



O INSTRUMENTO DE OUTORGA E OS LIMITES AMBIENTAIS:

Uma investigação sob a perspectiva da Economia Ecológica

Carlos Eduardo Dias de Freitas

Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade
Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo
carloseddiasfreitas@gmail.com

Paulo Antônio Almeida Sinisgalli

Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental
Instituto de Energia e Ambiente – Universidade de São Paulo
psinisgalli@usp.br

Paulo Santos de Almeida

Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade
Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo psalmeida@usp.br

Renata de Souza Leão

Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental
Instituto de Energia e Ambiente – Universidade de São Paulo
renatasouzaleao@yahoo.com.br

Alexandre Toshio Igari

Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade
Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo
alexandre.igari@usp.br

Resumo

A outorga de direito de uso de água é o principal instrumento utilizado no Brasil para efetuar a alocação deste recurso para múltiplos usos. Apesar de sua centralidade, a atual degradação dos recursos hídricos e o aumento da demanda têm desafiado a efetividade deste instrumento de governança. Nesta perspectiva, o presente artigo buscou avaliar se há aderência dos critérios de concessão de outorga de direito de uso nas Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), no estado de São Paulo – Brasil, aos limites ambientais previstos pela Economia Ecológica. Foi empregada análise documental a partir de dados referentes ao período de 2013 a 2017, obtidos na Agência das Bacias PCJ. Os dados sobre o uso de água nas Bacias PCJ foram comparados ao volume permitido pelas outorgas concedidas na época. Por sua vez, as outorgas foram comparadas aos parâmetros Q7,10 e 50% de Q7,10, que representavam limites legalmente estabelecidos para os volumes máximos outorgáveis nas bacias. Os resultados indicaram que os órgãos de gestão das Bacias PCJ concederam outorgas e permitiram uso além dos parâmetros máximos de extração, estabelecidos científica e legalmente no período, em importantes sub-bacias, especialmente Atibaia e Jaguari, que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo.

Palavras-chave: capacidade suporte, prioridades de uso, alocação da água, outorga de água, vazão de referência



Abstract

The permits of water use are the main instrument in Brazil to allocate this resource for multiple uses. Despite its centrality, the current degradation of water resources and the increase of demand have challenged the effectiveness of this governance instrument. In this perspective, this article sought to assess whether there is adherence between the criteria for granting the permits of use in the hydrographic basins of the Piracicaba, Capivari and Jundiá (PCJ) rivers, in the state of São Paulo - Brazil, and the environmental limits recommended by Ecological Economics. Documentary analysis was undertaken on data obtained at Agency of Basins PCJ for the period from 2013 to 2017. Data regarding water use in the PCJ Basins was compared to the volume allowed by the permits at the time. In turn, the permits were compared to the parameters Q7.10 and 50% of Q7.10, which represented legally established limits for the maximum permits in the basins. The results indicated that the management instances of the PCJ Basins granted permits beyond the maximum extraction parameters, established scientifically and legally in the period, in important sub-basins, especially Atibaia and Jaguari, which supply the Metropolitan Region of São Paulo.

Keywords: carrying capacity, use priorities, water allocation, water permit, reference flow

JEL Codes: D02, Q01, Q25, Q57, Q58



1. Introdução

A estruturação da gestão dos bens comuns tem sido fundamentada em torno de duas abordagens predominantes, a regulação por meio do Estado ou através da atribuição de direitos de propriedade para alocação através dos mercados. A regulação pelo Estado implica em estabelecimento de instituições (no sentido de leis, normas e regras) que designam as condicionantes de acesso, apropriação ou uso dos comuns. Ao Estado caberia então determinar os níveis adequados de consumo ou uso, assim como monitorar e controlar o acesso, a apropriação e o uso dos bens comuns (Oliveira, Pavanelli e Igari 2020). A clássica crítica em “The tragedy of the commons” (Hardin 1968) contesta a capacidade do Estado em realizar com efetividade a alocação dos bens comuns sob sua tutela, e argumenta que a atribuição de direitos de propriedade sobre os bens comuns aos agentes econômicos privados permitiria uma alocação economicamente ótima por meio dos mercados.

Os mercados seriam então os instrumentos capazes de alocar os bens aos usos e atividades econômicas que gerassem o maior ganho econômico à sociedade (Hardin 1968). Este argumento parte de uma lógica Coaseana (Coase 1960), em que os agentes econômicos dotados de informação completa a respeito dos bens sob sua propriedade seriam assim capazes de utilizá-los ou transacioná-los de forma que, ao final, gerassem os melhores resultados econômicos para a sociedade. No mesmo sentido, sob propriedade privada e em mercados ideais, os custos de monitoramento e controle sobre o acesso aos bens também seriam muito reduzidos em relação à gestão centralizada no Estado, em função da pretensa capacidade dos agentes privados em manter informação completa sobre os bens de sua propriedade (Oliveira, Pavanelli e Igari 2020).

Assim, a abordagem centrada na atribuição de direitos de propriedade, predominante na corrente da Economia Ambiental Neoclássica, baseia-se na ideia de que, a partir da definição de direitos de propriedade para os agentes econômicos, estes buscariam maximizar os benefícios individuais ao longo do tempo e fariam uma gestão racional dos recursos (Coase 1960). Esta abordagem entende que a dinâmica de mercado seria a melhor forma para alocar os recursos naturais entre seus usos alternativos (Hardin 1968). Entretanto, os direitos de propriedade não são facilmente atribuídos aos bens comuns, pois estes são originalmente não exclusivos (Oliveira, Pavanelli e Igari 2020). A garantia dos direitos de propriedade sobre os bens comuns envolve custos de contratação e monitoramento, que representam custos de transação adicionais para excluir outros usuários. Os custos de transação reduzem a eficiência dos mercados em promover a alocação economicamente ótima de recursos comuns (Garrick, Whitten e Coggan 2015). Assim, as abordagens centradas tanto no Estado quanto nos mercados demandam custos consideráveis de obtenção de informação, de monitoramento e de controle sobre os bens para poderem realizar a alocação dos bens comuns.

Contrastando com o objetivo de maximização do ganho econômico, característico das abordagens de mercado na Economia Ambiental Neoclássica, a Economia Ecológica preocupa-se prioritariamente com a limitação tanto da degradação ambiental quanto do uso do capital natural, observando como parâmetro a capacidade de suporte dos ecossistemas. Sob esta perspectiva, a identificação e reconhecimento dos limites ecológicos representam as balizas necessárias para a formulação de políticas públicas para gerir de modo sustentável os recursos naturais (Igari *et al.* 2020). A abordagem da economia ecológica



atua principalmente no nível macroestrutural, voltando-se à sustentabilidade de longo prazo e à complexidade das relações recíprocas entre meio ambiente, sociedade e economia (Venkatachalam 2007). O desafio da economia ecológica está na transposição de sua base epistemológica macroestrutural aos níveis mais imediatos de gestão (Spash 2012). Por outro lado, a abordagem da microeconomia ambiental neoclássica materializa seus preceitos diretamente em abordagens fundamentadas nos mercados e instrumentos microeconômicos de intervenção, colocando em segundo plano as questões macroestruturais, como a capacidade de suporte dos ecossistemas, a escala desejável da economia e os parâmetros sociais para apropriação dos recursos (Spash 2012).

A outorga de direito de uso de água foi o instrumento adotado pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433/1997 (Brasil 1997), para efetuar a alocação da água para os múltiplos usos no Brasil. É um instrumento de comando e controle, central na atual política de gestão dos recursos hídricos no país, sendo o primeiro instrumento aplicado ao longo da implantação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos (Lanna 1997). Apesar de sua centralidade, a atual degradação e o aumento da demanda de recursos hídricos pelas indústrias, agricultura e cidades têm colocado este instrumento sob questionamento, principalmente sobre suas limitações de efetividade, pois não incentivaria reduções de uso abaixo dos volumes outorgados a cada ator social.

As limitações da outorga como instrumento de alocação de recursos hídricos tornaram-se ainda mais visíveis quando a região mais populosa do país, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), foi tomada entre 2013 e 2015 por uma crise hídrica de grandes proporções devido a um período prolongado de

estiagem (Empinotti, Budds e Aversa 2019). Em meio à falha generalizada no modelo de governança hídrica (Empinotti, Budds e Aversa 2019; Lemos *et al.* 2020), o modelo de planejamento de demanda, que tem na outorga de direito de uso o seu principal instrumento de controle, mostrou-se falho ao não prevenir o surgimento da crise e também foi ineficaz na sua resolução.

As Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) foram muito afetadas pela crise, e sua participação no fornecimento de água para a RMSP, através de exportações ao Sistema Cantareira, tem acarretado impactos negativos sobre sua disponibilidade hídrica (Frederice e Brandão 2016). Mas mesmo com tais efeitos, os órgãos gestores mantiveram o Sistema Cantareira dependente das Bacias PCJ, sem promover substancialmente formas alternativas de abastecimento, de redução de consumo, novas tecnologias voltadas ao aumento de eficiência na captação e nem a ampliação no tratamento de esgotamento sanitário. A crise hídrica, que teve seus momentos mais severos em 2014, alertou sobre a insuficiência na atuação dos órgãos gestores de recursos hídricos na RMSP, e a forma inapropriada como estes têm estabelecido, aplicado e cumprido os parâmetros instituídos pelas normas legais que regem a gestão das águas.

Neste sentido, a escolha feita pelo estado de São Paulo por utilizar um parâmetro ecológico (Q7,10), estabelecido pela Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994), para a determinação de vazão outorgável, poderia contribuir para que a gestão dos recursos hídricos conseguisse compatibilizar as demandas dos usuários e a capacidade de recomposição dos recursos hídricos. A vazão estabelecida pelo Q7,10 corresponde ao período de 7 dias consecutivos com a menor vazão média no ano considerando um período



de retorno de 10 anos (Benetti, Lanna e Cobalchini 2003). Para Lant (2004) métodos como o Q7,10 buscam garantir que o corpo hídrico se mantenha dentro de sua capacidade suporte, como preconizado pelos princípios ecossistêmicos da economia ecológica, indo além das estratégias de gestão fundamentadas no incremento marginal da ecoeficiência no uso dos recursos e na visão utilitarista de substituição do capital natural pelo construído (Igari *et al.* 2020).

A Lei do estado de São Paulo nº 9.034/1994 (São Paulo 1994) dispunha sobre as normas de orientação para a Política Estadual de Recursos Hídricos, a Lei Estadual nº 7.663/1991 (São Paulo 1991), entre elas a prescrição do Q7,10 como parâmetro máximo para estabelecimento das vazões de referência para outorga. A Lei Estadual nº 9.034/1994 permaneceu em vigor por mais de vinte anos, até ser revogada pela Lei Estadual nº 16.337/2016 (São Paulo 2016), que passou a atribuir a prerrogativa de determinação das vazões de referência aos Planos de Bacias Hidrográficas, os quais poderiam utilizar parâmetros menos restritivos que o Q7,10.

Neste sentido, o presente artigo buscou analisar se o uso e a outorga de recursos hídricos nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, durante os últimos anos de vigência da Lei Estadual nº 9.034/1994, obedeciam ao parâmetro Q7,10 em cada uma de suas sub-bacias. O horizonte temporal do estudo, de 2013 a 2017, também cobre o período em que a RMSP passou pela grave crise de abastecimento hídrico, o que sugere que a gestão de recursos hídricos estaria em desacordo com as premissas da Economia Ecológica para manutenção da capacidade de suporte nas Bacias PCJ.

2. Referencial Teórico

Esta seção parte dos elementos teóricos preliminarmente apresentados na introdução do artigo e detalha algumas das reflexões mais relevantes para a compreensão e discussão dos resultados, sendo dividida em quatro subseções: (2.1) Economia Ecológica; (2.2) Outorga de direito de uso de recursos hídricos; (2.3) Vazão e vazão ecológica; (2.4) Limitações da vazão ecológica; e (2.5) Determinação da vazão outorgável.

2.1. Economia Ecológica

Um dos princípios fundantes da Economia Ecológica é o entendimento que os ecossistemas colocam limites à expansão dos sistemas socioeconômicos em relação aos fluxos de recursos, energia e rejeitos. Estes fluxos entre ecossistemas e sistemas socioeconômicos deveriam ter como parâmetro máximo a capacidade de resiliência dos sistemas naturais. Assim, o dilema macroeconômico fundamental da Economia Ecológica é compatibilizar as escalas e limites entre o capital natural e o capital humanamente produzido, entendendo que são complementares para o bem-estar da sociedade (Costanza *et al.* 1997, Daly e Farley 2004). A alocação justa dos capitais na sociedade representa outro dilema civilizatório não menos desafiador. Uma vez que há limites ambientais máximos, dados pela resiliência dos ecossistemas, a alocação de energia, de recursos ou rejeitos representaria um jogo de soma zero, onde a alocação ou realocação na sociedade teria sempre um caráter redistributivo e, com isso, representariam substanciais vetores para o acirramento de disputas e conflitos (Igari 2021).



A Economía Ambiental Neoclásica propõe que os dilemas alocativos sejam resolvidos predominantemente por meio da abordagem microeconômica dos mercados, que ofereceriam uma pretensa impessoalidade e neutralidade moral na alocação de bens para fins alternativos, balizados pelo objetivo (indiscutível sob esta perspectiva ontológica) de maximização dos benefícios econômicos associados aos bens transacionados. Este modelo de maximização da ecoeficiência da economia por meio da alocação ótima pelos mercados representa a instituição (norma ou regra) dominante para a resolução não conflituosa de disputas alocativas (Igari 2021). A aparente neutralidade e objetividade alocativa dos mercados representa, entretanto, uma escolha deliberada, muito favorável aos beneficiários pela alocação pautada exclusivamente por parâmetros econômicos (Igari *et al.* 2020, Venkatachalam 2007).

A Economía Ecológica, por sua vez, não prescinde da abordagem fundamentada em mercados, mas restringe seu âmbito de atuação aos parâmetros ecossistêmicos e sociais. Os parâmetros ecossistêmicos definem os limites máximos de recursos, energia e rejeitos a serem alocados pelos critérios econômicos dos mercados, enquanto os parâmetros sociais definem os limites mínimos de justiça alocativa a serem contemplados (Igari *et al.* 2020, Venkatachalam 2007). Entretanto, a ampla abrangência espacial, longo horizonte temporal, a alta complexidade das interações e a pluralidade dos interesses que envolvem as relações entre ecossistemas e sistemas socioeconômicos contribuem para que a Economía Ecológica tenha no Estado o elemento fundamental para a ação sobre os dilemas civilizatórios que se propõe a investigar e enfrentar.

Esta ênfase na macroperspectiva de gestão representa um desafio substantivo para a

incorporação da abordagem da Economía Ecológica em experiências concretas de governança, pois envolve recorrentemente mudanças disruptivas de escopo bastante amplo na sociedade, como a restrição ao crescimento econômico, a economia em estado estacionário e a redistribuição justa dos benefícios e ônus socioambientais (Igari 2021), o que contrasta profundamente com o incrementalismo microeconômico das abordagens marginalistas da Economía Ambiental Neoclásica, como o aumento da ecoeficiência dos processos produtivos e os pagamentos por serviços ambientais (Spash 2012).

Outro desafio para a Economía Ecológica é a transposição das escalas de diagnóstico e de governança ambiental. A ciência ambiental tem historicamente avançado na identificação dos limites seguros e limiares de resiliência ambiental às perturbações humanas em escala global, como nos estudos conduzidos no relatório “Limits to Growth” (Meadows, Randers e Meadows 1972), na Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA 2005), nos relatórios sobre mudanças climáticas do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - www.ipcc.ch) e nas sínteses lideradas por Johan Rockström “A safe operating space for humanity” (Rockström *et al.* 2009) e Will Steffen “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet” (Steffen *et al.* 2015). Os avanços no diagnóstico e monitoramento dos limites ecossistêmicos globais contribuem para a estruturação de uma ainda insuficiente governança ambiental internacional representada, por exemplo, pelo Acordo de Paris de 2015, para o controle de emissões de gases de efeito estufa, e pelo Protocolo de Montreal de 1985, para a proteção da camada de ozônio. Em ambos exemplos as ciências naturais contribuíram substancialmente para a compreensão destes



fenômenos complexos e difusos em escala global, assim como para identificação de suas causas e consequências em escala local e regional.

Por outro lado, a governança sobre os recursos hídricos é delimitada por aspectos biofísicos (e.g. geomorfologia, clima, cobertura das terras) muito mais concretos e visíveis que os fenômenos atmosféricos. Estes aspectos biofísicos determinam a capacidade de recomposição dos aquíferos e apresentam padrões espacialmente repetitivos e naturalmente agregáveis ao longo das escalas local, regional e nacional dos territórios. Assim as bacias hidrográficas permitem que os limites ecossistêmicos sejam definidos para as escalas de governança mais amplas ou mais locais observando predominantemente aspectos biofísicos como parâmetros. Por outro lado, a mobilidade e direcionalidade do fluxo dos recursos hídricos ao longo das bacias exige uma governança interdependente e integrada entre os territórios atravessados pelos corpos hídricos e entre os níveis de governança associados. De todo modo, a disponibilidade, vulnerabilidade e capacidade de resiliência dos recursos hídricos pode ser estimada de forma razoavelmente simples por modelos hidrológicos em cada nível das bacias hidrográficas, com reduzido grau de incerteza e apreciável objetividade, comparativamente a outras questões ambientais relevantes, como as mudanças climáticas e a poluição atmosférica.

Desta forma, com baixa incerteza em relação à capacidade de suporte dos recursos hídricos em cada escala de análise, instrumentos bastante simples como concessão de outorga de uso pelo Estado teriam considerável possibilidade de sucesso na conservação hídrica em longo prazo e também seriam promissores para a implementação de critérios socialmente justos para alocação dos recursos.

Entretanto, a institucionalização de limites socioecológicos à economia encontra resistência em atores sociais dotados de poder econômico, político e simbólico (Pavanelli e Igari 2019), colocando desafios à Economia Ecológica que transcendem a complexidade biofísica e hidrológica. A governança ambiental representa então um campo de disputa tanto para a concretização dos avanços teóricos da Economia Ecológica quanto para o estabelecimento de limites mínimos para a conservação do capital natural e para a promoção da justiça social.

2.2. Outorga de direito de uso de recursos hídricos

A descentralização da governança hídrica por bacias hidrográficas, a partir da formalização de arenas sociais em comitês de bacia deliberativos (Porto e Kelmann 2000), caracteriza emergência e consolidação de instituições que balizam a apropriação e as relações entre os atores sociais que disputam os recursos hídricos. Os resultados do processo de concessão de outorga de uso pelos comitês de bacia refletem então o balanço de forças entre os grupos sociais e instâncias do Estado que compõem os comitês. Tendo em vista que a concessão de outorgas de uso deveria ser limitada pela capacidade de recomposição dos aquíferos, a alocação é o resultado de um jogo de soma zero, implicando em dilemas distributivos e redistributivos nas bacias hidrográficas.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o instrumento estabelecido no artigo 5º da Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433/1997, cuja finalidade é alocar os recursos hídricos de acordo com os múltiplos usos requeridos. De acordo com Granziera (2010), a outorga é o instrumento pelo qual o poder público atribui ao interessado,



público ou privado, o direito de utilizar privativamente os recursos hídricos, tratando-se, portanto, de uma espécie de concessão/permissão da sociedade para uso de um bem comum.

Segundo Machado (2013), a outorga é um instrumento de comando e controle pelo qual o Poder Público, dentro de suas atribuições, por meio da administração pública, utiliza o seu papel de polícia (fiscalização, controle e correção) para garantir que o acesso à água seja preservado em quantidade e qualidade para a população, como estabelecido na legislação.

De acordo com o artigo 11º da Lei Federal nº 9.433/1997, “a outorga de direito de uso tem por objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos de água e o efetivo exercício do direito ao acesso à água”. Segundo Lanna (1997), a outorga é o primeiro instrumento aplicado ao longo da implantação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, e o seu intuito é alocar a água disponível para as suas respectivas demandas, tanto existentes quanto potenciais, de forma que a sociedade seja a principal beneficiada.

Neste intuito, a Lei Federal nº 9.433/1997, em seu artigo 7º estabelece que a outorga de direito de uso respeitará as prioridades de uso especificadas no Plano de Recursos Hídricos, buscando assim garantir a contínua disponibilidade de água em quantidade e qualidade necessárias para os múltiplos usos. Segundo Machado (2013), esta determinação estabelece tanto o compromisso dos governos em âmbito Estadual e Federal não concederem ou autorizarem os usos que prejudiquem a quantidade ou qualidade das águas, quanto, por outro lado, de promoverem equidade no acesso à água.

A outorga de direito de uso não cede a propriedade do recurso ao outorgado,

possuindo validade máxima de 35 anos, e pode ser posteriormente renovada, desde que exista disponibilidade hídrica. De acordo com Machado (2013) a avaliação da disponibilidade hídrica é o grande desafio para a emissão de outorga, isto em função da variabilidade da vazão fluvial. Por características naturais, a disponibilidade do recurso hídrico outorgável depende de variações no clima, como o aumento de períodos de estiagem, mudança no regime de chuvas e impactos da degradação dos ecossistemas em que bacias hidrográficas estão localizadas (Porto e Kelmann 2000).

De acordo com Machado (2013), devido à inconstância da disponibilidade hídrica, considera-se que o usuário solicitante da outorga não tem direito adquirido ao fornecimento pelo Poder Público da quantidade de água outorgada. O Estado, por sua parte, exerce o domínio público de tal recurso. Expressa-se, portanto, uma relação de poder exercido pelo Estado sobre bens de interesse social, que merecem proteção em benefício público (Cunha, Veiga e Kelmann 2004). Neste sentido, no intuito de zelar por um bem comum escasso, o Poder Público pode, então, cessar a outorga quando identificar prejuízo ao interesse público, seja por redução da disponibilidade, seja por descumprimento de critérios estabelecidos pelo outorgante. Entretanto, não é permitida a alteração arbitrária da outorga já concedida.

2.3 Vazão e vazão ecológica

A demanda pelo uso da água vem aumentando ao longo dos anos em decorrência do crescimento populacional, expansão das atividades econômicas e aumento das perdas de distribuição. Como consequência desta pressão sobre os recursos hídricos, potenciais conflitos podem emergir, tornando as necessidades dos ecossistemas aquáticos e as



demandas para o atendimento humano, dilemas de escolha de difícil conciliação (Pinto, Ribeiro e Silva 2016).

A partir deste contexto, surge a necessidade do Poder Público estabelecer parâmetros hidrológicos para fundamentar o equacionamento de tais demandas. O parâmetro mais fundamental é a medição da vazão. De acordo com Pruski *et al.* (2014), a vazão é o fluxo variável medido em um determinado corpo hídrico. A vazão outorgável, nesta perspectiva, refere-se à quantidade máxima passível de outorga em um corpo hídrico.

A vazão ecológica, por sua vez, é a vazão necessária para garantir a manutenção e conservação dos ecossistemas naturais após a realização dos múltiplos usos (Pinto, Ribeiro e Silva 2016). De acordo com Benetti, Lanna e Cobalchini (2003) os serviços oferecidos pela água dependem da manutenção de suas características hidrológicas, morfológicas e químicas em um nível adequado aos ecossistemas. Deste modo, o balanço entre a água demandada e manutenção dos ecossistemas naturais permite o uso continuado e sustentável da água. Quando este balanço é desfavorável aos ecossistemas, as funções ecossistêmicas hídricas degradam-se, acarretando graves prejuízos sociais.

De acordo com Benetti, Lanna e Cobalchini (2003), a vazão ecológica pode ser implementada considerando variados graus de proteção dos ecossistemas aquáticos. Dentre os métodos de determinação de vazão ecológica, os mais utilizados são os métodos hidrológicos, onde estão incluídos o Q7,10, a Curva de Permanência de Vazão, a Vazão mínima anual de 7 dias, o Método Tennant/Montana, o Método da Mediana das Vazões Mensais, entre outros (Longhi e Formiga 2011). De modo geral, os métodos de

apuração da vazão ecológica, baseiam-se em dados históricos de vazão mínima da bacia escolhida. Mas, nem todos se sustentam apenas nestes dados, existem outros métodos que verificam também a situação dos ecossistemas, como os métodos de habitats e o holístico (Longhi e Formiga 2011).

O método de habitats, além de determinar a vazão ecológica, busca mensurar os impactos negativos desta vazão sobre os habitats da bacia. Por sua vez, os métodos holísticos levam em consideração as necessidades dos ecossistemas para determinar a vazão ecológica, sendo considerados os métodos mais completos para sua determinação, pois reconhecem *a priori* a importância da vazão e a sua interação com os ecossistemas. Com isso, a vazão ecológica passaria a representar o resultado da avaliação de um conjunto mais amplo de informações ambientais (Arthington *et al.* 2006)

O nível de detalhamento destas informações subsidia a forma com a qual os gestores da bacia irão compatibilizar as necessidades humanas e dos ecossistemas, de modo a possibilitar a sustentabilidade na disponibilidade dos recursos hídricos (Longhi e Formiga 2011). Neste sentido, a questão central é se a vazão ecológica seria realmente suficiente para alcançar tal nível segurança socioecológica.

2.4. Limitações da vazão ecológica

A preocupação com a suficiência da vazão ecológica para a garantia da segurança hídrica não deve ser desprezada na gestão dos recursos hídricos. De acordo com Richter *et al.* (2003) a vazão é a “variável máster”, da qual dependem outras variáveis essenciais, tais como a conservação dos ecossistemas, a diversidade de espécies, o ciclo de nutrientes e



até o nível de poluição assimilável pelos corpos hídricos.

Segundo Dyson, Bergkamp e Scanlon (2003) a gestão da água deve observar a vazão como um elemento que ultrapassa o limite da bacia, interferindo até mesmo na viabilidade econômica das atividades humanas. Por conseguinte, a definição da vazão ecológica deve estar amparada por um conjunto de informações que possibilitem a compatibilização dos diferentes usos da água. De acordo com Souza *et al.* (2008) a definição de uma vazão mínima, como ocorre no caso da vazão ecológica, apesar de basear-se na premissa de manutenção das funções mínimas da bacia, pode não ser suficiente para dar conta dos danos aos ecossistemas da bacia decorrentes das variações de longo prazo da disponibilidade de água. Isto porque, após anos de pesquisas, é reconhecida a dependência que as bacias e seus ecossistemas possuem do regime hidrológico. O regime hidrológico determina a magnitude das mínimas e máximas nas vazões históricas, tempo de duração dos períodos de estiagem e de cheias e época de ocorrência de tais períodos.

O regime hidrológico é, portanto, fundamental para a manutenção das bacias hidrográficas e de seus ecossistemas em longo prazo. Períodos de cheias e de estiagem podem gerar modificações físicas (e.g. modificação da calha do rio, criação de bancos de areia), biológicas (e.g. alteração na fauna e flora) e químicas (e.g. mudança nos ciclos de nutrientes) das bacias (Souza *et al.* 2008). Mesmo reconhecendo o grau de influência que o regime hidrológico tem sobre a quantidade e qualidade de água, a maioria dos métodos de determinação da vazão ambiental não considera estes fatores com tempos de retorno mais longos.

A definição da vazão ecológica definida exclusivamente por meio de estudos hidrológicos visa então garantir uma vazão mínima, valendo-se de dados estatísticos em um dado período, que servem de referência para determinar o volume de água que deve ser mantido a jusante após um barramento ou retirada de água (Souza *et al.* 2008). Portanto, aspectos essenciais como as necessidades dos ecossistemas e demandas humanas, podem não ser levados adequadamente em consideração na determinação hidrológica da vazão ecológica.

Como Richter *et al.* (2003) afirma, há um limite para a extração da água, este limite é dado pelos requisitos dos ecossistemas, assim, torna-se necessário considerar estes limites para alterar o fluxo natural da bacia. Neste sentido, Arthington *et al.* (2006) afirmam que é imperativo adotar métodos mais holísticos, que reconheçam as especificidades da bacia e as necessidades ecossistêmicas para garantir a conservação da água em quantidade e qualidade adequadas na bacia (Arthington *et al.* 2006). Richter *et al.* (2003) sugerem seis passos para definição da vazão que supere que incorpore estes parâmetros, que constituem o que os autores definem como Manejo Ecologicamente Sustentável da Água - MESA. Os passos são: 1) estimar a vazão requerida para os ecossistemas da bacia, 2) determinar influência humana, 3) identificar as áreas de potencial incompatibilidade, 4) estruturar o diálogo colaborativo para encontrar soluções, 5) conduzir experimentos de gestão para encontrar solução para as incertezas e, 6) projetar e implementar planos de gestão adaptativa.

De acordo com Collischonn *et al.* (2005), o MESA, seria adequado para a superação das limitações do método de determinação da vazão ecológica, ao mesmo tempo que daria conta de atender os múltiplos usos humanos



requeridos e conservar os ecossistemas da bacia.

2.5. Determinação de vazão outorgável

O parâmetro hidrológico Q7,10 e o método de Curva de Permanência são as duas abordagens de vazão ecológica mais utilizadas no Brasil como critério para emissão de outorga de direito de uso. Eles fundamentam as decisões administrativas que determinam a vazão de referência para a concessão de outorga de direito de uso na bacia, observando as condições hidrológicas para as captações e lançamentos (Granziera, 2013).

A determinação do parâmetro Q7,10 parte da vazão obtida com a contabilização das médias móveis das vazões diárias durante 7 dias consecutivos em um dado ano. É então selecionado o período de 7 dias consecutivos com a menor vazão média no ano. O processo é repetido para cada ano hidrológico da série histórica. Posteriormente, as médias móveis históricas são hierarquizadas em ordem crescente de magnitude, para serem estimadas suas probabilidades cumulativas de ocorrência e seu período de retorno. A partir destes dados é possível determinar a vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos, que constitui o parâmetro Q7,10 (Benetti, Lanna e Cobalchini 2003).

Segundo Mendes (2007) a principal crítica a este método de determinação de vazão é a limitação excessiva do uso dos recursos hídricos, isto em função de sua análise refletir uma situação de severa escassez restrita aos 7 dias mais críticos dentro de um período de retorno de 10 anos. Outro aspecto a ser considerado, é o fato de que o Q7,10 não leva explicitamente em consideração os aspectos ecossistêmicos das necessidades dos organismos aquáticos, assim como também são desconsiderados os

aspectos socioeconômicos das bacias hidrográficas.

No estado de São Paulo o parâmetro Q7,10 foi estabelecido pela Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994) que dispunha sobre as normas de orientação para a Política Estadual de Recursos Hídricos, a Lei Estadual nº 7.663/1991 (São Paulo 1991). No seu artigo 13º, a Lei Estadual nº 9.034/1994 estabelece o parâmetro Q7,10 para determinação de vazão outorgável. Além disso, a Lei estabelecia em seu artigo 14º que quando a vazão de uma determinada bacia hidrográfica ultrapassasse 50% da vazão Q7,10, haveria gerenciamento especial, com a constituição de comissões de usuários, supervisionadas pelos órgãos estaduais de gestão de recursos hídricos, visando ações de racionalização de uso e estabelecimento de regras pactuadas para captação de água e lançamento de efluentes. Este regramento permaneceu vigente até 2016, quando a Lei nº 9.034/1994 foi revogada pela Lei Estadual nº 16.337/2016 (São Paulo 2016), que atribuiu a prerrogativa de determinação das vazões de referência aos Planos de Bacias Hidrográficas, que poderiam utilizar parâmetros menos restritivos que o Q7,10. Desta forma, o horizonte temporal do presente estudo (2013 a 2017) reúne dados dos últimos anos de vigência do Q7,10 como parâmetro para estabelecimento da vazão outorgável nas Bacias do PCJ.

3. Procedimentos Metodológicos

3.1. Caracterização da área de estudo: Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

As bacias PCJ abrangem uma área de 15.377,82 Km², sendo 92,45% localizados no estado de São Paulo e 7,55% no estado de Minas Gerais. No estado de São Paulo as



bacias PCJ estendem-se por uma área de 14.216 km², da qual 11.492 km² correspondem à bacia do rio Piracicaba, 1.569 km² à bacia do rio Capivari e 1.155 km² à bacia do rio Jundiá (São Paulo 2018). As bacias abrangem um total de 76 municípios (Figura 1), sendo 71 localizados no estado de São Paulo e 5 no estado de Minas Gerais. A dominialidade das águas das bacias é, entretanto, compartilhada

entre três entes, os estados de São Paulo, Minas Gerais e a União Federal, isto em função de afluentes das bacias que encontram-se em área de divisa dos estados de SP e MG (São Paulo 2018). As Bacias PCJ estão divididas em 7 (sete) unidades, que são as sub-bacias do Atibaia, Camanducaia, Corumbataí, Jaguari, Piracicaba, Capivari e Jundiá.

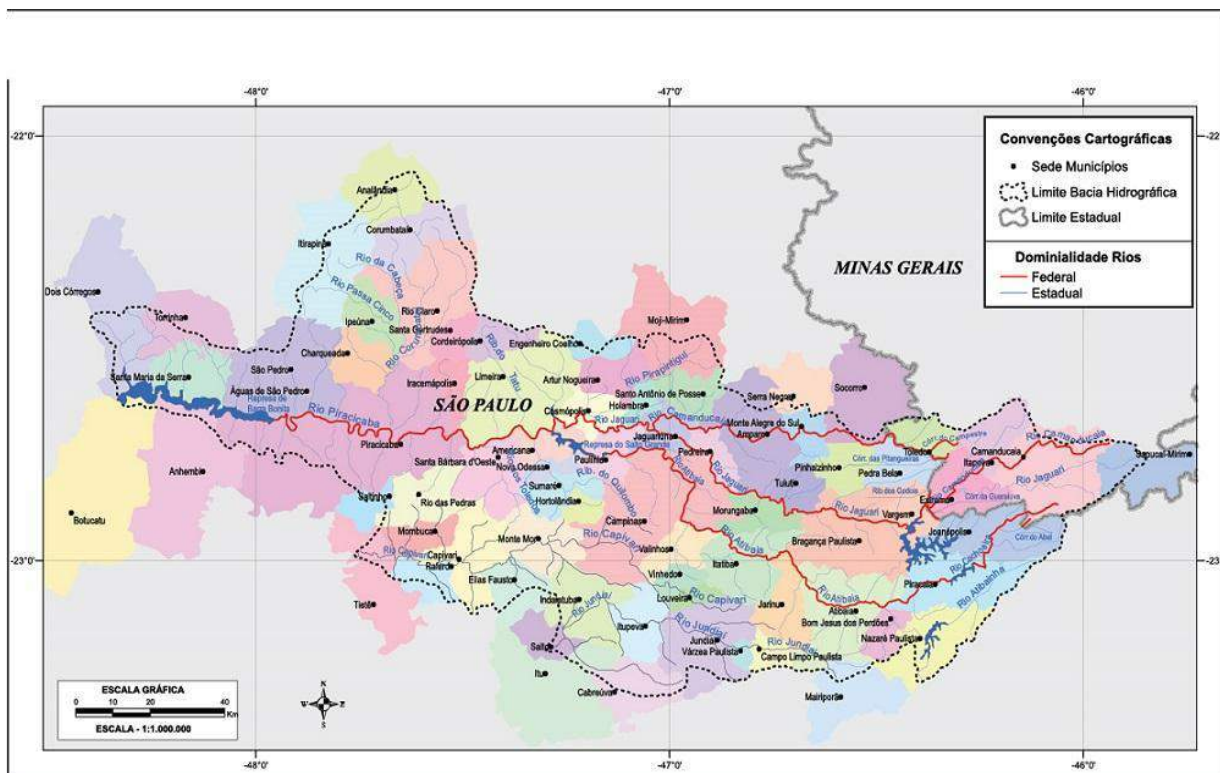


Figura 1: Mapa das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

Fonte: São Paulo (2016).

As Bacias PCJ estão classificadas como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 5 (UGRHI – 5) do estado de São Paulo. Esta classificação foi instituída a partir da Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994). A parte das Bacias PCJ localizada no estado de Minas Gerais é classificada pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) como

Unidade de Planejamento e Gestão Recursos Hídricos PJ1 (UPGRH PJ1).

A região na qual as Bacias PCJ estão localizadas é uma das mais desenvolvidas do país, abrigando importantes pólos industriais. Em 2019 o conjunto dos municípios totalizava 5.585.706 habitantes, sendo 96,8% vivendo em áreas urbanas e 3,2% em áreas rurais (São



Paulo 2019). O mais populoso dos municípios localizados nas bacias PCJ é Campinas, com 1.158.944 habitantes, que corresponde a 20,7% do total dos habitantes das bacias PCJ. Por outro lado, o município de Águas de São Pedro é o município menos populoso, com 3.043 habitantes, o que corresponde a 0,05% do total (São Paulo 2019).

Dos 76 municípios das bacias do PCJ, 52 possuem toda ou praticamente toda (99%) a sua população dentro do limite das bacias. A maior bacia, em termos populacionais, é a do rio Piracicaba, com 3,4 milhões de habitantes, cerca de 67% do total das bacias, sendo 3,25 milhões residentes em áreas urbanas, e aproximadamente 164 mil habitantes em áreas rurais. A bacia Jundiaí responde por 16,6% da população estimada das bacias PCJ e a bacia Capivari por 16,5%.

3.2. Coleta de dados

Todos os dados que fundamentaram o presente estudo foram obtidos no endereço eletrônico da Agência das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, (<http://www.agencia.baciaspcj.org.br>). Este órgão tem entre suas atribuições a coleta e o tratamento de informações hidrológicas para posterior controle e fiscalização, assim como elaboração dos Planos de Bacias e Relatórios de Situação das Bacias PCJ. Este estudo utilizou apenas dados da área das Bacias PCJ de domínio do estado de São Paulo, isto em função da maior disponibilidade dos dados, e pelo próprio escopo da pesquisa neste estado, de forma a controlar possíveis vieses decorrentes da incorporação de municípios de Minas Gerais, sujeitos a marcos legais distintos dos paulistas.

Assim, foram coletados dados do relatório síntese intitulado “Integrado”, disponível na

página da agência PCJ (São Paulo 2018). O relatório traz o conjunto de dados das Unidades de Gestão de Recursos Hídricos – UGRHI e municípios do estado de São Paulo. Os dados do relatório, referentes ao período entre 2012 a 2017, abrangem os critérios socioeconômicos de cada UGRHI, de municípios, assim como de saneamento, com dados referentes ao controle de qualidade das águas, cargas de matéria orgânica, controle de resíduos sólidos e de vazões de demanda para concessão de outorgas. É importante ressaltar que os dados de vazão e outorgas são provenientes do Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE e Agência PCJ (São Paulo 2018, 2019). Para a análise foram selecionados apenas os dados referentes à UGRHI - 5 (Bacias PCJ), dos anos de 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017.

A partir do relatório Integrado (São Paulo 2018) foram selecionados os seguintes dados referentes aos anos de 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017: (a) Q7,10 – vazão de referência - de acordo com a Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994); (b) Vazão outorgada, esta vazão corresponde à vazão demandada, ou seja, aquela que é solicitada via outorga, mas que não necessariamente é utilizada em sua totalidade, correspondendo à soma da Vazão outorgada superficial e da Vazão outorgada subterrânea; (c) Vazão consumida, a parcela da vazão outorgada que é efetivamente consumida.

Os dados utilizados nesta pesquisa encontravam-se disponíveis no endereço eletrônico da Agência PCJ, até meados de 2020. No entanto, após reformulação do endereço eletrônico da Agência PCJ, as planilhas com os dados de vazão não estão mais disponíveis para acesso público.



3.3. Análise dos dados

Para identificar a vazão consumida total foi realizada a soma das vazões consumidas em abastecimento urbano, uso industrial, uso rural e outros usos nos municípios de cada sub-bacia. Para totalizar os valores de vazão outorgada, foram somadas as vazões de outorga dos municípios que compõem cada sub-bacia.

O segundo passo da análise dos dados, foi comparar a situação entre a vazão outorgada e o que foi efetivamente consumido. Foi estimado o percentual que a vazão consumida corresponde da vazão outorgada total. O objetivo desta etapa é avaliar se a vazão consumida total respeita o limite da vazão concedida para outorga.

A terceira etapa de análise de dados consistiu em avaliar se a vazão outorgada total de cada sub-bacia, estava de acordo com a vazão de referência, neste caso a Q7,10, de acordo com a Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994). A quarta e última etapa foi analisar se a vazão outorgada em cada sub-bacia, estava de acordo com a vazão de referência estabelecida pela Lei Estadual nº 9.034/1994 como limite máximo para operação fora do regime de gerenciamento especial, que representa 50% da Q7,10.

4. Resultados

No nível das sub-bacias que compõem as Bacias PCJ, foi possível verificar que duas sub-bacias, a Atibaia e Jaguari, são as que apresentam as maiores vazões consumidas e outorgadas (Tabela 1). Estas duas sub-bacias são as que mais contribuem para que as Bacias PCJ, como um todo, operem fora dos padrões de vazão de referência estabelecidas na Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994), a Q7,10 e 50% da Q7,10. Isto, em grande medida deve-se à exportação de água para o Sistema Cantareira.

A comparação entre vazão outorgada e vazão consumida mostra que em quatro dos cinco anos (2013, 2015, 2016 e 2017) estudados, a vazão outorgada foi equivalente à vazão consumida (Tabela 1), o que mostra que a vazão outorgada de cada sub-bacia vem sendo utilizada em sua totalidade ao longo dos anos, não havendo discrepância relevante entre os direitos de uso concedidos pelo órgão outorgante e o que foi utilizado pelos consumidores. No ano de 2014 as vazões outorgadas para todas as sub-bacias registraram vazões levemente acima do consumido, sendo a sub-bacia Camanducaia a que apresentou maior diferença em relação às demais, com vazão outorgada cerca de 5% superior a vazão consumida. Assim, somente em 2014 houve uma pequena proporção da vazão outorgada que não foi consumida (Tabela 1).

**Tabela 1: Proporção de vazão outorgada sobre vazão consumida nas sub-bacias que compõem as Bacias PCJ**

Sub-bacia	2013			2014			2015			2016			2017		
	A Vazão Out. (m³/s)	B Vazão Cons. (m³/s)	A/B	A Vazão Out. (m³/s)	B Vazão Cons. (m³/s)	A/B	A Vazão Out. (m³/s)	B Vazão Cons. (m³/s)	A/B	A Vazão Out. (m³/s)	B Vazão Cons. (m³/s)	A/B	A Vazão Out. (m³/s)	B Vazão Cons. (m³/s)	A/B
Atibaia	40,36	40,36	1	40,42	39,97	1,01	41,98	41,98	1	41,29	41,29	1	40,3	40,3	1
Camanducaia	0,96	0,96	1	0,79	0,75	1,05	0,86	0,86	1	0,87	0,87	1	1,02	1,02	1
Capivari	1,48	1,48	1	1,52	1,46	1,04	1,69	1,69	1	1,7	1,7	1	2,06	2,06	1
Corumbatai	5,17	5,18	1	5,16	5,13	1,01	5,3	5,3	1	5,7	5,7	1	6,02	6,02	1
Jaguari	13,58	13,58	1	13,78	13,5	1,02	14,08	14,08	1	14,04	14,04	1	14,54	14,54	1
Jundiá	4,29	4,29	1	4,63	4,45	1,04	4,67	4,67	1	4,66	4,66	1	4,99	4,99	1
Piracicaba	4,59	4,59	1	4,63	4,55	1,02	4,39	4,39	1	4,58	4,58	1	5,03	5,03	1

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de relatório de situação da Agência das Bacias Piracicaba Capivari e Jundiá

*Percentuais acima de 100% estão destacados em cinza

Ainda que tenhamos verificado que a vazão consumida esteja compatível com a vazão outorgada, a situação das sub-bacias não é tão confortável quando analisamos a vazão outorgada frente à vazão de referência Q7,10, em especial para as sub-bacias Atibaia e Jaguari (Tabela 2).

As sub-bacias Atibaia e Jaguari apresentaram vazão outorgada superior à vazão de referência Q7,10 em todos os anos analisados (Figuras 2a, 2.b, 2.c, 2.d ,2 e). A sub-bacia Atibaia, durante todo o período analisado, foi a que

apresentou a maior diferença de vazão outorgada sobre a vazão de referência. Nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 a sub-bacia Atibaia apresentou uma vazão outorgada de quase quatro vezes (Tabela 2) a vazão de referência Q7,10. No ano de 2017 a vazão outorgada foi de 43,30 m³/s, enquanto a vazão de referência na sub-bacia era de 10,52 m³/s (Tabela 2), e neste mesmo ano a vazão outorgada da sub-bacia Atibaia representou 56,26% de toda a vazão outorgada das Bacias PCJ.

**Tabela 2: Proporção da vazão outorgada sobre a vazão de referência Q7,10, nas sub-bacias que compõem as Bacias PCJ**

Sub-bacia	A - Vazão de Ref. Q7,10	2013		2014		2015		2016		2017	
		B - Vazão Out. (m³/s)	B/A	B - Vazão Out. (m³/s)	B/A	B - Vazão Out. (m³/s)	B/A	B - Vazão Out. (m³/s)	B/A	B - Vazão Out. (m³/s)	B/A
Atibaia	10,52	40,37	3,84	40,42	3,84	41,98	3,99	41,29	3,92	43,30	4,12
Camanducaia	2,65	0,96	0,36	0,79	0,30	0,86	0,33	0,87	0,33	1,02	0,39
Capivari	3,18	1,17	0,37	1,52	0,48	1,69	0,53	1,69	0,53	2,06	0,65
Corumbataí	10,4	5,06	0,49	5,17	0,50	5,30	0,51	5,7	0,55	6,02	0,58
Jaguari	7,07	13,58	1,92	13,78	1,95	11,11	1,57	14,02	1,98	14,54	2,06
Jundiá	5,16	4,29	0,83	4,63	0,90	4,67	0,90	4,66	0,90	4,99	0,97
Piracicaba	6,04	4,59	0,76	4,63	0,77	4,39	0,73	4,58	0,76	5,03	0,83
Total PCJ	45,02	70,02	1,56	70,94	1,58	69,99	1,55	72,81	1,62	76,96	1,71

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de relatório de situação da Agência das Bacias Piracicaba Capivari e Jundiá

*Percentuais acima de 100% estão destacados em cinza

Analogamente, a sub-bacia Jaguari representou a segunda maior vazão outorgada entre as sub-bacias que compõem o PCJ (Tabela 2). A média de vazão outorgada da sub-bacia em todo período analisado foi de 14 m³/s, cerca de três vezes menos que a sub-bacia Atibaia. A maior vazão outorgada na sub-bacia Jaguari foi registrada no ano de 2017, no qual a vazão chegou a 14,54 m³/s, frente a uma vazão de referência Q7,10 de 7,07 m³/s, ou seja, outorgou-se mais que o dobro da vazão de referência (Tabela 2). Por outro lado, a sub-bacia que apresentou a menor vazão outorgada frente à vazão de referência foi a sub-bacia Camanducaia, na qual em todos os anos analisados a vazão outorgada não superou os 50% da vazão de referência. As vazões outorgadas das demais sub-bacias mantiveram-se dentro da vazão de referência Q7,10.

Quando se avalia a vazão outorgada frente à vazão de referência de 50% da Q7,10, verifica-se que o número de sub-bacias que operam acima do padrão aumenta consideravelmente (Tabela 3). Nos anos de 2013 e 2014 as sub-bacias Camanducaia, Capivari e Corumbataí apresentaram vazão outorgada dentro da vazão de referência. Nos demais anos (2015, 2016 e 2017), somente a sub-bacia Camanducaia permaneceu dentro do limite, sendo que as demais aumentaram a vazão além de 50% da Q7,10, o que demandaria medidas de gerenciamento especial. O destaque de uso acima do permitido fica com a sub-bacia Atibaia, sendo que nos cinco anos analisados a sub-bacia apresentou vazão outorgada quase oito vezes superior à vazão de referência. No ano de 2017 a vazão outorgada desta sub-bacia foi de 43,30 m³/s, enquanto a vazão de referência (50% da Q7,10) foi de 5,26 m³/s (Tabela 3).

**Tabela 3: Proporção da vazão outorgada em relação a vazão de referência de 50% da Q7,10 estabelecida pela PERH.**

Sub-bacia	A - Vazão de Ref. 50% do Q7,10	2013		2014		2015		2016		2017	
		B - Vazão Out. (m ³ /s)	B/A	B - Vazão Out. (m ³ /s)	B/A	B - Vazão Out. (m ³ /s)	B/A	B - Vazão Out. (m ³ /s)	B/A	B - Vazão Out. (m ³ /s)	B/A
Atibaia	5,26	40,37	7,67	40,42	7,68	41,98	7,98	41,29	7,85	43,30	8,23
Camanducaia	1,32	0,96	0,73	0,79	0,60	0,86	0,65	0,87	0,66	1,02	0,77
Capivari	1,59	1,17	0,73	1,52	0,96	1,69	1,06	1,69	1,06	2,06	1,30
Corumbatai	5,2	5,06	0,97	5,17	0,99	5,30	1,02	5,7	1,10	6,02	1,16
Jaguari	3,53	13,58	3,85	13,78	3,90	11,11	3,15	14,02	3,97	14,54	4,12
Jundiá	2,58	4,29	1,66	4,63	1,79	4,67	1,81	4,66	1,81	4,99	1,93
Piracicaba	3,02	4,59	1,52	4,63	1,53	4,39	1,45	4,58	1,52	5,03	1,66
Total PCJ	22,5	70,02	3,11	70,94	3,15	69,99	3,11	72,81	3,24	76,96	3,42

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de relatório de situação da Agência das Bacias Piracicaba Capivari e Jundiá

*Porcentuais acima de 100% estão destacados em cinza

A segunda maior proporção entre as vazões outorgada e de referência (50% da Q7,10) é observada na sub-bacia Jaguari. A vazão outorgada desta sub-bacia, em média, superou em quase quatro vezes a vazão de referência. No ano de 2017 foi registrada a maior vazão na sub-bacia Jaguari (14,24 m³/s) dentre todos os anos analisados (Tabela 3). A sub-bacia Jundiá foi a terceira maior proporção de vazão outorgada em relação à vazão de referência, apresentando em média vazão outorgada quase três vezes superior à vazão de referência (Figura 2).

As sub-bacias apresentaram tendência de crescimento da vazão outorgada em relação à vazão de referência a partir do ano de 2015 (Tabela 3). No período estudado, de 2013 a 2017, aumentou também a quantidade de sub-bacias a apresentar vazão outorgada superior à vazão de referência de 50% da Q7,10, de

quatro sub-bacias para seis. Nota-se ainda aumento de vazão outorgada por parte das sub-bacias que já operavam acima da vazão de referência principalmente a partir de 2015 (Tabela 3).

Considerando que os órgãos gestores adotaram medidas de redução de perdas e consumo em resposta à crise hídrica, o que se vê pelas vazões outorgadas é que estas medidas não surtiram efeito para frear ou reduzir o consumo de recursos hídricos. Somente entre os anos de 2016 e 2017 a sub-bacia Atibaia aumentou em 38% sua vazão outorgada, a sub-bacia Capivari teve 30% de aumento, a sub-bacia Jundiá 19%, e a sub-bacia Jaguari 14%.

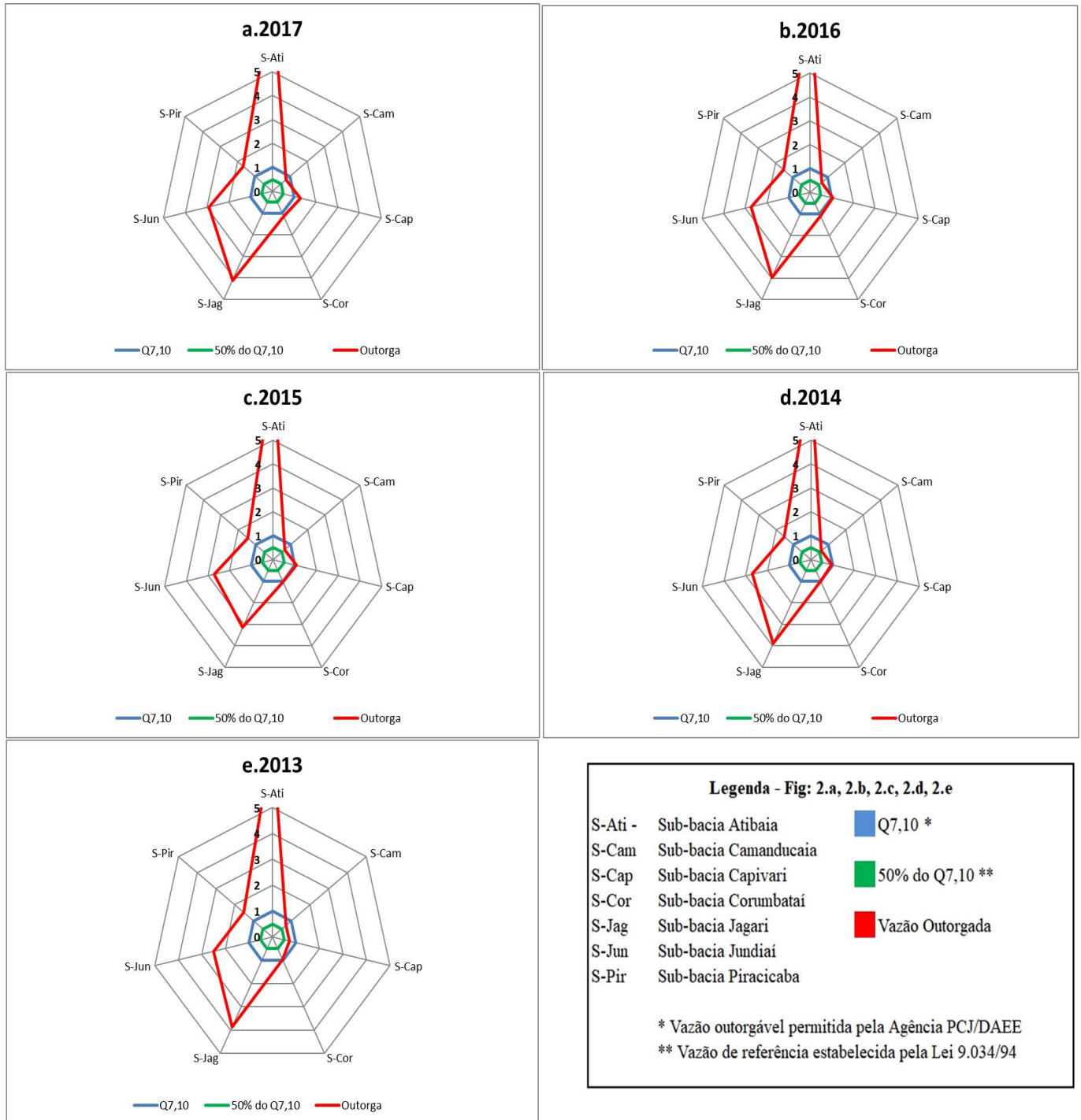


Figura 2: Vazão outorgada em relação às vazões de referência Q7,10 e 50% da Q7,10 nas sub-bacias PCJ

Fonte: elaborado pelos autores a partir de relatório de situação Agência das Bacias PCJ (São Paulo 2018).



5. Discussão

O cenário observado entre 2013 e 2017 aponta para uma situação de aumento da pressão sobre o total dos recursos hídricos nas Bacias PCJ, com reflexo também nas sub-bacias individualmente. As sub-bacias sob maior pressão são Atibaia e Jaguari, ambas envolvidas na exportação ao Sistema Cantareira para abastecimento à RMSP. Mesmo sob condições de atenção, após uma grave crise hídrica, o Sistema PCJ não apresentou sinais de redução de consumo, e nem ao menos das vazões outorgadas, o que de certo modo significa falha no dimensionamento, priorização e controle de uso. Di Mauro (2017) alerta que situações como a crise hídrica em São Paulo refletem a negligência em se estabelecer dispositivos de quantificação, priorização, fiscalização e controle das vazões outorgadas. A situação das Bacias PCJ piora em 2017, com aumento das vazões outorgadas, logo no primeiro ano de monitoramento após a revogação da Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994), quando o Q7,10 deixou de ser um parâmetro legalmente exigido para concessão de outorgas.

A definição de limites e prioridades é fundamental para a adequação da vazão outorgada à disponibilidade dos recursos hídricos expressa nas vazões ecológicas de referência Q7,10 e 50% da Q7,10. A ênfase nas abordagens redistributivas no uso dos recursos deveria ser reforçada mediante os obstáculos para o aumento da disponibilidade de água, devido a toda a infraestrutura de captação e distribuição necessária, assim como ao elevado custo de projetos de ampliação de armazenamento e de tratamento de água. Neste contexto, a outorga desempenharia o papel de instrumento de alocação da disponibilidade hídrica existente nas sub-bacias. Porém, sua efetividade depende do

reconhecimento das prioridades de uso, considerando a complexidade socioecológica da região de modo holístico, tendo em vista que os parâmetros de sustentabilidade da Economia Ecológica só podem ser alcançados a partir do reconhecimento dos limites (recorrentemente conflitantes) socioeconômicos e ambientais no planejamento e gestão do uso de recursos hídricos (Wang *et al.* 2011).

O que se pôde inferir a partir da análise da vazão outorgada é que, em grande medida, a captação de água para o Sistema Cantareira tem sido o principal motivo para as sub-bacias Atibaia e Jaguari operarem acima da vazão de referência Q7,10. Frederice e Brandão (2016) mostraram, a partir de uma análise histórica das vazões, a redução da disponibilidade hídrica dos principais rios que contribuem com o Sistema Cantareira, principalmente em períodos de estiagem. Há uma tendência de elevação destas exportações das Bacias PCJ ao Sistema Cantareira, mesmo considerando que desde 2014 foi implementada uma série de medidas para reduzir a dependência do Sistema Cantareira dos contribuintes das Bacias PCJ, principalmente em função da transposição de água a partir de outras bacias, como do rio Paraíba do Sul, para complementação das disponibilidades (Frederice e Brandão 2016).

Considerando ainda que a região na qual se localizam as Bacias PCJ apresenta importante crescimento demográfico, a situação que se observa é que em médio e longo prazo a região pode ter graves problemas na alocação de água para os múltiplos usos. A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os múltiplos usos é um fator fundamental para a sustentabilidade econômica e social desta que é uma das regiões mais industrializadas do país. O cenário observado nesta pesquisa, apontada para uma situação que merece prioridade por parte dos órgãos e instituições



que fazem o gerenciamento dos recursos hídricos nas Bacias PCJ.

Souza-Leão e De Stefano (2019) também entendem que uma das questões principais no conflito entre a região doadora de água (Bacias PCJ) e a região receptora de água (Sistema Cantareira) é a percepção de que a água que é transposta poderia ser utilizada pelos municípios localizados nas bacias do PCJ, tanto para captação como para diluição de esgoto e melhora da qualidade da água, principalmente no período de seca. Conforme o estudo, as modificações das regras de operação do Sistema Cantareira, com a renovação da sua outorga em 2017, almejaram mitigar algumas dessas questões conflituosas, por exemplo ao definir três novos pontos de monitoramento de vazão localizados nas bacias do PCJ, a montante do Sistema Cantareira. Ainda neste sentido, houve definição de diferentes vazões para período seco e período chuvoso, no intuito de garantir minimamente o atendimento às necessidades da região doadora (Souza-Leão e De Stefano 2019).

No que diz respeito à preocupação com o princípio da capacidade suporte, observa-se que o aspecto mais elementar de manutenção de um nível mínimo de água para garantir a sobrevivência dos ecossistemas das bacias não tem sido garantido, devido o uso acima da vazão de referência estabelecida pela Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 1994). Segundo Longhi e Formiga (2011), o desequilíbrio entre a oferta e a demanda da água compromete a manutenção da estrutura natural que garante a sustentabilidade da bacia. Tal limitação não se dá apenas no aspecto quantitativo da disponibilidade hídrica, mas também no que se refere à qualidade da água (Richter *et.al.* 2003). Segundo Richter *et.al.* (2003) a contínua variabilidade dos fluxos fluviais provoca alterações físicas, químicas e das condições biológicas dos ecossistemas

aquáticos. Em um cenário no qual a vazão determinada para outorga é acima da vazão ecológica Q7,10, esta variabilidade pode se tornar mais intensa em períodos em que os recursos hídricos são naturalmente mais escassos, o que tende a prejudicar a quantidade e qualidade da água disponível.

No aspecto econômico, a utilização acima da vazão de referência da bacia coloca em risco a disponibilidade do recurso para os sistemas produtivos (Matete e Hassan 2005). O atendimento da demanda do Sistema Cantareira tem levado ao acirramento de uma disputa em torno da alocação dos recursos hídricos. Ocorre que as regiões exportadoras ficam com o ônus das externalidades ambientais negativas da alocação da água para atendimento dos interesses econômicos das regiões receptoras.

O ônus tem sido a escassez hídrica local e a perda de serviços ecossistêmicos de provisão e regulação nos municípios das Bacias PCJ. Esta situação traz efeitos negativos para o atendimento dos múltiplos usos requeridos. Ainda que o método Q7,10, tenha representativo grau de conservadorismo hidrológico em sua formulação, ele não considera todos os aspectos ecossistêmicos e socioeconômicos em sua formulação, o que faz com que as vazões de referência não necessariamente contemplem a conservação dos ecossistemas e nem o atendimento justo às demandas sociais e econômicas pelos recursos hídricos.

Deste modo, o desrespeito dos órgãos de gestão na concessão de outorga, estabelecendo valores acima das vazões estabelecidas pela respectiva lei entre 2013 e 2016, coloca o sistema PCJ em um cenário de insustentabilidade e risco de recorrência de uma crise hídrica como a vivida em 2014 na Região Metropolitana de São Paulo. A



insustentabilidade e o risco podem ser ainda mais potencializados, tendo em vista que a obrigatoriedade legal de utilização da Q7,10 como vazão de referência foi suprimida com a revogação da Lei Estadual nº 9.034/1994 (São Paulo 2016), substituída pela Lei Estadual nº 16.337/2016 (São Paulo 2016), que conferiu a determinação das vazões de referência aos Planos de Bacias Hidrográficas, os quais podem utilizar parâmetros menos restritivos que o Q7,10.

6. Conclusão

O estudo evidenciou que no período de 2013 a 2017 as Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) operaram acima da vazão de referência Q7,10, parâmetro determinado pela Lei Estadual nº 9.034/1994 como limite máximo para concessão outorgas de uso de recursos hídricos. Entretanto, em todos os anos apurados observou-se que a vazão consumida foi menor ou igual à vazão outorgada.

As sub-bacias Atibaia e Jaguari foram as que operaram em maior desrespeito às vazões de referência autorizadas para outorga. Nas outras cinco sub-bacias (Camanducaia, Capivari, Corumbataí, Jundiá e Piracicaba) as vazões consumidas e outorgadas restringiram-se ao padrão máximo estabelecido pelo Q7,10. Cabe ressaltar que as sub-bacias Atibaia e Jaguari apresentam as maiores vazões consumidas e outorgadas entre todas as sub-bacias analisadas.

Os resultados demonstram que há distorções no dimensionamento das vazões outorgadas. As sub-bacias Atibaia e Jaguari, com menor população, tiveram vazão outorgada muito superior que outras muito mais populosas. Isto deveu-se principalmente à exportação de água

para a RMSP por meio de transposições ao Sistema Cantareira.

A determinação das prioridades de uso é um dos elementos centrais no planejamento das demandas que efetivamente deverão ser outorgadas. No caso específico das Bacias PCJ, o dimensionamento de vazões outorgadas acima do limite máximo das vazões de referência mostra que o planejamento empreendido pelos órgãos de gestão, ainda que exista, foi incapaz de dar soluções para enfrentar períodos de grave estiagem. O consumo e outorga muito acima da vazão de referência contribuiu para que a margem de manobra para minimizar o impacto da crise hídrica de 2014 fosse menor, e os impactos negativos foram diretamente sentidos pela população das regiões atendidas pelas Bacias PCJ.

Conclui-se, portanto, que o dimensionamento das demandas não tem sido realizado de acordo com capacidade de suporte das Bacias PCJ devido à inoperância dos órgãos de gestão de recursos hídricos em garantir que os critérios para concessão de outorga fossem efetivamente respeitados. O grau de dissonância entre o que é outorgado e o que é estabelecido como padrão máximo no qual as Bacias PCJ operaram entre 2013 e 2017 potencializa o risco de perdas ecossistêmicas, escassez hídrica e de acirramento de conflitos em torno das do atendimento às demandas de uso, visto que a região mantém trajetória de crescimento populacional e expansão econômica.

Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [processo número 2015/03804-9]



Referências

- Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, N. L. e R. J. Naiman, 2006. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological applications* Vol. 16(4): 1311-1318.
- Benetti, A. D., Lanna, A. E. e M. S. Cobalchini, 2003. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Vol. 8(2): 149-160.
- Brasil, 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Casa civil, Poder Executivo, Brasília, DF.
- Coase, R., 1960. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics* Vol. 3 (1): 1-44.
- Collischonn, W., Agra, S. G., Freitas, G. K., Priante, G. R., Tassi, R. e C. F. Souza, 2005. Em busca do hidrograma ecológico. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais, ABRH, João Pessoa.
- Costanza, R., Cumberland, J. H., Daly, H., Goodland, R. e R. B. Norgaard, 1997. An introduction to ecological economics. CRC Press, New York.
- Cunha, E. C., Veiga, A. P. e J. Kelmann, 2004. Domínio e competência sobre os recursos hídricos no Brasil. *Revista Justiça e Cidadania* Vol. (45).
- Daly, H. E. e J. Farley, 2004. *Ecological economics: principles and applications*. Island Press, Washington DC.
- Di Mauro, C., 2017. Outorga para captação de recursos hídricos no Sistema Cantareira e vulnerabilidade da população da região metropolitana de São Paulo, em Chávez, E. S., Di Mauro, C.A. e E. C. Moretti. Água recurso hídrico: bem social transformado em mercadoria. ANAP, Tupã.
- Dyson, M., Bergkamp, G. e J. Scanlon, 2003. *Flow: the essentials of environmental flows*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Empinotti, V. L., Budds, J. e M. Aversa, 2019. Governance and water security: the role of the water institutional framework in the 2013-15 water crisis in São Paulo, Brazil. *Geoforum* Vol. 98: 46-54.
- Frederice, A. e J. L. B. Brandão, 2016. Efeito do Sistema Cantareira sobre o regime de vazões na bacia do rio Piracicaba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Vol. 21(4): 797-810.
- Garrick, D., Whitten, S. M. e A. Coggan, 2013. Understanding the evolution and performance of water markets and allocation policy: a transaction costs analysis framework. *Ecological Economics* Vol. 88: 195-205.
- Granziera, M. L. M., 2010. Agência de Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. *Revista de Direito Administrativo* Vol. 245: 179-202.
- Granziera, M. L. M. 2013. A Fixação da vazão de referência. *Revista de Direito Ambiental*, Vol. 18(70).
- Hardin, G., 1968. The tragedy of the commons. *Science* Vol.162 (659): 1243-1248.
- Igari, A. T., Pavanelli, J. M. M., Oliveira, C. E. e P. A. A. Sinisgalli, 2020. Mudanças institucionais e governança de serviços ecossistêmicos. *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista* Vol 3 (7): 09-11.
- Igari, A. T., 2021. Sustentabilidade e instituições: desafios aos pactos civilizatórios. *Nexo Jornal - Políticas Públicas*. Acesso em 28/12/2021: <https://pp.nexojornal.com.br/opiniao/2021/Sustentabilidade-e-institui%C3%A7%C3%B5es-desafios-aos-pactos-civilizat%C3%B3rios1>
- Lanna, A. E., 1997. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental, em Munõz-Espinosa, H. R. (Org.) *Interfaces da gestão de*



recursos hídricos: desafios da lei das águas de 1997. Brasília. 2ª Ed, Secretaria dos recursos hídricos, MMA.

Lant, C., 2004. Water resources sustainability: an ecological economics perspective. *Journal of Contemporary Water Research and Education* Vol.127(1): 4.

Lemos, M. C., Puga, B. P., Formiga-Johnsson, R. M. e C. K. Seigerman, 2020. Building on adaptive capacity to extreme events in Brazil: water reform, participation, and climate information across four river basins. *Regional Environmental Change* Vol. 20 (2): 1-13.

Longhi, E. H. e K. T. M. Formiga, 2011. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* Vol. 20: 33-48.

Machado, P. A. L., 2013. Direito ambiental brasileiro. Editores Malheiros, São Paulo.

Matete, M. e R. Hassan, 2005. An ecological economics framework for assessing environmental flows: the case of inter-basin water transfers in Lesotho. *Global and Planetary Change* Vol. 47: 193-200.

Meadows, D. H.; Randers, J. e D. L. Meadows, 1972. *The Limits to Growth* (1972). Yale University Press, Connecticut.

MEA – Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, Washington DC.

Mendes, L. A., 2007. Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência. Escola Politécnica - Universidade de São Paulo (Dissertação).

Oliveira, C. E. de, Pavanelli, J. M. M. e A. T. Igari, 2020 *Serviços ecossistêmicos e bens comuns: uma breve conceitualização*. Diálogos

Socioambientais na Macrometrópole Paulista Vol. 3 (7): 24-26.

Pavanelli, J. M. M. e A.T. Igari, 2019. Institutional reproduction and change: an analytical framework for Brazilian electricity generation choices. *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 9 (5): 252-263.

Pinto, V. G., Ribeiro, C. B. D. M. e D. D. D. Silva, 2016. Vazão ecológica e o arcabouço legal brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física* Vol. 9 (1): 91-109.

Porto, M. e J. Kelmann, 2000. Water resources policy in Brazil. *Rivers* Vol. 7 (3): 250-257

Pruski, F. F., Bof, L. H., Silva, L., Silva, J., Rego, F. S. e F. B. Justino, 2014. Impact of the substitution of reference annual streamflow by monthly streamflow on the potential use of water resources. *Engenharia Agrícola* Vol 34: 496-509.

Richter, B. D., Mathews, R., Harrison, D. L. e R. Wigington, 2003. Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological applications* Vol.13(1): 206-224.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, III, F.S., Lambin, E.M., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. e J.A. Foley., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* Vol. 461 (7263): 472-475.

São Paulo, 1991. Lei 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual nº de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Assembleia Legislativa



do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. Acesso em 28/12/2021: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>>

_____, 1994. Lei 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual nº de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei n. 7.663, de 30/12/91, que instituiu normas de orientação à Política Estadual nº de Recursos Hídricos. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. Acesso em 28/12/2021: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>>.

_____, 2016. Lei 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual nº de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. Acesso em 28/12/2021: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>>.

_____, 2016. Relatório sobre a execução do contrato de gestão nº 003/ANA/2011 – Bacias PCJ 2016. Agência das Bacias PCJ, Piracicaba. Acesso em 28/12/2021: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sas/arquivos/agencia-das-bacias-pcj/relatorio-de-gestao/cg-003-2011-fund-ag-pcj-cbhpcj-rel-gestao-ex2016.pdf>>.

_____, 2018. Primeira revisão dos planos das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020. Agência das Bacias PCJ, Piracicaba. Acesso em 28/12/2021: <<https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/>>.

_____, 2019. Relatório de situação dos recursos hídricos 2019. Agência das Bacias PCJ, Piracicaba, 2020. Acesso em

28/12/2021:

<<http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-situacao-2019/relatorio-situacao-2019.pdf>>

Souza, C., Agra, S., Tassi, R., Collischonn, W. e G. Freitas, 2008. Desafios e oportunidades para a implementação do hidrograma ecológico. *Revista de Gestão de Água da América Latina* Vol. 5: 25-38.

Souza-Leão, R. e L. De Stefano, 2019, Making concrete flexible: Adapting the operating rules of the Cantareira water system (São Paulo, Brazil). *Water Security* Vol. 7: 100032.

Spash, C., 2012. New foundations for economics ecological. *Ecological Economics* Vol. 77: 36-47.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., e S. Sörlin. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* Vol. 347 (6223): 736.

Venkatachalam, L., 2007. Environmental economics and ecological economics: where they can converge? *Ecological Economics* Vol. 61: 550-558.

Wang, R., Li, F., Hu, D. e B. L. Li, 2011. Understanding eco-complexity: social-economic-natural complex ecosystem approach. *Ecological complexity* Vol. 8(1): 15-29.