

Impactos da crise hídrica 2014-2016 sobre os usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu

Impacts of the 2014-2016 water crisis on the users of the Paraíba do Sul and Guandu Rivers

Nathalia de Almeida Vasconcelos¹, Rosa Maria Formiga-Johnsson¹, Natália Barbosa Ribeiro²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil E-mail: mailto:vasconcelosnathalia@yahoo.com.br; formiga.uerj@gmail.com

²Agência da Bacia Paraíba do Sul, Resende, RJ, Brasil E-mail: nataliabribeiro84@gmail.com

Como citar: VASCONCELOS, N. A.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; RIBEIRO, N. B. Impactos da crise hídrica 2014-2016 sobre os usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 16, e14, 2019. <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v16e14>.

RESUMO: A Bacia do rio Paraíba do Sul - compartilhada pelos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais - viveu uma crise hídrica sem precedentes entre 2014 e 2016, desencadeada pela pior seca já registrada desde 1931. Trata-se de uma bacia estratégica no cenário nacional, pelas intensas atividades na própria bacia, e também por abastecer cerca de 83% da metrópole do Rio de Janeiro e reforçar o abastecimento da metrópole paulista, ambas situadas fora dos limites da bacia. Este trabalho tem por objetivo identificar e sistematizar os impactos da crise hídrica de 2014-2016 sobre os principais usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu, que são regularizados pelo denominado "Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu". Foram utilizados os registros das reuniões do GTAOH/CEIVAP, informações da geração de hidroenergia, relatórios de agências oficiais e textos científicos, além da aplicação de questionários e entrevistas. Foi possível constatar que muitos problemas foram evitados em função do esforço coletivo de ações emergenciais, mas que a seca gerou uma crise hídrica com significativos impactos em usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu. Evidenciou-se, sobretudo, que se faz necessário criar uma lógica proativa de gestão de secas, de modo a sair da gestão da crise para a gestão do risco.

PALAVRAS-CHAVE: Crise hídrica, Seca, Impactos, Usuários de água, Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu.

ABSTRACT: The Paraíba do Sul River Basin - shared by the states of São Paulo, Rio de Janeiro and Minas Gerais - experienced an unprecedented water crisis between 2014 and 2016, triggered by the worst drought ever recorded since 1931. This basin is strategic at national level for the intense activities but also for supplying around 90% of Rio de Janeiro Metropolitan Area and securing the water supply of the São Paulo Metropolitan Area, both metropolises located outside the basin limits. This paper aims to identify and analyze the impacts of the 2014-2016 water crisis on the main water users of the Paraíba do Sul and Guandu rivers, which are regulated by the so-called "Paraíba do Sul-Guandu Hydraulic System". We used the GTAOH/CEIVAP meeting records, hydro-energy generation information, official agency reports and scientific texts, as well as the application of questionnaires and interviews. The research found out that many problems were avoided due to the collective effort of emergency measures, but the drought has generated a water crisis with significant impacts on water users of the Paraíba do Sul and Guandu rivers. Above all, it became clear that it is necessary a new and proactive approach for drought management in order to move from reactive (crisis) management to risk management.

KEYWORDS: Water crisis, Drought, Impacts, Water users, Paraíba do Sul-Guandu Hydraulic System.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para sustentar a vida e as atividades produtivas, sendo um recurso fundamental para a saúde e segurança da população e dos ecossistemas (Tundisi & Tundisi, 2015; De Nys et al., 2016). Alterações no ciclo hidrológico, sobretudo aquelas decorrentes de eventos extremos, tais como a seca, afetam a disponibilidade hídrica, geram impactos diversos e podem deflagrar crises hídricas. Recentemente no Brasil, secas severas têm afetado não somente o Nordeste,

longo, intenso e complexo processo de mobilização e ações emergenciais de resposta, que teve resultados significativos em termos de mitigação de impactos, mas não foi suficiente para evitar que usuários de água fossem impactados.

É nesse contexto que se insere o presente artigo que tem por objetivo identificar e sistematizar os impactos da crise hídrica de 2014-2016 sobre os principais usos e usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu, regularizados pelo Sistema Hidráulico Paraíba do Sul - Guandu. Cabe destacar que sua principal contribuição consiste na organização e análise de uma série de informações fragmentadas acerca do enfrentamento da crise hídrica e sobretudo dos impactos remanescentes sobre usuários de água. Para isto, utilizou-se dos registros de todas as reuniões do GTAOH entre 2014 e 2017, das informações de geração de energia dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia, de relatórios de agências oficiais, além de artigos e textos científicos sobre o assunto, que ainda são muito escassos. Para complementar esse conjunto de informações, foi feito um esforço significativo de obtenção de dados primários por meio de questionários e entrevistas, parcialmente bem-sucedido.

REFERENCIAL TEÓRICO: CONCEITOS E IMPACTOS DE SECA

A seca é um evento que ocorre de forma gradual, decorrendo de alterações climáticas de ordem regional ou mesmo global, sendo difícil identificar seu início, fim e abrangência (Tsakiris, 2017; Sayers et al., 2016, 2017; Logar & Van Den Bergh, 2013). O conceito de seca mudou ao longo dos anos e o avançar dos estudos, o que gerou imprecisões no seu entendimento. Inicialmente, entendia-se a seca com base nos aspectos relativos às condições normais do ciclo hidrológico da água, evoluindo-se para um entendimento de persistência de um evento meteorológico e para severidade da seca (Sayers et al., 2016).

Uma importante característica da seca que a distingue de outros eventos extremos, é a dificuldade de se ter uma definição universal (Wilhite et al., 2007), visto que as secas são sempre contexto específicas e a resposta a estas precisa refletir, também, circunstâncias específicas (Sayers et al., 2016). Assim, a seca deve ser definida de acordo com as características de cada regime climático e com os impactos específicos em um determinado setor/atividade/componente, para o qual a definição está sendo aplicada (Wilhite et al., 2007). Neste sentido, definições mais modernas de seca evoluíram das tipificações tradicionais (seca meteorológica e hidrológica) para aquelas que reflitam os impactos socioeconômicos e de atividades produtivas, como a agricultura por exemplo (Sayers et al., 2016).

Neste trabalho, adotou-se como referência o conceito de 'seca operacional' para definir a seca independentemente de sua causa primária (Souza Filho et al., 2016; González & Morcillo, 2007; Andreu & Solera, 2006): a seca operacional poderia ser vista como uma seca resultante de uma sequência de decisões sobre a forma de gerir determinado sistema como um sistema de reservatórios, por exemplo; caso a resultante da disponibilidade natural e do sistema de gerenciamento e operação não atenderem à necessidade de água para diferentes usos, então isso pode ser chamado de seca operacional. Uma seca operacional pode acelerar os impactos de uma seca física sobre o sistema (Martins et al., 2016). Este conceito adequa-se perfeitamente ao caso do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu, que é um "sistema administrado, sujeito a decisões tomadas por seres humanos" (Martins et al., 2016).

Estudos mostram que os eventos hidrológicos críticos como a seca poderão tornar-se mais frequentes e mais intensos em decorrência de variabilidades e mudanças do clima (Bates et al., 2008; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, 2014; Brasil, 2016; Agência Nacional de Águas, 2016). Adicionalmente aos impactos esperados na oferta hídrica encontram-se as prováveis mudanças na demanda de diversos setores usuários da água (Souza Filho et al., 2014), que podem se configurar importante camada nesta equação. Por fim, a redução da quantidade de água tem relação direta com a perda de qualidade. Não obstante, o risco de seca ainda não recebe a devida atenção e geralmente não é tratado adequadamente nas estratégias de gestão da água (Sayers et al., 2016, 2017). Ainda mais desafiador é a avaliação da vulnerabilidade à seca e dos impactos a ela relacionados (Hayes et al., 2004).

A seca pode atingir diversos setores da sociedade desde o abastecimento público de água à economia, impactando a agricultura, o setor industrial, como também a saúde das pessoas (Freire-González et al., 2017). De modo geral, os impactos da seca são comumente classificados como diretos e indiretos (Wilhite et al., 2007). Os impactos diretos referem-se aos danos decorrentes do evento de seca – redução da produção de energia, redução dos níveis da água que podem afetar captações, etc. -, as consequências referem-se aos impactos indiretos – aumento do preço dos alimentos, migração das populações atingidas, etc. As perdas indiretas associadas a

seca, geralmente, excedem as perdas diretas (Wilhite et al., 2007). Contudo, a avaliação de impactos e custos associados à seca é uma tarefa complexa, diante das dificuldades de caracterizar com precisão a ocorrência temporal de um evento de seca (Logar & Van Den Bergh, 2013). Mesmo diante de tais desafios, muitos autores dedicam-se a propor metodologias de análise dos impactos de seca, sobretudo aquelas que se dedicam a estimar os impactos econômicos das secas (De Nys et al., 2016).

Este trabalho interessa-se pelos impactos diretos da crise hídrica 2014-2016 sobre usuários dos setores de abastecimento público, industrial e de geração de energia, que fazem uso das águas dos rios Paraíba do Sul e Guandu, regularizados pelo denominado Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu. Cabe esclarecer que o setor agropecuário não se destaca como um expressivo usuário das águas desses rios nem foram identificados registros sobre como lidaram com a crise.

A SEVERIDADE DA SECA DE 2014-2015 NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Na Bacia do rio Paraíba do Sul, o ano de 2014 foi apontado como o mais seco do registro histórico desde 1931 (Nauditt et al., 2019). Para ilustrar a severidade da seca nesse período, a Figura 2 indica as vazões naturais mensais históricas, médias e mínimas (1931 a 2013), comparadas às vazões dos anos de 2014 a 2018, no ponto de transposição do rio Paraíba do Sul para a Bacia do Guandu, em Santa Cecília.

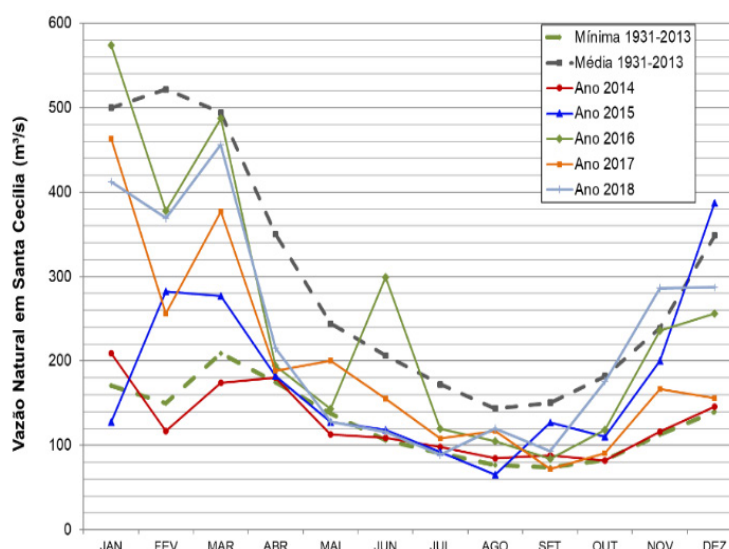


Figura 2 - Variabilidade das vazões naturais médias mensais entre 2014 e 2018 em relação às vazões média e mínima históricas, no rio Paraíba do Sul em Santa Cecília (ponto de transposição para a Bacia do rio Guandu).
Fonte: Costa et al. (2017).

Em 2014, as vazões naturais médias mensais, afluentes em Santa Cecília, foram muito próximas às mínimas até então registradas. Em janeiro de 2015 foi registrada a pior vazão natural do histórico para o mês de janeiro. Nos dois meses seguintes houve um aumento considerável nas vazões, porém ainda abaixo da média para os meses de fevereiro e março. As vazões permaneceram próximas a mínima histórica até o mês de agosto de 2015. Somente em setembro de 2015, as vazões voltaram a aumentar e, finalmente, em dezembro de 2015 ultrapassou a média histórica mensal. Nos anos de 2016, 2017 e 2018, em alguns meses, as vazões foram próximas das mínimas, outros mais próximas da média, tendo o mês de setembro de 2017 apresentado a pior vazão do histórico. Mesmo com o aumento de chuvas a partir de 2016, somente duas vezes a vazão natural do rio Paraíba do Sul ultrapassou a média histórica, demonstrando que a bacia ainda se encontrava em período de recuperação e adaptação.

A seca hidrológica teve fortes impactos em termos de reservação, conforme evidenciado na Figura 3, mesmo com os esforços de economia iniciados em junho de 2014. O Reservatório Equivalente da Bacia Paraíba do Sul (somatório dos quatro reservatórios de regularização) chegou próximo de zero, tendo dois dos seus reservatórios atingido o volume morto em janeiro de 2015. A crise hídrica foi oficialmente declarada como superada no final de 2016.

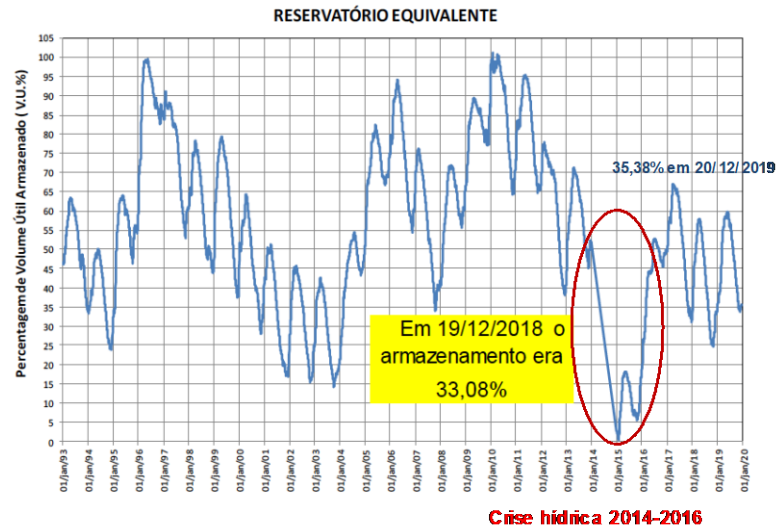


Figura 3: Evolução do percentual do Volume Útil Armazenado no Reservatório Equivalente da Bacia Paraíba do Sul (1993-2019).

Fonte: Agência Nacional de Águas (2019), com dados do ONS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Objeto da pesquisa: Usuários do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu

O Sistema Hidráulico Paraíba do Sul - Guandu consiste em um conjunto complexo de estruturas hidráulicas, construído e operado pelo setor elétrico a partir dos anos 1950, que tinha como objetivo inicial gerar energia, inclusive via transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu, através da Estação Elevatória de Santa Cecília no Estado do Rio de Janeiro, vencendo um desnível de 15m. A água é então bombeada em cerca de 35m para o reservatório de Vigário e depois é desviada por gravidade por um desnível de 300m alimentando em cascata as usinas hidroelétricas de Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos, para finalmente correr pelo rio Guandu. (Figura 4). As usinas geradoras do Sistema Hidráulico são parte do Sistema Interligado Nacional (SIN), coordenado e gerido pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

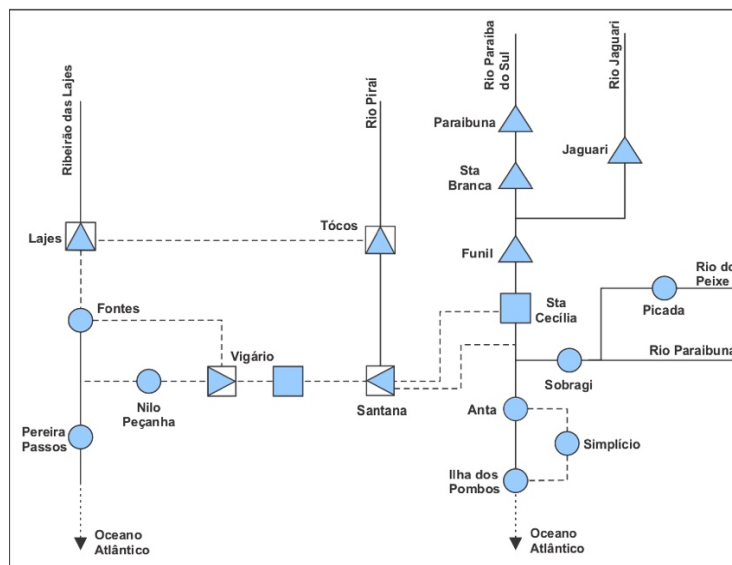


Figura 4 – Esquema de usinas e reservatórios do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul – Guandu.

Fonte: Agência Nacional de Águas (2019).

A regularização das vazões do rio Paraíba do Sul e do rio Guandu deu-se após a construção de quatro reservatórios (Agência Nacional de Águas, 2015a): Paraibuna localizado na confluência dos rios formadores do rio Paraíba do Sul, Paraibuna/Paraitinga, em São Paulo; Santa Branca no trecho paulista do rio Paraíba do Sul; Jaguari, no rio Jaguari, afluente na parte paulista da bacia; e finalmente Funil, no Rio de Janeiro, próximo à divisa com São Paulo. Conhecido como “Reservatório Equivalente”, a capacidade total de reservação desses quatro reservatórios chega a 7.294,70 milhões de metros cúbicos, sendo o volume útil total para geração de energia igual a 4.341,90 milhões de metros cúbicos.

Para além da geração da energia, esta reservação tem sido cada vez mais estratégica para atender ao aumento da demanda dos usos múltiplos, em especial dos usuários que captam água diretamente dos rios Paraíba do Sul e Guandu, com destaque para o abastecimento industrial e sobretudo humano/urbano.

O aumento da vazão no rio Guandu, devido à transposição, permitiu a instalação de uma Estação de Tratamento de Água para abastecimento de cerca de 83% da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). A ETA Guandu tem capacidade de atender aproximadamente 9 milhões de pessoas na RMRJ, tratando continuamente cerca de 43m³/s. A pressão sobre a Bacia aumentou consideravelmente com uma segunda transposição para aumentar a segurança hídrica das Metrôpoles de São Paulo e Campinas, colocada em operação após a crise hídrica de 2014-2016, o que foi motivo de um dos maiores conflitos federativos do país em torno da alocação de água de bacias compartilhadas entre estados (Formiga-Johnsson et al., 2015). Depois de um acordo com a mediação da ANA e do STF, a transposição Jaguari/Bacia Paraíba do Sul - Atibainha/Bacia do Piracicaba entrou em funcionamento em março de 2018, tornando ainda mais complexa a gestão do Sistema Hidráulico, com três bacias interligadas, sendo duas delas estratégicas para o abastecimento das duas maiores metrôpoles brasileiras.

Atualmente, 29 municípios e cerca de 70 indústrias captam água diretamente do rio Paraíba do Sul, além de seis usinas geradoras; já na Bacia do rio Guandu, que se beneficia da transposição, destacam-se a ETA Guandu, quatro usinas geradoras e muitas indústrias de grande porte, em especial aquelas situadas na parte baixa da Bacia do Guandu, no Canal de São Francisco. Cada setor usuário é apresentado com mais detalhes nos itens que se dedicam aos impactos da crise hídrica.

Metodologia da Pesquisa: Avaliação dos Impactos da Seca sobre Usuários de Água

Para abordar a dimensão do problema, utilizou-se recursos metodológicos diversos, visto a complexidade da questão. O desenvolvimento da metodologia científica baseou-se nas contribuições de, sendo adotado dois recursos – a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso (Botelho & Cruz, 2013). As etapas metodológicas da presente pesquisa foram: i) Fase preparatória – consistiu na definição das palavras-chave para levantamento bibliográfico, na literatura científica e cinzenta, com vistas a criar bases conceituais da pesquisa; ii) Caracterização do objeto de estudo – consistiu em pesquisas bibliográficas e, sobretudo, no levantamento de informações disponíveis em documentos técnicos e sítios eletrônicos que permitissem caracterizar o objeto de estudo; iii) Desenvolvimento de quadro conceitual para análise – para cada um dos setores usuários, delineou-se metodologia específica para análise dos impactos da seca, utilizando-se duas ferramentas para levantamento de informações qualitativas: análise documental e entrevista estruturada.

Para caracterização do objeto de estudo, buscou-se sistematizar dados sobre os aspectos socioeconômico e ambiental das bacias hidrográficas do Paraíba do Sul e Guandu, e sobre a estrutura do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul e Guandu e seus usuários de água. Foram levantadas informações sobre os sistemas de abastecimento de água, com base em documentos técnicos, especialmente, os Planos Municipais de Saneamento Básico, o Atlas de abastecimento da ANA, as plataformas dos sistemas de informação do CEIVAP e do Comitê Guandu e os sítios eletrônicos dos prestadores de serviço de abastecimento público.

Para o estudo de caso, optou-se por uma abordagem qualitativa de pesquisa, buscando entender como os fatos observados ocorrem, concentrando-se no processo e no resultado (Creswell, 2007). Assim, utilizou-se como técnicas de pesquisa (Figura 5) a análise documental, a revisão bibliográfica e a entrevista estruturada. Foram ainda elaborados e aplicados questionários específicos para os setores industrial, de abastecimento público e agropecuário, valendo-se da plataforma eletrônica Survey Monkey (<http://www.SurveyMonkey.com>). Além destas, a pesquisa valeu-se de conversas com especialistas sobre a problemática discutida, sem um roteiro, necessariamente, estruturado.

Para avaliar os impactos da crise hídrica sobre o setor de abastecimento público, combinou-se duas abordagens distintas de análise. Tomou-se como referência inicial a análise documental dos

registros de reuniões do GTAOH/Ceivap entre 2014 e 2017 (68 reuniões) e seus documentos complementares por ser a principal fonte de informação sobre as ocorrências de impactos devido à seca hidrológica 2014-2015, que estendeu a crise hídrica até 2016 (Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na Bacia do Rio Paraíba do Sul, 2019). A fim de confirmar e sistematizar as informações qualitativas obtidas do GTAOH/Ceivap e buscar quantificar os impactos da crise hídrica para os setores de abastecimento público e industrial, foram elaborados questionários específicos para a obtenção de informações mais detalhadas sobre os impactos eventualmente ocorridos e as soluções dadas. Diante das dificuldades de conseguir a adesão dos serviços de água para responder ao questionário, foi feito um esforço contínuo e persistente até garantir a resposta de pelo menos os municípios apontados com problemas nos relatos do GTAOH.

A avaliação dos impactos sobre o setor de hidroenergia também baseou-se em duas fontes. Para referência inicial, analisou-se as atas de reuniões e documentos do GTAOH/Ceivap, que consiste em uma análise qualitativa. Na sequência, utilizou-se a base de dados disponível no site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/), utilizando-se a metodologia proposta por Costa et al. (2017) que analisou o histórico de produção de hidroenergia nas usinas do Estado do Rio de Janeiro durante a crise hídrica, comparando-a com períodos anteriores à seca. Para este trabalho, foram utilizados os dados de produção das usinas do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu entre 2010 e 2018, compreendendo toda a Bacia do rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais), além da Bacia do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro. Para facilitar o entendimento dos resultados, foi gerado inicialmente um gráfico com todas as usinas e, posteriormente, foram feitos outros gráficos com diferentes agrupamentos de usinas do Sistema Integrado Nacional para aprofundar a análise: usinas da Bacia Paraíba do Sul; e usinas da Bacia do Guandu.

Abastecimento Público	Industrial	Hidroenergia
Literatura científica e cinzenta	Literatura científica e cinzenta	Literatura científica e cinzenta
Registros de reunião e documentos GTAOH/Ceivap	Registros de reunião e documentos GTAOH/Ceivap	Registros de reunião e documentos GTAOH/Ceivap
Questionário (Plataforma Survey Monkey)	Questionário (Plataforma Survey Monkey)	-
Entrevistas	Entrevistas	Dados ANEEL

Figura 5 – Metodologias utilizadas para identificação dos impactos da seca sobre os setores usuários de água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O enfrentamento da seca 2014-2016: o processo

Este item baseou-se nos documentos disponíveis, em especial Costa et al. (2015, 2017), Formiga-Johnsson et al. (2015) e Vasconcelos et al. (2019), complementados por entrevistas e documentos oficiais.

Em fevereiro de 2014, a ANA solicitou, por meio de ofício ao ONS, atenção na operação do Sistema Hidráulico de modo a garantir os usos múltiplos dos recursos hídricos; na ocasião, a Bacia vizinha do Piracicaba já estava vivenciando uma seca severa no Sistema Cantareira (Braga & Kelman, 2016; Agência Nacional de Águas, 2015a). O CEIVAP decidiu então, em abril de 2014, reativar o Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na bacia do rio Paraíba do Sul – GTAOH, que havia sido criado durante a estiagem vivenciada em 2003 (Deliberação CEIVAP 211/2014). Este grupo foi criado para definir e pactuar soluções técnicas e ações de gestão de forma a evitar ou minimizar os impactos da seca sobre os usuários de água. É composto pelos principais atores envolvidos na gestão das bacias Paraíba do Sul e Guandu: operadores dos reservatórios de regularização, ANA como agente regulador e fiscalizador da operação dos reservatórios, o ONS como operador do Sistema Hidráulico (no âmbito do SIN), os órgãos gestores estaduais e suas secretarias, os comitês de bacias hidrográficas das Bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu, usuários públicos e

privados dos rios Paraíba do Sul e Guandu e representantes da sociedade civil. A ANA e o ONS participam do GTAOH como convidados permanentes do grupo.

O GTAOH voltou a se reunir em abril de 2014 e, até o final de 2016, quando a crise hídrica foi declarada como superada, ocorreram 63 reuniões: 19 em 2014, 30 em 2015 e 14 em 2016. A periodicidade média das reuniões variava entre 1 a 2 vezes por mês, tendo chegado a ser semanal nos períodos mais críticos de 2014 e 2015. O GTAOH continua ativo desde então, com periodicidade menor de reuniões.

Durante a crise hídrica, o principal objetivo do GTAOH era buscar soluções que conciliasse a economia dos estoques de água dos reservatórios e o atendimento aos usos múltiplos da bacia. A primeira medida proposta foi reduzir gradativamente a vazão objetivo em Santa Cecília de 190 para 173m³/s. Ao longo de 2014 e 2015, conclui-se ser necessário reduções ainda maiores, chegando à vazão mínima de 110m³/s em fevereiro de 2015. Todas essas reduções foram autorizadas pela ANA através de 19 resoluções temporárias (Tabela 1), o que permitiu gerar uma economia de 77% do Reservatório Equivalente (ou 3,3 bilhões de metros cúbicos) entre junho de 2014 e novembro de 2016. Evitou-se, portanto, o colapso do abastecimento dos usuários dependentes das águas dos rios Paraíba do Sul e Guandu, pois o volume de água economizada permitiu atravessar o período de crise com impactos de menor severidade.

Tabela 1 - Resoluções temporárias da ANA autorizando regras operativas extraordinárias, sobretudo em Santa Cecília (vazões mínimas inferiores a 190 m³/s)

Resolução (nº)	Data	Vigência	Vazão mínima em Santa Cecília (m ³ /s)	Vazões Mínimas (m ³ /s)			
				Paraibuna	Santa Branca	Funil	Jaguari
700/14	27/05/2014	30/06/2014	173	Permaneceram as vazões mínimas da Resolução 211/2003: Paraibuna: 30m ³ /s Santa Branca: 40m ³ /s Jaguari: 10m ³ /s Funil: 80m ³ /s			
898/14	25/06/2014	31/07/2014	173				
1038/14	16/07/2014	15/08/2014	165				
1072/14	11/08/2014	30/09/2014	165				
1309/14	29/08/2014	30/09/2014	160				
1516/14	29/09/2014	31/10/2014	160				
1603/14	29/10/2014	30/11/2014	160				
1779/14	27/11/2014	31/12/2014	160				
2048/14	19/12/2014	31/01/2015	160				
2051/14	23/12/2014	31/01/2015	140				
86/15	30/01/2015	28/02/2015	140	Idem	34	Idem	7
145/15	27/02/2015	30/06/2015	110	Idem	34	70	4
205/15	23/03/2015	30/06/2015	110	25	30	70	4
714/15	29/06/2015	31/10/2015	110	25	30	70	4
1204/15	26/10/2015	31/01/2016	110	7	10	60	4
65/16	28/01/2016	31/03/2016	110	7	10	60	4
288/16	28/03/2016	31/05/2016	110	7	10	60	4
561/16	30/05/2016	30/09/2016	110	7	10	60	4
1188/16	29/09/2016	30/11/2016	110	7	10	60	4

De fato, tamanha redução de vazões terminou provocando impactos em diversos usuários de água, conforme relatos no GTAOH e documentos oficiais, confirmados pelos questionários e entrevistas. O monitoramento quali-quantitativo precisou ser reforçado em alguns trechos, em função da piora da qualidade da água. Os usuários – membros ou convidados do GT – podiam relatar os impactos que haviam percebido e fazer propostas de mitigação.

Com o objetivo de estabelecer um canal onde os usuários pudessem informar as situações emergenciais decorrentes das reduções de vazões, foi criado um protocolo de comunicação entre o Instituto Estadual do Ambiente – RJ (INEA), Light, Furnas e ONS (foram sobretudo usuários fluminenses os mais impactados, conforme evidenciado nas próximas seções). Através desse protocolo, o INEA centralizava as solicitações dos usuários fluminenses e acionava a Light ou Furnas, quando necessário, para um aumento da vazão praticada em Pereira Passos, ou em Funil, visando mitigar a situação de emergência. Os operadores comunicavam ao ONS. Esse protocolo foi acionado uma vez, em 2014, e 11 vezes de janeiro a junho de 2015.

Durante esse processo de enfrentamento da crise hídrica foi evidenciado que, para minimizar impactos decorrentes de secas, era preciso alterar a forma de operar o Sistema Hidráulico (Costa et al., 2015; Formiga-Johnsson et al., 2015; relatos dos registros de reunião do GTAOH). Ou seja, as regras operativas em vigor até 2014 não eram mais adaptadas à nova realidade de secas mais frequentes na Bacia, como observado em 2001-2003 e 2014-2016. A definição e pactuação de novas regras de operação constituiu um processo à parte, coordenado pela ANA e com participação ativa dos órgãos gestores estaduais, além do envolvimento do Ceivap e sua agência Agevap, no bojo do processo de negociação em torno da transposição paulista, que chegou ao Supremo Tribunal Federal (ver relato desse processo em Formiga-Johnsson et al., 2015).

O resultado desse processo – a Resolução Conjunta da ANA/DAEE/IGAM/INEA nº 1382, de 07 de dezembro de 2015 – criou novas regras operativas para o Sistema Hidráulico Paraíba do Sul - Guandu e substituiu a resolução anterior (Resolução ANA nº 211/2003), dando mais segurança hídrica ao conjunto de usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu. No entanto, somente após superada a crise hídrica 2014-2016, que as novas regras entraram em vigor, em dezembro de 2016. Em outubro de 2017, a ANA instituiu uma resolução complementar (Resolução nº1931/17), que dispõe sobre as limitações de vazões da transposição de Jaguari-Atibainha.

Impactos sobre o setor de abastecimento público

Resultados e discussões (1): Análise documental das reuniões do GTAOH/CEIVAP:

De um total de 29 municípios paulistas e fluminenses captando diretamente no rio Paraíba do Sul, 13 deles relataram problemas nas reuniões do GTAOH entre 2014 e 2016. Na Figura 6 são apresentados os municípios que captam água do rio Paraíba do Sul. No Estado do Rio de Janeiro, que foi bem mais afetado pela crise, 8 municípios relataram alguma dificuldade envolvendo a captação dos sistemas de abastecimento público (Barra do Pirai, Barra Mansa, Itaocara, Paraíba do Sul, São Fidelis, Sapucaia, Vassouras e São João da Barra), além de problemas na ETA Guandu. Um município fluminense muito afetado foi Barra Mansa que, em diversos momentos, relatou dificuldades de captar devido ao baixo nível do rio, tendo chegado a diminuir a distribuição de água para população. Os sistemas de reservação existentes e uma operação mais eficiente da distribuição conseguiram suportar essa redução e garantir o abastecimento contínuo da população.

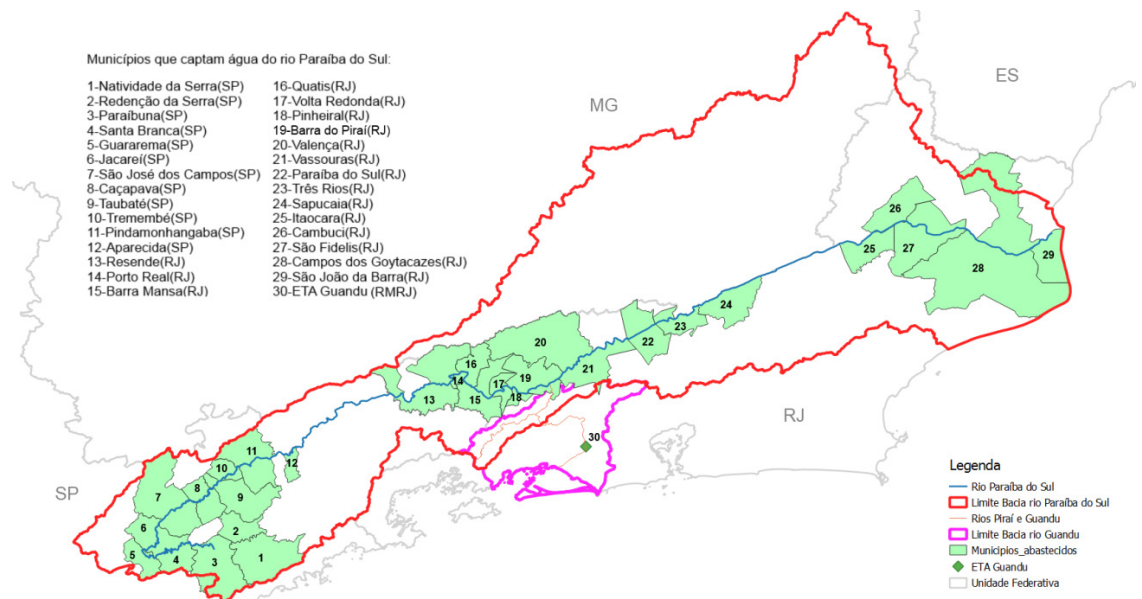


Figura 6 - Localização dos municípios que captam água do rio Paraíba do Sul, na Bacia Paraíba do Sul, e da ETA Guandu, na Bacia rio Guandu.

Fonte: Elaboração própria.

Os problemas relatados foram principalmente causados diminuição do nível dos rios Paraíba do Sul e Guandu. No tocante às captações, muitas estruturas eram fixas. A solução frequentemente adotada para este problema foi a instalação de bombas flutuantes, ou bombas com maior altura de sucção e o prolongamento das tubulações de captação.

Além dos problemas relacionados ao sistema de captação, houve também problemas de qualidade de água para o abastecimento público. Na parte paulista, houve relatos de aparecimentos de macrófitas nos municípios de Pindamonhangaba e Taubaté em meados de 2015. Mas foi a foz do rio Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro, a área mais afetada em termos de abastecimento público, com a intensificação do fenômeno de intrusão salina. Este agravamento foi devido à redução de vazões do sistema hidráulico e sobretudo ao menor aporte de afluentes do rio principal (em especial os rios Pomba e Muriaé), também severamente afetados pela seca.

De fato, o município de São João da Barra foi o que apresentou mais problemas em sua captação, justamente em função da sua localização, na foz do rio Paraíba do Sul. Foram relatadas paradas constantes na captação de água (Figura 7, adiante), chegando a afetar o abastecimento público em vários momentos. A solução definitiva para o problema deste município é a construção de poço artesiano, que até meados de 2019 não havia sido implantado por questões políticas ainda não resolvidas entre o município e a Companhia Estadual de Águas e Esgoto (Cedae).

Em resumo, os impactos sobre sistemas de abastecimento público na Bacia do rio Paraíba do Sul podem ser rapidamente visualizados na Figura 7 que, a partir de registros do GTA/OH/CEIVAP, indica os municípios afetados e número de relatos de problemas ao longo dos anos de 2014 a 2016.

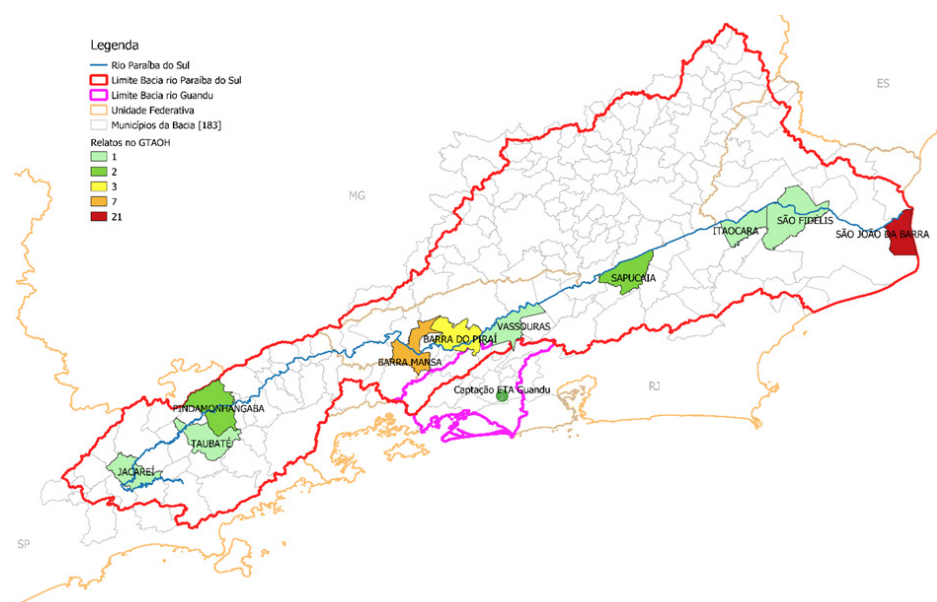


Figura 7 - Crise hídrica 2014-2016: ETA Guandu & municípios paulistas e fluminenses que relataram algum tipo de impacto no âmbito do GTAOH/Ceivap.

Fonte: Elaboração própria.

Como indicado anteriormente, o Estado do Rio de Janeiro foi a parte mais afetada da Bacia Paraíba do Sul. Ressalte-se, no entanto, que muitos municípios paulistas, embora não tenham relatado impactos na captação durante as reuniões do GTAOH, também fizeram adaptações do sistema de abastecimento. São eles: Aparecida, Guararema, Pindamonhangaba, Redenção da Serra, São José dos Campos (Agência Nacional de Águas, 2015b).

Cabe ainda registrar que a ANA, com apoio dos órgãos gestores de recursos hídricos estaduais, elaborou em 2014 o Plano de Ações Complementares para Gestão da Crise Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Para tanto, foram realizadas vistorias nas captações dos sistemas de abastecimento que captam no rio Paraíba do Sul, identificados os possíveis problemas e gargalos diante de novas reduções da vazão do rio e indicadas as ações de adaptações necessárias. As ações propostas pelo Plano em 2014 e a situação de sua implementação estão espacializadas na Figura 8, que indica a situação de implementação com base na reunião do GTAOH do dia 18/07/2016.

A ordem de grandeza dos valores investidos para a realização dessas ações do Plano de Ações Complementares foi estimada em cerca de R\$ 18 milhões. O CEIVAP financiou boa parte dessas adaptações e a AGEVAP, sua agência de bacia, foi particularmente ativa na operacionalização das soluções emergenciais. Quase todas as ações propostas neste plano foram implementadas. Somente as obras do poço de São João da Barra, apesar de licitadas, foram paralisadas, além do cancelamento da intervenção prevista para o município de Natividade que não foi mais necessária.

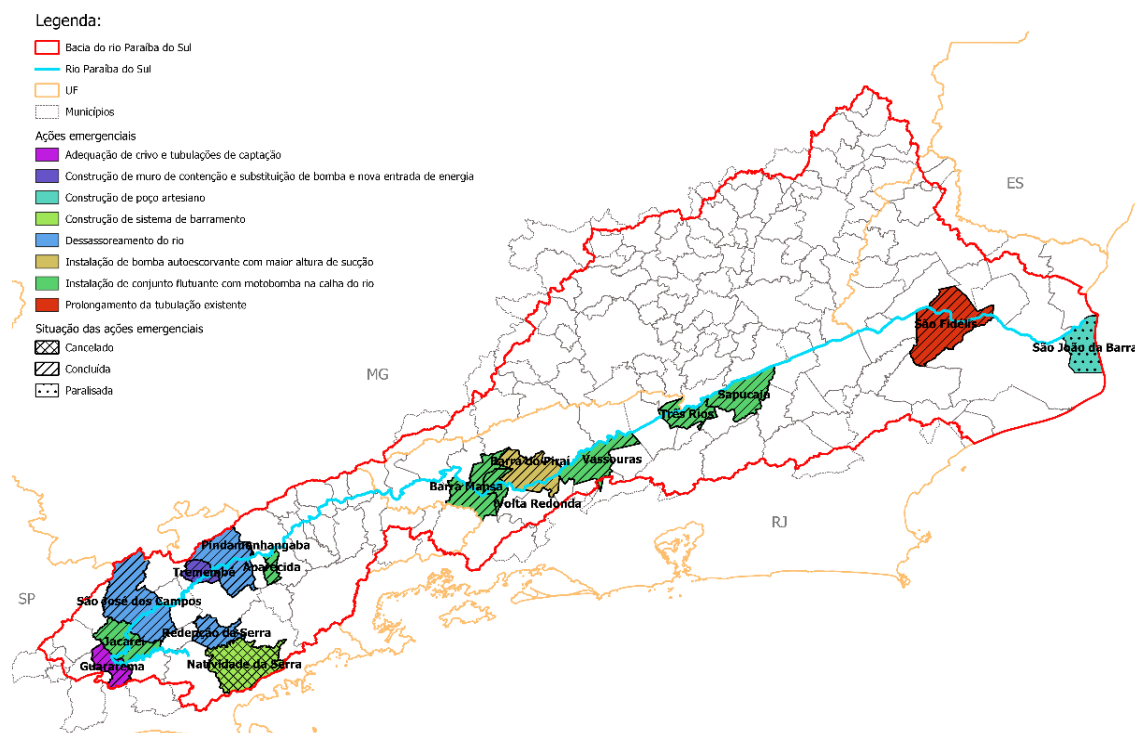


Figura 8 - Intervenções propostas no Plano de Ações Complementares e sua situação de implementação em 2016.
Fonte: Elaboração própria, com dados da reunião do GTAOH/Ceivap de 18/06/2016.

Na Bacia do rio Guandu, a ETA Guandu foi submetida à uma situação de estresse técnico nunca antes experimentado, ou seja, nunca operou com tantas restrições de quantidade e qualidade do seu manancial de abastecimento desde a sua construção no início dos anos 1950. A ETA Guandu é a maior estação de tratamento de água do mundo, sendo responsável por cerca de 83% de toda a região metropolitana do Rio de Janeiro, captando e tratando 43m³/s continuamente (PERHI, 2014). Por isso, havia uma grande preocupação quanto aos impactos que poderiam ocorrer na metrópole caso houvesse paralisação desta planta, agravada pelos eventos internacionais que estavam para acontecer (Copa do Mundo, realizada em 2014, e os Jogos Olímpicos e Paralímpicos, ocorridos em 2016). Ou seja, além do mundo inteiro estar observando o município do Rio de Janeiro, haveria um aumento considerável na demanda num momento de crise hídrica.

Diante desse cenário, houve um grande esforço conjunto na operação do Sistema Hidráulico de modo a garantir a segurança hídrica da ETA Guandu ao longo de toda a crise, além de um monitoramento mais frequente e completo da qualidade da água bruta captada.

Por conta das reduções progressivas da vazão na transposição em Santa Cecília em função do agravamento da crise, a ETA Guandu teve que adotar sucessivas medidas de adaptação por meio do alteamento do nível da barragem, à medida que o nível do rio Guandu era rebaixado. A altura das comportas da barragem foi alteada em 30 cm por vez, chegando até 90cm, de modo a aduzir a água com um nível do rio mais baixo.

Por outro lado, a piora na qualidade da água implicou no aumento do uso dos produtos químicos em cerca de 20%. Isto quer dizer, a utilização adicional diária de 36 toneladas de Sulfato de Alumínio, 6 toneladas de Cloreto Férrico, 3 toneladas de Cloro, 5 toneladas de Cal virgem e 2 toneladas de Ácido Fluossilícico.

Esse conjunto de esforços de operação especial do Sistema Hidráulico e adaptações do Sistema Guandu, foi possível manter a produção normal da ETA Guandu e garantir a segurança da população atendida.

Resultados e discussões (2): Aplicação de questionários

Dos 29 municípios abastecidos pelo rio Paraíba do Sul e demandados para responder ao questionário desta pesquisa, foram obtidas respostas de 14 deles, quais sejam (de montante, no Estado de São Paulo, a jusante, Estado no Rio de Janeiro): Natividade da Serra, Jacareí, Aparecida, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral, Barra do Piraí, Vassouras, Paraíba do Sul, Sapucaia, Itaocara, Cambuci, São

Fidélis e São João da Barra. Trata-se de um universo razoável de respostas, sobretudo diante da imensa dificuldade de consegui-las junto aos serviços de água. Foi feito um esforço excepcional para garantir que pelo menos os municípios apontados com problemas durante a crise hídrica, nos registros do GTAOH/Ceivap, figurassem entre os respondentes.

Do universo dos 14 municípios respondentes, 9 registraram ter sido impactados de alguma forma pela crise hídrica de 2014-2016 (Figura 9). Os municípios de Natividade da Serra, Volta Redonda, Pinheiral e Cambuci indicaram não ter sofrido nenhum tipo de impacto.

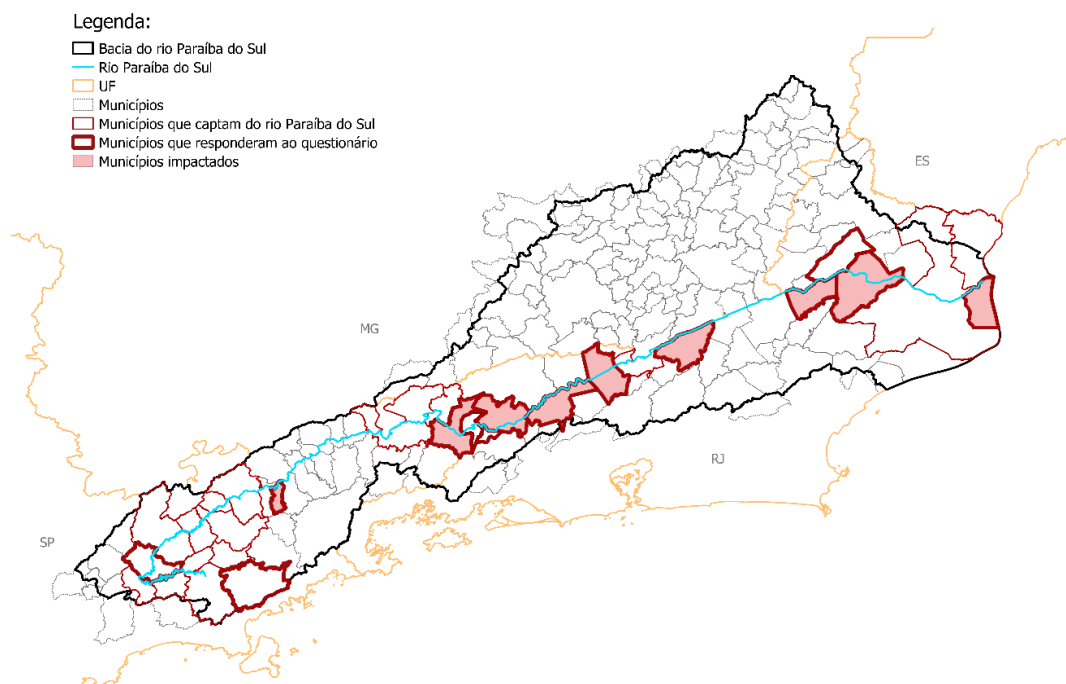


Figura 9 - Identificação dos municípios que responderam ao questionário e relataram ter sido impactados.
Fonte: Elaboração própria, com base nas respostas do questionário.

Dos 9 municípios que responderam ter sido impactados de alguma forma pela crise hídrica 2014-2016, todos responderam ter tido dificuldades na captação, mas apenas 3 relataram ter interrompido a sua captação; um deles relatou uma hora de paralisação por 45 dias, outro informou interrupções de quatro horas por 30 dias e outro, 10 horas de interrupção em cinco dias.

Quanto às adaptações realizadas nas captações, apenas um município indicou não ter feito adaptação na captação, pois não teria sido eficaz, indicando ter havido necessidade de utilizar água de outra fonte de abastecimento (água subterrânea). Seis municípios indicaram que instalaram bomba flutuante, três tiveram que alterar o ponto de captação e um deles teve que alterar o nível do crivo de captação.

Quanto à qualidade da água, três municípios indicaram não ter havido piora na qualidade da água bruta captada, quatro indicaram que piorou pouco e dois relataram que a qualidade piorou muito.

Quanto à produção de água, cinco municípios indicaram diminuição de vazão da água tratada: um indicou diminuição de cerca de 5%, outros três municípios indicaram variação entre 5% e 10% enquanto outro município reduziu entre 30% e 35%. Quatro indicaram ter alterado o tipo de tratamento ou mudado o produto químico utilizado, aumentado o consumo do produto químico por metro cúbico de água tratada.

Em relação ao custo de tratamento da água, seis municípios indicaram aumento: dois indicaram um aumento entre 3% e 5%; um município relatou aumento de 8%; mais um entre 5% e 10%; outro de 10% a 15%; e o último aumentou seu custo entre 13% e 15%.

Quanto à distribuição, dois municípios responderam que não houve falta de água em área atendida devido à crise hídrica, já seis municípios indicaram que houve falta de água pontualmente e um indicou que houve desabastecimento com frequência. Houve uma mesma proporção de respostas para a ocorrência de baixas pressões na rede. Sete municípios responderam que houve investimento

no controle de perdas e vazamentos e dois indicaram que não houve. Somente um dos nove municípios impactados pela crise hídrica 2014-2016 não realizou campanha para redução de consumo de água pela população. Das observações livres que os representantes do setor de abastecimento poderiam indicar no questionário, foi relatado que foram feitas várias manobras operacionais para não faltar água no seu município.

Todos os municípios ditos impactados afirmaram não ter alterado a tarifa de água cobrada ao cliente, porém quatro deles informaram que tiveram queda de faturamento. Sete municípios relataram ter investido em ações de controle de perdas na rede de abastecimento, além de campanhas de conscientização da população para a redução do consumo.

A Tabela 2 adiante, no item “Considerações finais sobre o setor de abastecimento” são identificados os impactos ocorridos por município impactado.

Por fim, foram elaborados uma série de mapas para dar uma visão global dos impactos para o conjunto de municípios respondentes, por tipo de problema (piora da qualidade da água bruta, impactos no tratamento da água, impactos na distribuição de água tratada e impactos no faturamento) (Figuras 10 a 14).

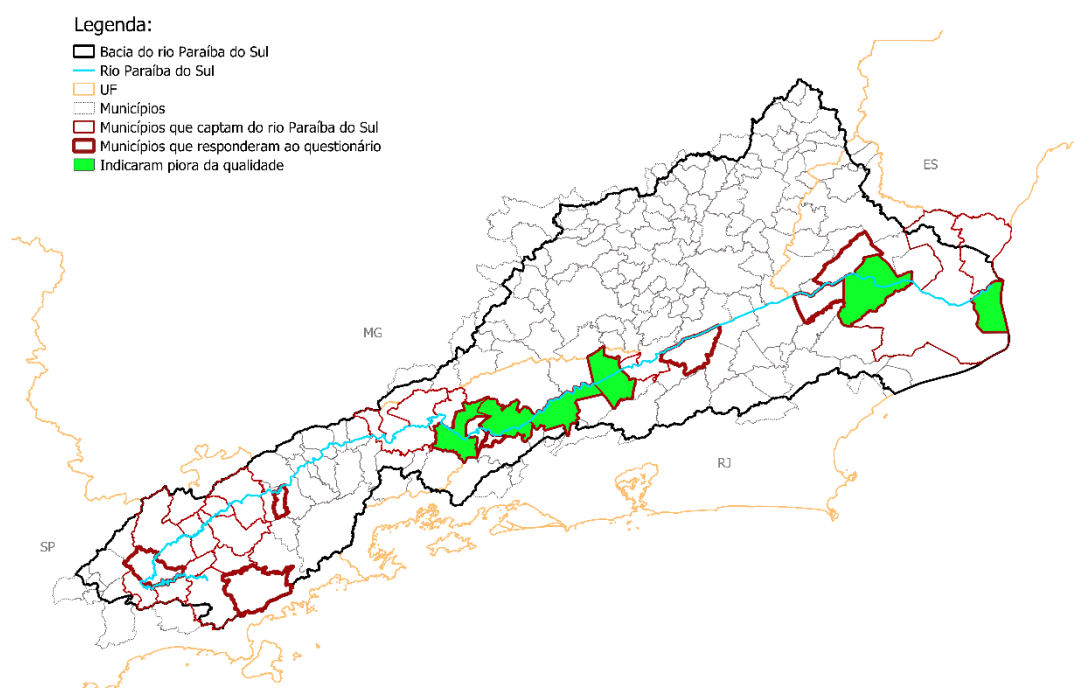


Figura 10 – Municípios que relataram piora na qualidade da água bruta.
Fonte: Elaboração própria, com base nas respostas do questionário.

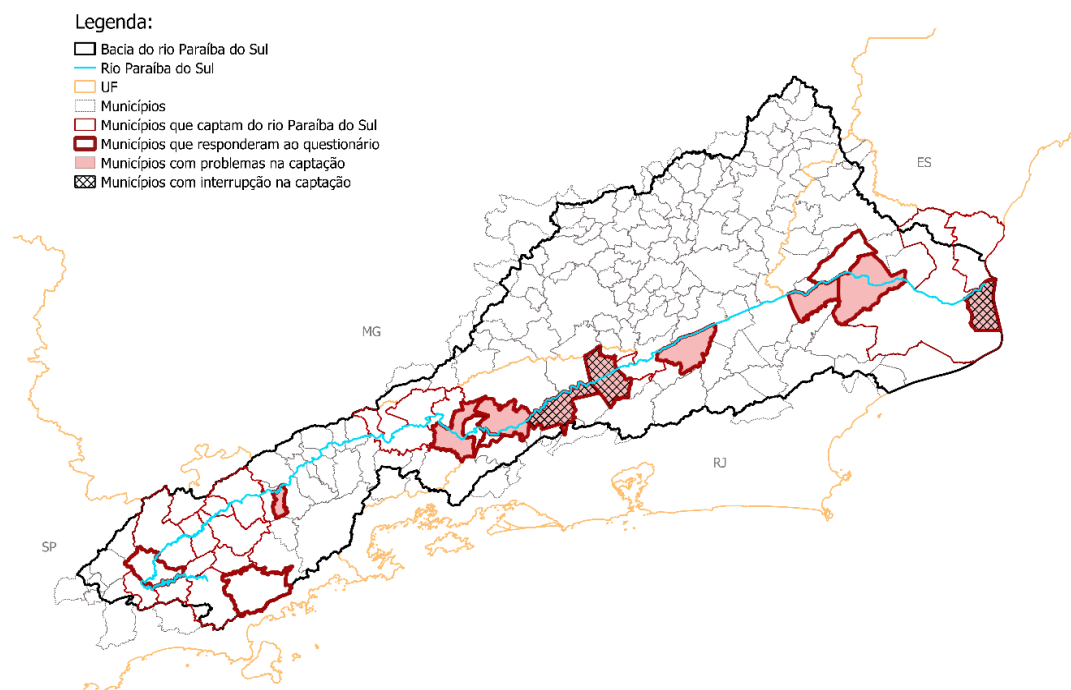


Figura 11 - Municípios com impacto na captação de água.
Fonte: Elaboração própria, com base nas respostas do questionário.

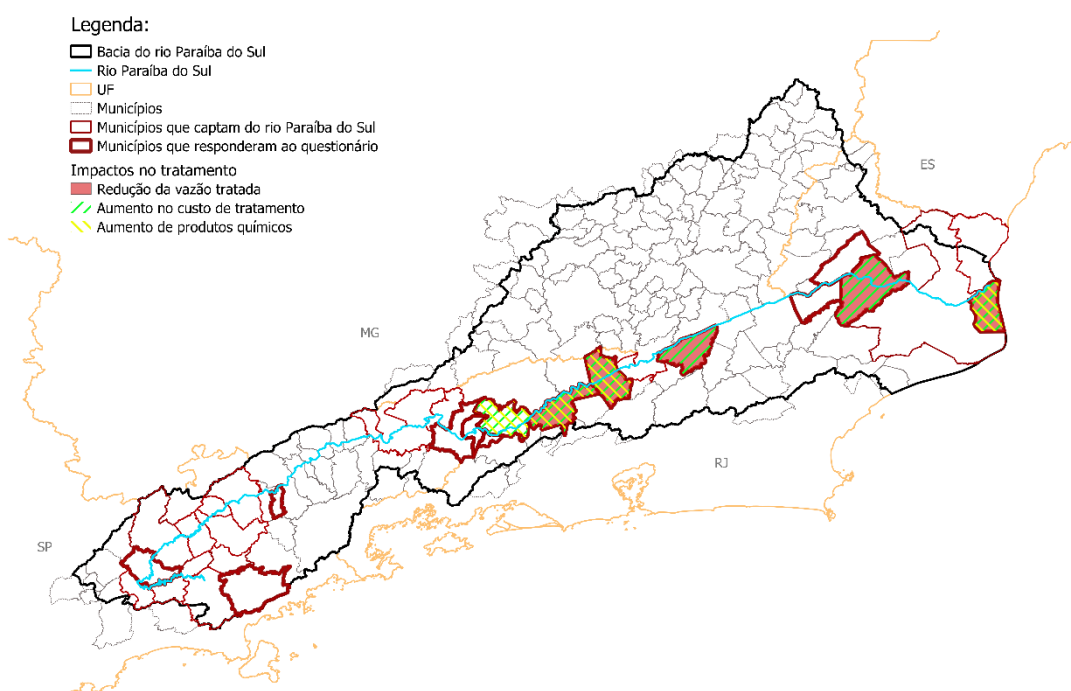


Figura 12 - Municípios com impacto no tratamento de água.
Fonte: Elaboração própria, com base nas respostas do questionário.

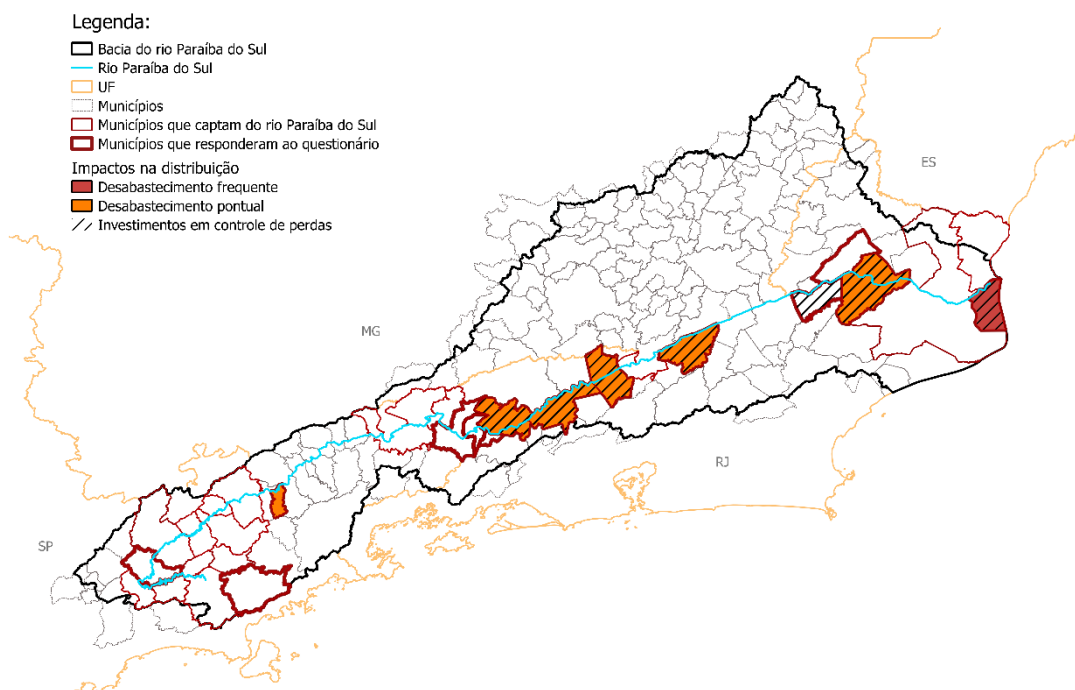


Figura 13 – Municípios com impacto na distribuição de água.
Fonte: Elaboração própria, com base nas respostas do questionário.

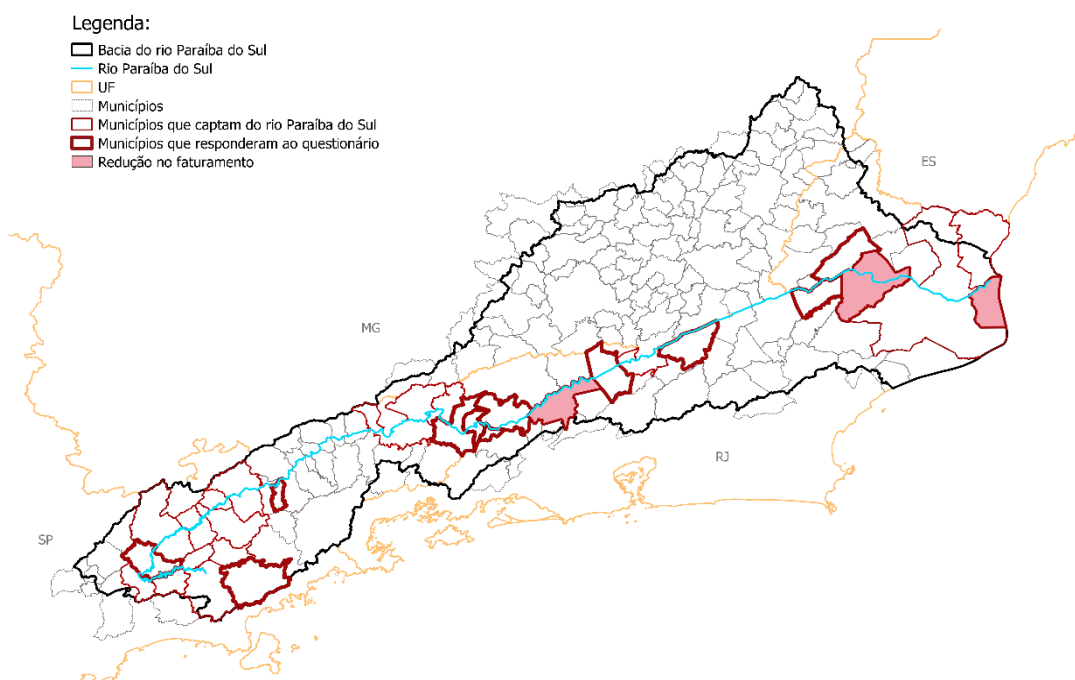


Figura 14 – Municípios com impacto no faturamento.
Fonte: Elaboração própria, com base nas respostas do questionário.

Considerações finais sobre os impactos no setor de abastecimento público

Para dar uma visão panorâmica da pesquisa empreendida para este setor usuário, foi elaborado um quadro-síntese com o resumo dos resultados de cada método aplicado para o conjunto de municípios da Bacia Paraíba do Sul, identificados como impactados, bem como para a ETA Guandu.

A comparação dos resultados dos dois métodos é interessante porque possibilita complementar informações, confirmá-las (ou levantar inconsistências), e até mesmo quantificar alguns impactos (Tabela 2).

Tabela 2 - Quadro síntese dos resultados de pesquisa sobre impactos da crise hídrica 2014-2016 e medidas mitigadoras, para cada município que capta água no rio Paraíba do Sul (identificado como impactado) e para a ETA Guandu

Município	GTAOH	Questionários
Taubaté (SP)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aparecimento de macrófitas; ▪ Construção de muro e substituição de bombas. 	Sem resposta.
Pindamonhangaba (SP)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aparecimento de macrófitas; ▪ Desassoreamento do rio. 	Sem resposta.
Aparecida (SP)	Instalação de bomba flutuante.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Instalação de bombas flutuantes; ▪ Impacto pontual no abastecimento.
Barra Mansa (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Aparecimento de macrófitas; ▪ Instalação de bombas flutuantes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Instalação de bombas flutuantes; ▪ Impacto pontual no abastecimento.
Volta Redonda (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piora na qualidade de água; ▪ Instalação de bombas flutuantes 	Não impactado.
Barra do Pirai (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Assoreamento do rio à montante da captação; ▪ Instalação de bombas flutuantes e troca de bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Instalação de bombas flutuantes e alteração do ponto de captação; ▪ Piora na qualidade da água; ▪ Aumento de uso de produtos químicos; ▪ Aumento do custo de tratamento; ▪ Impacto pontual no abastecimento; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização.
Vassouras (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de vazão captada; ▪ Instalação de bombas flutuantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problema na captação com interrupção; ▪ Instalação de bombas flutuantes; ▪ Piora na qualidade da água; ▪ Redução da vazão tratada; ▪ Aumento de uso de produtos químicos; ▪ Aumento do custo de tratamento; ▪ Impacto pontual no abastecimento; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização; ▪ Redução de faturamento.
Paraíba do Sul (RJ)	Redução de vazão captada.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problema na captação com interrupção; ▪ Instalação de bombas flutuantes; ▪ Piora na qualidade da água; ▪ Redução da vazão tratada; ▪ Aumento de uso de produtos químicos; ▪ Aumento do custo de tratamento; ▪ Impacto pontual no abastecimento; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização.
Sapucaia (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Instalação de bombas flutuantes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Instalação de bombas flutuantes e alteração do ponto de captação; ▪ Redução da vazão tratada; ▪ Aumento do custo de tratamento; ▪ Impacto pontual no abastecimento; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização; ▪ Redução de faturamento.

Município	GTAOH	Questionários
Itaocara (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Interrupção do abastecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Alteração do nível de captação; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização.
São Fidélis (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Prolongamento da tubulação de captação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Alteração do ponto de captação; ▪ Piora na qualidade da água; ▪ Redução da vazão tratada; ▪ Aumento do custo de tratamento; ▪ Impacto pontual no abastecimento; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização; ▪ Redução de faturamento
São João da Barra (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação com interrupção; ▪ Assoreamento na região da captação; ▪ Construção de poço; ▪ Piora na qualidade da água (salinidade); 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problema na captação com interrupção; ▪ Construção de poço; ▪ Piora na qualidade da água (salinidade); ▪ Redução da vazão tratada; ▪ Aumento de uso de produtos químicos; ▪ Aumento do custo de tratamento; ▪ Impacto frequente no abastecimento; ▪ Investimento em controle de perdas; ▪ Campanha de conscientização; ▪ Redução de faturamento.
ETA Guandu (RMRJ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas na captação; ▪ Alçamento da barragem de nível e levantamento das comportas; ▪ Piora da qualidade da água bruta; ▪ Aumento do uso de produtos químicos e do custo de tratamento; ▪ Sem impacto no abastecimento público 	Foram relatados os mesmos problemas registrados nas reuniões do GTAOH/Ceivap.

Pelos relatos do GTAOH, foi possível observar impactos principalmente sobre os sistemas de captação, em função da crise hídrica, e também problemas de qualidade de água. Os questionários foram bastante complementares em relação aos relatos do GTAOH, pois identificou problemas em outras etapas dos sistemas de captação e tratamento.

Entre os impactos observados, destaca-se a dificuldade de captação devido à redução dos níveis dos rios Paraíba do Sul e Guandu, já que a vazão que passava nas calhas dos rios era muito superior à demanda hídrica. Ou seja, não faltou água no manancial de abastecimento, mas houve dificuldades operacionais no sistema de abastecimento para captar água, o que caracteriza uma seca operacional, conforme conceito adotado neste trabalho.

Outra dificuldade registrada deve-se à qualidade da água, seja pela concentração de poluentes, presença de macrófitas ou avanço da intrusão salina. Os municípios que mais relataram problemas de qualidade se encontravam principalmente próximos aos reservatórios. Entretanto, o município mais impactado em relação a qualidade da água foi São João da Barra, que está localizado junto a foz do rio Paraíba do Sul, que sofreu bastante com a intrusão salina. Constatou-se também que vários municípios reportaram diminuição da vazão tratada, chegando por vezes a afetar a população com o desabastecimento ou com baixas pressões na rede.

Impactos sobre o setor de hidroenergia

A caracterização dos impactos da crise hídrica sobre o setor hidroelétrico compreendeu as seguintes usinas: Paraibuna, Santa Branca, Jaguari, Funil, Barra do Braúna, Areal, Ilha dos Pombos, Sobragi e Piau na bacia do rio Paraíba do Sul, e Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos na bacia do rio Guandu (Figura 15). A usina de Simplício não foi considerada, pois iniciou sua operação em 2013 e, desta forma, não possuía dados de referência de produção em anos menos secos.

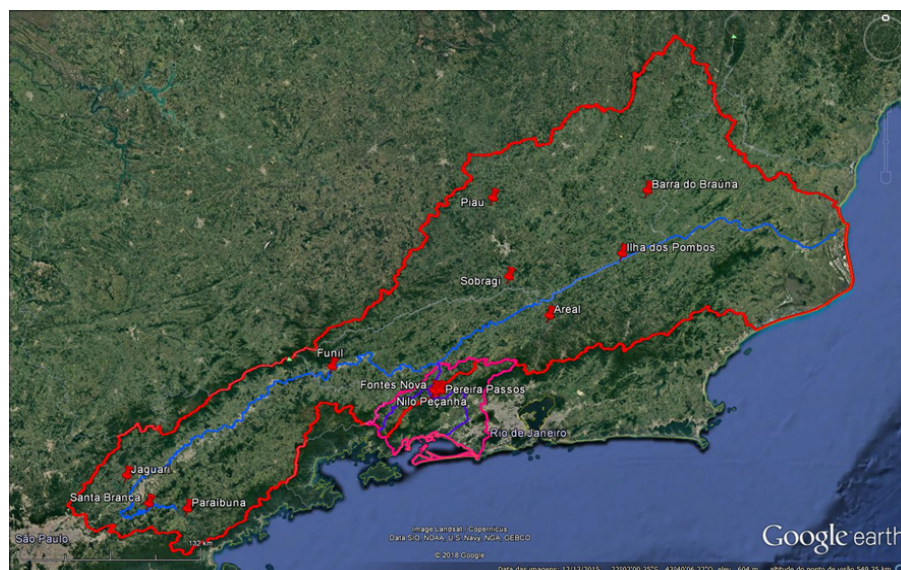


Figura 15 - Localização das usinas analisadas nesta pesquisa.

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Resultados e discussões (1): Análise documental das reuniões do GTAOH/Ceivap

A crise hídrica de 2014-2016 também afetou o setor hidrelétrico por conta das reduções das vazões do Sistema Hidráulico do Paraíba do Sul. O reservatório de Santa Branca e Paraibuna chegaram ao volume morto precisando interromper a geração de energia durante alguns dias no mês de fevereiro de 2015.

Nos registros do GTAOH, houve 9 relatos de impactos na geração de energia. No registro de 22/12/2014, foi informado que a usina de Santa Branca precisou ser operada a fio d'água. Neste mesmo registro, foi relatada a interrupção da geração da usina de Paraibuna. No ano seguinte, nos registros de 03/11/2015 e 16/11/2015 do GTAOH, relatou-se novamente a interrupção da geração de energia na mesma usina, por conta de um problema excessivo de vibração das máquinas, devido à grande variação de potência ocasionada pelas alterações de vazão. A usina de Pereira Passos também noticiou, no registro de 24/08/2015, dificuldades técnicas de operação devido à diminuição da vazão transposta. A PCH de Queluz apontou a mesma dificuldade nos registros de 10/05/2016, 13/06/2016, 18/07/2016 e 12/09/2016, quando as vazões mínimas de jusante dos reservatórios de Paraibuna, Santa Branca e Jaguarí foram reduzidas por tempo mais prolongado com objetivo de aumentar os seus armazenamentos.

Em apresentação da Light sobre a operação do reservatório de Santa Branca abaixo do volume útil na reunião do GTAOH de 10/11/2014, foram relatadas preocupações quanto aos impactos potenciais na continuidade de volumes baixos nos reservatórios principalmente quanto à estabilidade dos taludes marginais dos reservatórios, que ficariam mais expostos à erosão e poderiam acarretar piora da qualidade de água. Isto poderia fazer com que se formassem poças na área ocupada pelo reservatório que, com o aumento de temperatura e o lançamento de efluentes, poderia diminuir o oxigênio dissolvido acarretando mortandade de peixes e aumento de produção de algas. Foram ainda relatadas preocupações com a qualidade de água caso perdurasse o período de reservatórios esvaziados, pois as largas margens descobertas poderiam favorecer o crescimento de vegetação que seria posteriormente submergida, na volta da normalidade hidrológica. Embora isso não tenha ocorrido, foi recomendado levar esta questão em consideração nos planejamentos futuros de segurança hídrica.

Resultados e discussões (2): Dados da ANEEL

Para caracterização dos impactos quantitativos da crise hídrica sobre o setor hidroelétrico, foram utilizados dados de geração de energia coletados do site da ANEEL para todas as usinas hidrelétricas ao longo dos rios Paraíba do Sul e Guandu, exceto a usina de Simplício por falta de dados de referência para anos úmidos.

Observado inicialmente as usinas dos principais reservatórios da Bacia, que regularizam os rios Paraíba do Sul e Guandu, é possível visualizar uma queda significativa de geração de energia em meados de 2014 e ao longo de 2015 e 2016 (Figura 16).

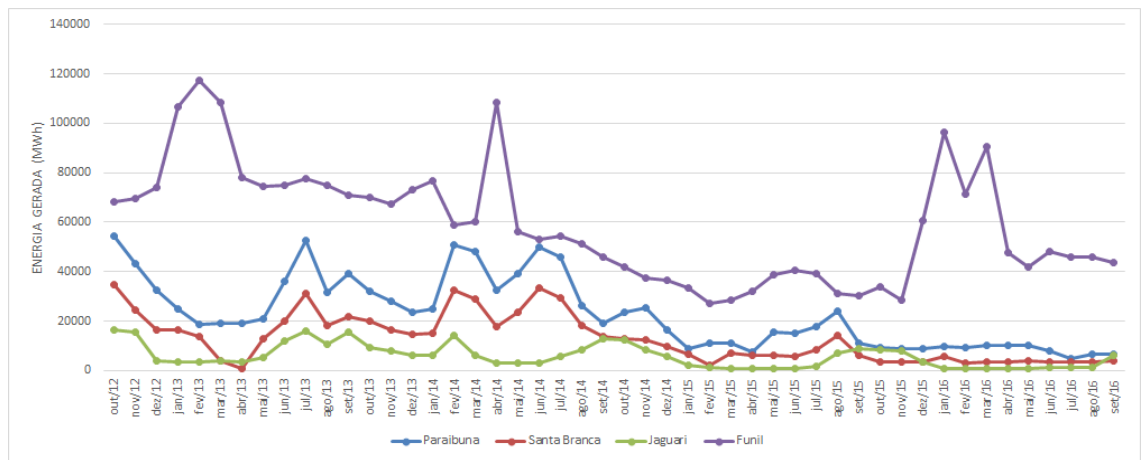


Figura 16 - Geração mensal nos anos hidrológicos de 2013 a 2016 dos quatro principais reservatórios do Sistema Hidráulico (Paraíba, Jaguari, Santa Branca e Funil).
 Fonte: Elaboração própria, com dados da Aneel de 2019

Considerando agora todas as usinas geradoras do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu, foi construído a Figura 17 que apresenta os quantitativos de energia gerada nos anos hidrológicos de 2010-2011 a 2017-2018.

Tendo como referência a média de geração de energia dos anos hidrológicos de 2010 a 2013 e comparando-a aos anos hidrológicos de 2013-2014 e 2014-2015, observa-se uma diminuição da geração de cerca de 19% e de 46%, respectivamente. Já a partir do ano hidrológico seguinte (2015-2016), há indícios de recuperação do sistema, porém ainda com valores consideravelmente abaixo do período de referência. No ano hidrológico de 2015-2016 observou-se uma redução de 37% em relação à média de 2010-2013. No ano hidrológico de 2016-2017, a redução foi de 27% enquanto o ano hidrológico de 2017-2018 teve uma leve melhora (diminuição de 24% em relação à média de 2010-2013).

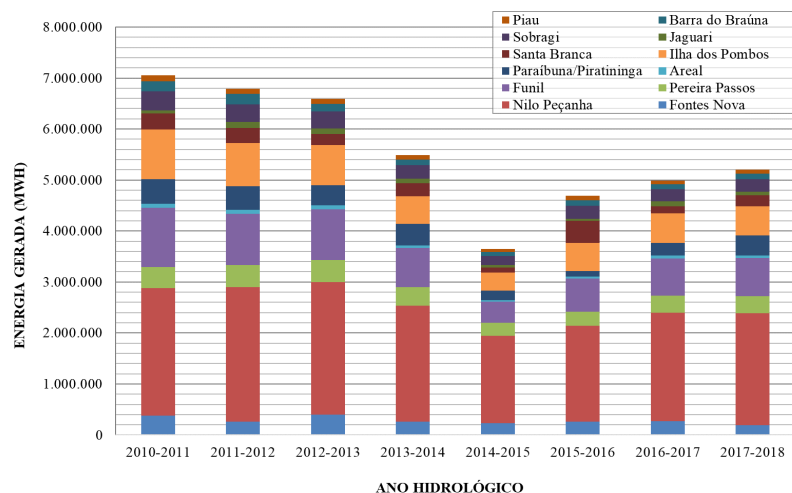


Figura 17 - Energia gerada nos aproveitamentos do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul - Guandu entre 2010 e 2018 (MWh).
 Fonte: Elaboração própria, com dados da Aneel de 2019.

Impactos sobre o setor industrial

Por serem fortemente industrializadas, as Bacias Paraíba do Sul e Guandu são fortemente demandadas pelo setor usuário industrial. Em busca de maior segurança hídrica, as indústrias de maior porte captam águas dos rios Paraíba do Sul e Guandu, sendo, portanto, fortemente dependentes do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu. Estas se concentram sobretudo no Vale do Paraíba paulista e no Médio rio Paraíba do Sul, em território fluminense, e no Baixo Guandu (conhecido como Canal de São Francisco).

Durante a crise hídrica, nas reuniões do GTAOH houve relatos de duas indústrias no trecho paulista com problemas na captação devido ao aparecimento de macrófitas nas águas do rio Paraíba do Sul na região de Jacaref. No entanto, as indústrias que mais relataram dificuldades foram aquelas do Canal de São Francisco, trecho final do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro. São elas (Figura 18): Ternium Brasil (antiga ThyssenKrupp - CSA), Gerdau S/A, Furnas Centrais Elétricas S/A e Fábrica de Catalizadores Carioca (FCC).

A Ternium Brasil comprou em 2017 a Companhia Siderúrgica do Atlântico - CSA da ThyssenKrupp. A fábrica entrou em operação em 2010, ocupa uma área de 9km² junto ao canal de São Francisco para fabricar produtos de aço que fornece para outros setores industriais. Tem capacidade para produzir até 5 milhões de toneladas de placas de aço por ano. Além da produção de aço, a empresa tem sua própria termoelétrica (Unidade Termelétrica do Atlântico) com capacidade de gerar até 490 MWh, o que permite à empresa produzir sua própria energia e ainda repassar mais de 200MW excedentes ao SIN. A vazão máxima captada pela termelétrica no rio Guandu é de 20m³/s, não sendo afetada pela intrusão salina pois pode operar com água salobra.

A Gerdau Cosigua (antiga Companhia Siderúrgica do Estado da Guanabara) foi construída na década de 1960 e fabrica diversos produtos em aço. Em 2007 houve uma ampliação da planta para fabricar cerca de 2,6 milhões de t/ano de aço e 2,1 milhões de t/ano de laminados. Porém, com a compra da usina AçoMinas pelo grupo Gerdau, a produção realizada na fábrica de Santa Cruz foi reduzida. A máxima vazão captada chegou a ser de 12m³/s, mas em função de investimentos a média de captação reduziu substancialmente, sendo hoje de cerca de 1m³/s. A Gerdau possui como fonte alternativa de água uma ligação com a rede pública de abastecimento da Cedae.

A Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. (FCC) é uma empresa que produz catalisadores e aditivos para a indústria de refino de petróleo. Ela opera com vazão média de 126m³/h (35 l/s) de captação.

A Usina termoelétrica de Santa Cruz teve início de operação em 1967 e atualmente possui capacidade de geração 936 MW e o seu agente é Furnas Centrais Elétricas S.A., possuindo uma vazão média operacional de 57 m³/h (15,83 l/s).



Figura 18 - Localização das indústrias do Baixo Guandu (Canal São Francisco), no Estado do Rio de Janeiro, afetadas pela crise hídrica 2014-2016.
Fonte: Vasconcelos (2019).

A diminuição de vazão e consequente redução do nível da água do rio Guandu possibilitou que a água do mar avançasse sobre o rio Guandu, chegando até os pontos de captação dessas indústrias, sobretudo em períodos de maré alta.

Nas reuniões do GTAOH, houve, ao todo, 33 registros de avanço da intrusão salina entre 2014 e 2016. Deste total, em quatro ocasiões houve interrupção da produção industrial e dois registros de falta de água até mesmo para abastecimento interno das indústrias, que tiveram que recorrer a carros-pipa. A situação somente não foi ainda mais grave, devido às sucessivas ações emergenciais de mitigação, adotadas ao longo das reduções contínuas de vazão do rio Guandu, definidas nas reuniões do GTAOH e referendadas pela ANA. Por conta dos problemas das empresas, a operação do Sistema Hidráulico foi bastante sofisticada e engenhosa, de modo a atender tanto a ETA Guandu quanto às empresas, dentro das metas de economia de água nos reservatórios de regularização.

Entre as ações imediatas e de curto prazo para solucionar o problema, as indústrias aumentaram a captação da água no período de maré baixa, que possui menor influência da cunha salina. Investiu-se também no aumento da reservação interna das indústrias, com vistas a utilizá-la durante o período de maré alta, bem como na redução do consumo de água. Porém, essas medidas não se mostraram suficientes para evitar impactos, principalmente para a empresa Ternium, que realizou uma obra para realocação do seu ponto de captação para um local mais a montante, junto à captação da FCC, de forma a sofrer menos com a intrusão salina. Com a decisão de diminuir ainda mais – e de forma significativa – a vazão do rio Guandu, de modo a priorizar a segurança hídrica do abastecimento urbano e metropolitano, os usuários de água reuniram-se para construir uma soleira na calha do rio Guandu, entre as empresas Ternium e a Gerdau, com o objetivo de instalar uma barreira para a entrada da cunha salina, permitindo assim um tempo maior de captação sem intrusão salina.

A soleira demorou para ser construída e diminuiu a intrusão salina, mas não funcionou como o esperado pois não conseguiu eliminar totalmente o problema conforme planejado. A soleira suscitou também conflitos com os pescadores, pois dificultou o trânsito dos barcos dos pescadores, tendo sido finalmente colocado um guindaste para atravessar os barcos. A soleira foi retirada no final de 2017, depois de oficialmente superada a crise hídrica.

Prevendo próximos eventos de seca e o agravamento dos problemas de intrusão salina, a Ternium (ex-CSA) decidiu finalmente modificar o seu sistema de captação de forma mais robusta, construindo um segundo ponto de captação para as atividades industriais para junto da tomada d'água da ETA Guandu, a cerca de 16 km a montante da captação da FCC.

Apesar desta e de outras medidas tomadas pelas indústrias do Canal de São Francisco ao longo do período de crise hídrica (2014-2016), foi necessário acionar o Protocolo de Comunicação com o INEA, quando as vazões do rio Guandu não eram suficientes para diminuir a salinidade no local de captação. Nos relatos do GTA OH, a Ternium informou que acionou o protocolo pelo menos 10 vezes, enquanto a Gerdau relatou apenas um acionamento. Ou seja, as indústrias foram os usuários de água que mais demandaram o sistema de contingência em vigor durante a crise hídrica 2014-2016.

CONCLUSÕES

Por meio das metodologias de análise aplicadas aos principais setores usuários, propostas neste trabalho, foi possível constatar que a crise hídrica 2014-2016 do Sudeste brasileiro chegou a afetar de forma expressiva usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu, que são aqueles com maior segurança hídrica no âmbito das bacias hidrográficas respectivas, graças ao Sistema Hidráulico Paraíba do Sul - Guandu.

No setor de abastecimento público de água, houve impactos em todas as etapas do sistema de abastecimento. Na Bacia Paraíba do Sul, verificou-se piora na qualidade da água bruta captada e dificuldades de captação devido, principalmente, à diminuição contínua da vazão e do nível do rio principal. Na altura da transposição para o Guandu, na Barragem de Santa Cecília no município de Barra do Piraí/RJ, a vazão do rio Paraíba do Sul foi progressivamente reduzida de 190 m³/s para 110 m³/s. Alguns municípios ao longo do rio tiveram que diminuir a vazão captada e outros chegaram a paralisar a captação. Para mitigar o problema foram realizadas sucessivas adaptações em vários sistemas de captação.

Na etapa de tratamento, foram relatadas reduções das vazões tratadas e aumento no consumo de produtos químicos, acarretando custos maiores na produção. Quanto à distribuição, alguns municípios reportaram problemas de desabastecimento e ocorrência de baixas pressões na rede, pontualmente. A fim de minimizar os impactos, muitos operadores relataram nos questionários ter investido em ações de controle de perdas na rede de abastecimento, além de campanhas de conscientização da população para a redução do consumo. Com o aumento dos custos operacionais e de investimento em obras, foi ainda apontado uma redução de faturamento em alguns municípios da Bacia Paraíba do Sul.

O município mais afetado pela crise foi São João da Barra, que se localiza na foz do rio Paraíba do Sul, em território fluminense. A intrusão salina que já era um problema ocasional foi agravado substancialmente, acarretando desabastecimento frequente da população. A solução proposta para superar a vulnerabilidade atual do abastecimento municipal – construção de um novo sistema de captação de água subterrânea – até hoje não foi implementada, em função de impasses entre o município e o serviço de água. O município continua tendo paralizações pontuais do abastecimento, diante do quadro de estiagens mais severas no período pós-crise hídrica.

Ainda em termos de abastecimento público, é preciso destacar o caso atípico da ETA Guandu, que abastece cerca de 83% da Metrôpole do Rio de Janeiro. Durante a crise hídrica, havia uma grande preocupação e especial atenção com a Metrôpole, não somente pela segurança hídrica de mais de 9 milhões de pessoas, mas também em função dos grandes eventos (Copa de 2014 e Olimpíadas 2016). Foi o maior teste já submetido ao Sistema Guandu, que nunca havia operado em situações tão restritivas em termos de quantidade e qualidade do rio Guandu. Adaptações sucessivas nos sistemas de captação e tratamento – associadas a uma operação sofisticada e complexa do Sistema Hidráulico – permitiram à ETA uma produção contínua de água e, portanto, não afetou o abastecimento da população metropolitana em nenhum momento. Essas adaptações foram determinantes para dimensionar a economia de água possível nos reservatórios mediante redução das vazões de regularização dos rios Paraíba do Sul e Guandu.

Quanto ao setor de hidroenergia, observou-se impactos significativos, pois sua produção passou a ser definida pelas regras excepcionais de contingência estabelecidas pelas resoluções temporárias da ANA que reduziam as vazões mínimas a jusante dos reservatórios de forma a priorizar o abastecimento público. No auge da crise, no início de 2015, a geração de energia chegou a ser interrompida, quando o nível dos reservatórios atingiu seu volume morto. Outras usinas tiveram complicações em sua operação devido à grande variação de vazões, aplicadas no período.

O setor industrial, principalmente os empreendimentos localizados na foz do rio Guandu (Canal de São Francisco), também foram significativamente impactados e, em muitas situações, chegou-se ao limite do uso de fontes convencionais de água, tendo que adotar medidas de otimização ou até mesmo de redução de consumo para conseguir enfrentar a crise hídrica. Dentre elas, investiu-se no aumento da capacidade de captação e armazenamento, na alteração do ponto de captação, na construção de

soleira submersa, além da gestão do processo produtivo para controle de consumo, campanhas de conscientização, entre outros. Mesmo com todos os esforços, em vários momentos, houve paralização das atividades, sobretudo nos períodos mais críticos da seca.

Observando globalmente a crise hídrica sob a perspectiva de sua gestão, é possível tecer algumas reflexões. Em primeiro lugar, embora gestores e usuários não estivessem preparados para a crise, ações emergenciais evidenciaram boa capacidade de resposta e foram relativamente efetivas para minimizar impactos e evitar desabastecimento da população. Foi possível economizar 3,3 bilhões de m³ (ou 77% do Reservatório Equivalente), entre junho 2014 e novembro 2016; evitou-se assim o colapso do abastecimento de 27 municípios e de 83% da Metrópole do Rio de Janeiro. Destaca-se ainda o caráter fortemente participativo da gestão da crise, com protagonismo dos organismos de bacia (em especial Ceivap, Comitê Guandu e sua agência AGEVAP) que foram emponderados pela ANA enquanto espaços de negociação e pactuação em torno da realocação de água. Pode-se afirmar que a gestão participativa saiu fortalecida da crise hídrica.

Por outro lado, a crise desnudou as vulnerabilidades de usuários, das condições ambientais das bacias hidrográficas e das práticas de gestão; foi um grande teste para o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em termos de entrega de resultados. Afinal, trata-se de bacias altamente estratégicas no cenário nacional, pioneiras na implementação da gestão integrada dos recursos hídricos e com forte capital político e econômico. Nesse sentido, foi claramente evidenciado que as regras operativas do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu, em vigor desde 2003, não eram mais adaptadas à nova realidade da bacia, em função da alta vulnerabilidade resultante da combinação entre os estressores climáticos (intensificação de estiagens severas e secas) e não-climáticos (condições ambientais da bacia, aumento da demanda hídrica, etc.). Portanto, as novas regras operativas do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul-Guandu, que foram aplicadas a partir de outubro de 2016, representam uma mudança significativa em direção de uma gestão adaptativa, pois tornaram o Sistema mais resiliente às secas, promovendo maior segurança hídrica aos usuários consuntivos dos rios Paraíba do Sul e Guandu. Ressalte-se, contudo, que tal medida afetou o setor de hidroenergia, que construiu e opera o sofisticado Sistema Hidráulico do qual os usos múltiplos se beneficiam. O conflito entre Rio e São Paulo em torno da transposição paulista – e a necessidade de uma solução – foi vital para a mobilização de recursos técnicos e sobretudo políticos para implementar tal medida de adaptação que terminou restringindo a flexibilidade do uso das águas reservadas para a geração de energia elétrica.

Pelo lado do usuário, importa ressaltar a necessidade de maior eficiência no uso da água, especialmente pelo setor de abastecimento público. Durante a crise hídrica, foi possível observar o quanto sistemas de captação (e por vezes tratamento de água) podem ser precários e altamente vulneráveis a secas mais severas que impõem diminuição do nível de rios. Em termos de qualidade, os problemas associados à falta ou insuficiência da coleta e tratamento de esgoto foram agravados e ainda mais evidenciados.

Mas é sobretudo em termos de gestão e governança que se faz necessário mudanças substanciais, principalmente diante do cenário de intensificação das mudanças climáticas e de maior pressão sobre os recursos hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul. Para além dessa adaptação da operação da infraestrutura, é preciso preparar-se para a próxima seca. Experiências internacionais, e outras mais recentes no Brasil, apontam a necessidade de uma abordagem mais proativa em relação ao risco de desabastecimento associado à seca (Sayers et al., 2016, 2017; Agência Nacional de Águas, 2016), a exemplo do Monitor de Secas da Agência Nacional de Águas, construído para o Semiárido e em processo de expansão, e das propostas e experiências recentes dos planos de preparação de secas, em múltiplas escalas (Souza Filho et al., 2016; De Nys et al., 2016).

Acima de tudo, é preciso criar uma cultura de segurança hídrica de médio e longo prazos, evoluindo da lógica de aumento da oferta de água, inteiramente baseada na infraestrutura hídrica, para uma gestão integrada e racional dos recursos hídricos, incluindo programas de redução de perdas e uso eficiente da água, regulamentação e estímulo ao reuso de água. É preciso também definir uma vazão ecológica, intensificar a proteção de nascentes e mananciais estratégicos, através de soluções baseadas na natureza e boas práticas do manejo do solo em áreas rurais, além de investir maciçamente na implementação de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, que geram consequências diretas na melhoria da qualidade das águas. Enfim, é preciso avançar mais – e rapidamente – na gestão e governança dos recursos hídricos, mesmo num contexto político nacional desfavorável como observado atualmente no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à ANA pelo apoio a este trabalho, que é parte integrante das pesquisas apoiadas pelo PROCiência/Uerj, pela Chamada MCTI/CNPq/ANA nº 23/2015 e pela Chamada Universal MCTIC/CNPq nº 28/2018.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas – ANA. (2015a). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, Informe 2014: Encarte especial sobre a crise hídrica*. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas – ANA. (2015b). *Plano de Ações Complementares para a Gestão da Crise Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Versão 2.0*. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas – ANA. (2016). *Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação*. Brasília: ANA, GGES.
- Agência Nacional de Águas – ANA. (2017). *Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil: Relatório Pleno 2017*. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas – ANA. (2019). *Sala de Situação: Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR*. Boletim Diário da Bacia Paraíba do Sul. Recuperado em 29 de dezembro de 2019, de <https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/paraiba-do-sul/paraiba-do-sul-boletim-diario>
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (2019). *Dados da compensação financeira de usinas hidrelétricas*. Recuperado em 12 de maio de 2019, de <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>
- Ambrosio, L. L. (2018). *Regras e práticas de alocação de água nas bacias dos rios paraíba do sul e guandu a partir de uma abordagem proativa* (Dissertação de mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Andreu, J., & Solera, A. (2006). Methodology for the analysis of drought mitigation measures in water resources systems. In J. Andreu et al. *Drought management and planning for water resources* (pp. 133-168).
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (Eds.), (2008). *Climate change and water*. Geneva. Technical Paper of the IPCC.
- Botelho, J. M., & Cruz, V. A. G. (2013). *Metodologia científica*. São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- Braga, B., & Kelman, J. (2016). Facing the challenge of extreme climate: the case of Metropolitan São Paulo. *Water Policy*, 18, 52-69.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2016). *Plano nacional de adaptação à mudança do clima* (Vol. 2: Estratégias Setoriais e Temáticas). Brasília: MMA.
- Costa, L. F., Farias Junior, J. E. F., & Formiga-Johnsson, R. M. (2017) Impactos da estiagem 2014–2015 sobre os principais setores usuários de água no Estado do Rio de Janeiro. In *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Florianópolis: ABRH.
- Costa, L. F., Farias Junior, J. E. F., Formiga-Johnsson, R. M., Silva, L. D. D., & Acselrad, M. V. (2015). Crise hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul: enfrentando a pior estiagem dos últimos 85 anos. *Revista INEANA*, 3(1), 26-47.
- Creswell, J. W. (2007). *Métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Porto Alegre: Artmed. Projeto de pesquisa.
- De Nys, E., Engle, N. L., & Magalhães, A. R. (Eds.). (2016). *Secas no Brasil: política e gestão proativas*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial.
- Formiga-Johnsson, R. M., Farias Junior, J. E. F., Costa, L. F., & Acselrad, M. V. (2015). Segurança hídrica do Estado do Rio de Janeiro face à transposição paulista de águas da Bacia Paraíba do Sul: relato de um acordo federativo. *Revista INEANA*, 3(1), 48-69.
- Formiga-Johnsson, R. M., Lemos, M. C., & Souza-Filho, F. (2019). Segurança hídrica e capacidade adaptativa urbana e metropolitana em tempos de mudanças climáticas. In A. Phillipi Junior & M. C. Sobral. *Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade* (pp. 427-459). São Paulo: Editora Manole.
- Freire-González, J., Decker, C., & Hall, J. W. (2017). The economic impacts of droughts: a framework for analysis. *Ecological Economics*, 132, 196-204.
- González, F. C., & Morcillo, J. C. (2007). *Guía para la elaboración de planes de emergencia por sequía em sistemas de abastecimiento urbano*. Espanha: Ministerio de Medio Ambiente, Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento.
- Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na Bacia do Rio Paraíba do Sul – GTAOH. (2019). *Registros de Reuniões no período de abril de 2014 a maio de 2019*. Recuperado em 2 de setembro de 2019, de <http://agevap.org.br/agevap/ophidraulica.php>
- Hayes, M. J., Wilhelmi, O. V., & Knutson, C. L. (2004). Reducing drought risk: bridging theory and practice. *Natural Hazards Review*, 5(2), 106-113.

- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2007). *Climatic Change, 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II. Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*. Geneva: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jacobi, P. R., Cibim, J. C., & Leão, R. S. (2015). Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. *Estudos Avançados, 84*, 27-42.
- Logar, I., & Van Den Bergh, J. C. J. M. (2013). Methods to assess costs of drought damages and policies for drought mitigation and adaptation: review and recommendations. *Water Resources Management, 27*(6), 1707-1720.
- Martins, E. S. P. R., Quintana, C. M., Dias, M. A. F. S., Silva, R. F. V., Biazeto, B., Forattini, G. D. M., & Martins, J. C. (2016). O caso técnico e institucional – Monitor de Secas do Nordeste como âncora e facilitador da colaboração. In De Nys et al. (Eds.), *Secas no Brasil: política e gestão proativas*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial.
- Nauditt, A., Ribbe, L., Metzke, D., Turner, J., Formiga-Johnsson, R. M., & Marques, A. L. P. (2019). A grande seca de 2014-2015 na bacia do rio Paraíba do Sul: compreendendo as características espaciais e temporais da seca e escassez hídrica. In Souza Filho et al. (Eds.), *ADAPTA: Gestão do risco climático de seca* (pp. 825-840). Fortaleza: Expressão Gráfica Editora.
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro - PERHI. (2014). *Relatórios gerencial e síntese*. Rio de Janeiro: Inea, Fundação Coppetec/UFRJ.
- Sayers, P. B., Yuanyuan, L., Moncrieff, C., Jianqiang, L., Tickner, D., Gang, L., & Speed, R. (2017). Strategic drought risk management: eight ‘golden rules’ to guide a sound approach. *International journal of river basin management, 15*(2), 239-255.
- Sayers, P., Speed, R., Tickner, D., Gang, L., Yu, W., Yuanyuan, L., & Aihua, L. (2016). *Drought risk management: a strategic approach*. Paris: UNESCO Publishing.
- Souza-Filho, F. A., Abicalil, M. T., Oliveira, P. P. F., & Braga, C. F. C. (2016). Gestão e abastecimento hídrico: planos de preparação para a seca. In E. De Nys, N. L. Engle & A. R. Magalhães (Eds.), *Secas no Brasil: política e gestão proativas*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial.
- Souza-Filho, F. A., Aquino, S. H. S., & Martins, E. S. P. R. (2014). *Documento sobre bases conceituais sobre mudanças climáticas, impactos e adaptação em recursos hídricos*. Relatório para o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima.
- Souza-Filho, F. A., Formiga-Johnsson, R. M., Studart, T. M. C., & Abicalil, M. T. (2018). From Drought to Water Security: Brazilian Experiences and Challenges. In World Water Forum. (Ed.). *Global Water Security* (pp. 233-265). Singapore: Springer.
- Tsakiris, G. (2017). Drought risk assessment and management. *Water Resources Management, 31*(10), 3083-3095.
- Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2015). As múltiplas dimensões da crise hídrica. *Revista USP, 106*, 21-30.
- Vasconcelos, N. A. (2019). *Impactos da crise hídrica 2014-2016 sobre os principais usuários do Sistema Hidráulico das Bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu* (Dissertação de mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Wilhite, D. A., Svoboda, M. D., & Hayes, M. J. (2007). Understanding the complex impacts of drought: a key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management, 21*(5), 763-774.

Contribuições dos autores

Nathalia de Almeida Vasconcelos

Contribuições do autor: Pesquisa realizada como parte da dissertação de mestrado do autor

Rosa Maria Formiga Johnsson

Contribuições do autor: Orientadora do mestrando; revisão do manuscrito, discussão dos dados coletados.

Natália Barbosa Ribeiro

Contribuições do autor: Coorientadora do mestrando; revisão do manuscrito, discussão dos dados coletados