmente regida pela Resolução Conjunta SMA SSE 002 de 19 de fevereiro de 2010.