

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DO TERRITÓRIO METROPOLITANO: OFERTA, DEMANDA E PRESSÕES SOBRE A PROVISÃO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

ECOSYSTEM SERVICES IN INTEGRATED PLANNING OF THE METROPOLITAN TERRITORY: SUPPLY, DEMAND AND PRESSURE ON WATER PROVISION IN THE METROPOLITAN REGION OF CURITIBA

Amanda Silveira Carbone 

Doutora pela Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil.

Sonia Maria Viggiani Coutinho 

Pesquisadora colaboradora, Instituto de Estudos Avançados, USP – São Paulo (SP), Brasil.

Valdir Fernandes 

Professor titular, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

Arlindo Philippi Junior 

Professor titular, Faculdade de Saúde Pública, USP – São Paulo (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Amanda Silveira Carbone – Rua José das Neves Faria, 110 – Jardim Prudência – CEP: 04648-073 – São Paulo (SP), Brasil – E-mail: amandascarbhone@gmail.com

Recebido em: 31/01/2020

Aceito em: 03/06/2020

RESUMO

A sustentabilidade dos assentamentos humanos, principalmente áreas urbanas, e dos ecossistemas como um todo envolve a adoção de estratégias territoriais integradoras, que levem em conta os aspectos ambientais, econômicos, sociais e culturais. O enfoque dos serviços ecossistêmicos pode ser aliado no fortalecimento da visão integrada do território metropolitano e da água como elemento-chave integrador. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo a proposição de um conjunto de indicadores de avaliação de capital natural e da oferta e demanda do serviço ecossistêmico de provisão de água para regiões metropolitanas, tendo como recorte a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) (PR). O conjunto de indicadores foi selecionado de uma base teórica pautada em levantamento bibliográfico e posteriormente validado por especialistas pelo método Delphi, com envio de questionários eletrônicos em duas rodadas de validação. Os indicadores validados foram utilizados posteriormente para análise da provisão de água na RMC. Embora a mancha urbana concentre as maiores demandas por recursos hídricos, os municípios do seu entorno são os maiores provedores reais ou potenciais de serviços ecossistêmicos. Alguns municípios, principalmente os localizados no extremo norte da RMC, destacam-se pela significativa disponibilidade hídrica. No entanto, a análise demonstra tendência de degradação do capital natural e consequente comprometimento na provisão de água na RMC. Há a necessidade de se ampliar, em grande parte da região, a implementação das políticas de proteção da biodiversidade, de se estimular a criação de novas unidades de conservação e de fortalecer o monitoramento do uso do solo e a busca por soluções inovadoras para melhorar a gestão da água na metrópole.

Palavras-chave: provisão de água; indicadores; planejamento territorial; bacia hidrográfica; sustentabilidade.

ABSTRACT

The search for the sustainability of human settlements, mainly urban areas, and of ecosystems as a whole, involves the adoption of integrating territorial strategies that take into account environmental, economic, social, and cultural aspects. The focus on ecosystem services can be an ally in strengthening the integrated vision of metropolitan territory and water as a key integrating element. In this context, this study aimed to propose a set of indicators for the assessment of natural capital and the supply and demand of the ecosystem water supply service for metropolitan regions, with the Metropolitan Region of Curitiba (MRC), Paraná, as the main focus. The set of indicators was selected from a theoretical basis based on literature review and subsequently validated by specialists using the Delphi method, with

electronic questionnaires sent in two rounds of validation. The validated indicators were later used to analyze the water supply in the MRC. Although the urban area concentrates the greatest demands for water resources, the surrounding municipalities are the largest real or potential providers of ecosystem services. Some municipalities, especially those located at the northern end of the MRC, stand out for their significant water availability. However, the analysis shows a trend of degradation of natural capital and consequent impairment of water supply in MCR. There is a need to broaden, in a large part of the region, the implementation of biodiversity protection policies, encourage the creation of new conservation units and strengthen the monitoring of land use and the search for innovative solutions to improve water management in the metropolis.

Keywords: water supply; indicators; territorial planning; river basin; sustainability.

INTRODUÇÃO

A expansão urbana nas grandes metrópoles tem ocorrido de forma crescente e desordenada, gerando diversos problemas ambientais e sociais. As mudanças no uso do solo e a pressão sobre as áreas de mananciais que abastecem os centros urbanos, causadas por essa expansão, impactam a disponibilidade hídrica da qual dependem os diversos setores da sociedade e alteram a oferta e a demanda de serviços ecossistêmicos (GONZÁLEZ-GARCÍA *et al.*, 2020).

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) é uma das metrópoles que sofre com a crescente degradação dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, com o agravamento da vulnerabilidade socioambiental em áreas de mananciais e com a falta de planejamento e gestão integrados (GARCÍAS; SANCHES, 2009).

A governança urbana voltada à construção de cidades resilientes e sustentáveis passa por fatores como o planejamento do uso do solo, com a adoção de estratégias territoriais e espaciais em todos os setores (UN-HABITAT, 2017).

Uma estratégia territorial de integração e coesão é a perspectiva das bacias hidrográficas, que busca integrar os diversos aspectos que interferem no uso e conservação dos recursos hídricos, como os meios físico, biótico, social, econômico e cultural (AQUINO; MOTA, 2019; YASSUDA, 1993). O Brasil organizou seu sistema de gestão integrada de recursos hídricos em bacias hidrográficas desde a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433, de 1997), considerada atual e avançada no tema.

Em regiões metropolitanas, como a RMC, a oferta e a demanda de água em diferentes graus entre os municípios e os diversos usos demandam uma gestão mais integrada dos recursos hídricos, com articulação compartilhada entre entes municipais, sociedade civil, Estado e Comitês de Bacia Hidrográfica, em torno de objetivos comuns. Há, assim, um potencial integrador do território metropolitano com base nos recursos hídricos.

Apesar desse potencial e de sua ampla aceitação, a gestão integrada de recursos hídricos focada na bacia hidrográfica ainda enfrenta dificuldades diversas em sua implantação, como a efetiva descentralização para o nível local da bacia, a dificuldade de articulação entre diferentes níveis de governo e a integração da gestão (PORTO; PORTO, 2008).

Se, por um lado, os recursos e problemas ambientais não se limitam a unidades administrativas, o que fortalece o argumento de que são necessários estudos em escalas mais adequadas à realidade, como a das bacias hidrográficas, por outro lado são fatos que grande parte dos dados está disponível em nível municipal e que os municípios são unidades administrativas que geram recursos e ações que impactam a qualidade ambiental, positiva ou negativamente. Assim, é estratégica a promoção de pesquisas em nível municipal, no entanto, não de forma isolada, mas como parte de um conjunto mais amplo, que é a região metropolitana.

O enfoque dos serviços ecossistêmicos e, especificamente, da análise da oferta e da demanda de água dos diversos municípios que compõem uma região metropolitana e das pressões sobre sua provisão, pode ser

aliado no fortalecimento da visão integrada do território metropolitano e da água como elemento-chave integrador. Isso porque todos os entes municipais demandam, em maior ou menor grau, oferta de água, mas apenas alguns possuem o recurso disponível em seu território, e porque a integridade dos ecossistemas influencia na disponibilidade hídrica.

Os serviços ecossistêmicos correspondem aos inúmeros bens e serviços que a natureza gera ao bem-estar humano, derivados direta ou indiretamente das funções dos ecossistemas. Consistem em fluxos de materiais (água e alimentos, por exemplo), energia e informação provenientes dos estoques de capital natural (COSTANZA *et al.*, 1997), que englobam todos os elementos abióticos e bióticos dos ecossistemas (assim como os ecossistemas em si), incluindo os recursos naturais (ex. água, solo, vegetação, espécies, ar) (MACE; BATEMAN, 2011; MASEYK *et al.*, 2017). O desenvolvimento socioeconômico depende e continuará a depender, em longo prazo, da manutenção dos sistemas ecológicos que o sustentam e lhe dão base (MEADOWS, 1998; GÓMEZ-BAGGETHUN; GROOT, 2007).

A gestão do capital natural pode alterar a provisão de serviços ecossistêmicos, portanto, é importante operacionalizar e relacionar de forma prática os dois conceitos (MASEYK *et al.*, 2017), mesmo que alguns modelos emblemáticos no tema (MEA, 2005; TEEB, 2010) falhem em apresentar conexões e interdependências explícitas entre serviços ecossistêmicos e os estoques de capital natural.

As florestas, por exemplo, influenciam substancialmente a quantidade de água que circula em uma bacia hidrográfica pela sua capacidade de evapotranspiração, com conseqüente aumento da umidade atmosférica e das probabilidades de formação de nuvens e geração de chuva (TEEB, 2010).

Nesse sentido, Layke (2009) afirma que indicadores tanto de estoque de capital natural quanto de fluxo de serviços ecossistêmicos são necessários para embasar as decisões políticas, sendo prioridade desenvolver e implantar ambos os tipos, como é feito por alguns estudos (ex. WEI *et al.*, 2017; SHEPHERD *et al.*, 2016). A aplicação de indicadores é a forma mais direta de se obterem informações com relevância política sobre a complexa relação entre serviços ecossistêmicos e sociedade (CZÚCZ; ARANY, 2016).

Além disso, há forças motrizes e pressões antropogênicas, como a urbanização e os arranjos institucionais, que têm acelerado a extinção de espécies e alterado as propriedades dos ecossistemas em grande escala (IPBES, 2016), influenciando na provisão de serviços ecossistêmicos, como de água, (TURNER; DONATO; ROMME, 2013) e cuja aplicação em termos de indicadores tem sido realizada por meio de modelos diversos (SINGH *et al.*, 2012) e inúmeros estudos, como o de Paula Jr. e Pompermayer (2007).

A provisão de água é considerada um dos serviços ecossistêmicos essenciais para se atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (WOOD *et al.*, 2018). Diversos trabalhos analisam indicadores de provisão de água como serviço ecossistêmico, como já apontaram, por exemplo, Egoh *et al.* (2012) e Czúcz *et al.* (2018), no entanto são poucos os que tratam de analisar indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à provisão de água e do capital natural que dá base para sua provisão no contexto de regiões metropolitanas (DANIELAINI; MAHESHWARI; HAGARE, 2018; FAVARO, 2017; OLEWILER, 2006).

Além disso, geralmente as pesquisas sobre oferta e demanda de serviços ecossistêmicos não são conduzidas em escalas adequadas à tomada de decisão relacionada ao planejamento, o que dificulta a aplicação da abordagem nas políticas de uso do solo (SAARIKOSKI *et al.*, 2018).

Com base nesses pressupostos, esta investigação teve como objetivo propor um conjunto de indicadores de avaliação de capital natural e da oferta e demanda do serviço ecossistêmico de provisão de água para regiões metropolitanas, tendo como recorte a RMC (PR).

Buscou-se fortalecer uma visão mais integrada do território e evidenciar os recursos hídricos como elementos-chave dessa integração, um serviço ecossistêmico do qual todos dependem e cuja conservação, como recurso natural, passa pelo reconhecimento da importância de se manter a integridade dos ecossistemas. Os indicadores elaborados visam subsidiar a tomada de decisão e o processo de governança, permitindo analisar tendências positivas ou negativas e o perfil dos municípios da região metropolitana, somando-se a outras pesquisas, como as de Gutierrez, Fernandes e Rauen (2017) e de Silva *et al.* (2020a; 2020b).

METODOLOGIA

A RMC está localizada no Sul do país, no estado do Paraná (Figura 1). É a oitava região metropolitana mais populosa do Brasil, com 3.615.027 habitantes (IBGE, 2018), e concentra cerca de 30% da população do estado. Também é a segunda maior região metropolitana do país em extensão, com 16.581,21 km². A região, por sua localização geográfica estratégica, ocupa posição de relevância nos contextos estadual e nacional, pois está próxima dos principais mercados produtores e consumidores brasileiros e dos países do Mercado Comum do Sul (Mercosul), atraindo, assim, novas indústrias em vários municípios (COMEC, 2017).

A RMC é composta de 29 municípios: Adrianópolis, Agudos do Sul, Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo do Tenente, Campo Largo, Campo Magro, Cerro Azul, Colombo, Contenda, Curitiba, Doutor Ulysses, Fazenda Rio Grande, Itaperuçu, Lapa, Mandirituba, Piên, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Quitandinha, Rio Branco do Sul, Rio Negro, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul e Tunas do Paraná.

A pesquisa foi conduzida em quatro etapas:

1. revisão de literatura;
2. seleção dos indicadores;
3. validação dos indicadores;
4. análise do capital natural e dos serviços ecossistêmicos na RMC.

A primeira etapa constituiu-se de levantamento bibliográfico para a construção de marco conceitual referente ao tema. A segunda envolveu a seleção dos indicadores para a análise do capital natural e do serviço ecossistêmico de provisão de água na RMC, por meio de revisão de literatura e com base nos seguintes critérios (OLEWILER, 2006): adequação ao contexto da RMC; relevância em relação ao tema estudado; disponibilidade de dados/custos de coleta e desenvolvimento realistas; qualidade, consistência e confiabilidade e amplitude geográfica adequada (escalas espacial e temporal apropriadas, municipal).

POSIÇÃO GEOGRÁFICA



Fonte: COMEC (2012).

Figura 1 – Posição geográfica da Região Metropolitana de Curitiba.

A validação do conjunto de indicadores propostos, terceira etapa da pesquisa, foi realizada com a aplicação do método Delphi. Este se caracteriza como método de estruturação de processo de comunicação em grupo, de forma que esse processo seja efetivo em permitir que se lide com um problema complexo, entre eles a estruturação de modelos (VEIGA; COUTINHO; TAKAYANAGUI, 2013; WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000; LINSTONE; TUROFF, 1975).

Delphi foi a técnica considerada mais apropriada para a validação do conjunto de indicadores do estudo por ser útil para estruturar o aperfeiçoamento de instrumentos de pesquisa. Outros trabalhos já aplicaram a técnica no contexto de indicadores e de serviços ecossistêmicos e demonstraram sua eficiência em integrar conhecimentos e criar consenso (ex. BENITEZ-CAPISTROS; HUGÉ; KOEDAM, 2014; BARRON; SHEPPARD; CONDON, 2016). Por meio desse método, são realizadas rodadas de aplicação do questionário de pesquisa, até que se alcancem a integração e o consenso entre as respostas dos especialistas consultados.

Para esta pesquisa, o questionário com os indicadores selecionados foi enviado a especialistas escolhidos entre profissionais com experiência em temas ligados ao capital natural e serviços ecossistêmicos (KRUEGER *et al.*, 2012).

A aplicação dos questionários, realizada entre julho e setembro de 2018, foi feita em duas rodadas de validação, por meio eletrônico. Os especialistas assinam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido no qual constam informações sobre a pesquisa e o processo de participação, incluindo a garantia da preservação da identidade, possibilidade de recusa a qualquer momento e ciência sobre benefícios e riscos da pesquisa. Na primeira rodada, os especialistas foram convidados a atribuir um grau de relevância a cada indicador. Após a compilação dos resultados do grupo, a segunda rodada consistiu no envio do conjunto reformulado de indicadores, que permitiu a revisão das opiniões individuais e a estruturação final do conjunto de indicadores.

O retorno foi de 12 questionários, de 20 enviados a especialistas do poder público, do terceiro setor e da academia. Com isso, houve retorno de 60% do total de especialistas convidados a participar da pesquisa. Normalmente, há taxa de abstenção entre 30 e 50% na primeira rodada e entre 20 e 30% na segunda (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

Foram validados seis indicadores de provisão de água, sendo dois relacionados à oferta de água, três à demanda de água e um que aponta a relação entre oferta e demanda para abastecimento urbano, seis indicadores de capital natural e oito de forças motrizes e pressões (Quadro 1).

Quadro 1. Indicadores utilizados na análise de oferta e demanda de provisão de água na Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

Tema	Indicador	Fonte
Provisão de água	Disponibilidade hídrica dos mananciais de abastecimento da RMC (oferta em litros por segundo ($L.s^{-1}$) por bacia hidrográfica)	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (2009c)
	Demanda hídrica municipal total e por tipo de uso (demanda) (vazão captada em litros por município)	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (2009a; 2009b)
	Disponibilidade hídrica subterrânea (potencial) da RMC (oferta em $L.s^{-1}$ por aquífero por bacia hidrográfica)	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (2009d)
	Demanda hídrica das águas subterrâneas (vazão captada em $L.s^{-1}$ por município)	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (2009a; 2009b)
	Consumo de água per capita (L/hab./dia)	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (2009a; 2009b) com dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) de 2004.
	Avaliação da oferta-demanda do abastecimento urbano de água	Agência Nacional de Águas (2015)

Continua...

Quadro 1. Continuação.

Tema	Indicador	Fonte
Capital natural	Área de proteção aos mananciais (% do município)	Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC) (2016)
	Área de vegetação nativa (hectares e % do município)	Cálculo feito com dados do Mapbiomas de 1985 a 2017
	Áreas Estratégicas para Conservação da Biodiversidade (% do município)	Dados do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (2009) e cálculo realizado com uso de <i>software</i> livre para geoprocessamento QGIS.
	Porcentagem de Unidades de Conservação de Proteção Integral em relação ao total de floresta nativa no município	Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2018) e dados não publicados da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental.
	Porcentagem de Unidades de Conservação de Uso Sustentável em relação à área total do município	Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2018) e dados não publicados da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental.
	Área com agropecuária (hectares e % do município)	Cálculo feito com dados do Mapbiomas de 1985 a 2017 (PROJETO MAPBIOMAS, 2018)
Força motriz e pressão	População total (por município)	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017b)
	Densidade demográfica (hab./km ²)	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) (2018)
	Grau de urbanização (%)	IBGE (2010)
	ICMS Ecológico – recurso do ICMS repassado ao município	Secretaria de Estado da Fazenda (SEFA) (IPARDES, 2018)
	Área de mineração como proporção da área total do município (%)	Dados de 1985, 2000 e 2017 do Projeto Mapbiomas (PROJETO MAPBIOMAS, 2018)
	Estimativa de domicílios em assentamentos precários em áreas urbanas (%)	Marques <i>et al.</i> (2007) – dados Centro de Estudos da Metrópole (CEM-CEBRAP)
	Índice de esgoto tratado referente à água consumida	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2016)
	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total do município	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2016)
	Porcentagem de estabelecimentos agropecuários com uso de agrotóxicos (%)	Censo Agropecuário (IBGE, 2017a)

ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

O indicador de demanda hídrica dos mananciais de abastecimento da RMC (oferta) ($L \cdot s^{-1}$ por bacia hidrográfica) leva em conta os diversos tipos de uso da água. Há outros setores, além do abastecimento público, que possuem demandas hídricas diferentes: setores agrícola, industrial e de mineração, cujos comportamentos de consumo, combinados ou individualmente, podem afetar a cadeia como um todo, seja no abastecimento público, seja em outras categorias.

Os indicadores de disponibilidade hídrica subterrânea (potencial) da RMC ($L \cdot s^{-1}$ por aquífero por bacia hidrográfica) e de demanda hídrica das águas subterrâneas (vazão captada em $L \cdot s^{-1}$ por município) foram incluídos pela relevância das unidades aquíferas na RMC.

A avaliação da oferta-demanda do abastecimento urbano de água é um indicador para o qual já se produzem dados no âmbito do acompanhamento do alcance dos ODS.

Na intenção de se retratar o capital natural que dá base para a geração do serviço de provisão de água, foram inseridos indicadores que pudessem apresentar o estoque, calculado em área.

Para essa análise, empregou-se um indicador de proporção do município com Áreas de Proteção aos Mananciais (referenciado pela Lei Estadual nº 12.248, de 31 de julho de 1998 — PARANÁ, 1998), áreas que têm como finalidade controlar o uso e ocupação do solo de forma a garantir condições de qualidade da água compatíveis com o abastecimento público. O termo usado atualmente é Áreas de Interesse de Mananciais de Abastecimento Público da RMC, referenciado pelo Decreto nº 4.435, de 29 de junho de 2016 (PARANÁ, 2016). Por ser relativo ao capital natural, o indicador tem como objetivo apontar, de forma aproximada, em que medida e de que forma os recursos hídricos que são responsáveis pela provisão de água estão distribuídos na metrópole.

Além deste, o indicador de área de vegetação nativa como proporção da área total do território (% do município) foi considerado chave por ser amplamente aceito e utilizado. Também se aplicou o indicador de área prioritária para conservação como proporção da área total

do território (% do município), inspirado diretamente em estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente e na Resolução nº 05/2009 da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Instituto Ambiental do Paraná (SEMA/IAP), que estabelece o mapeamento de Áreas Estratégicas para a Conservação e a Recuperação da Biodiversidade no Estado do Paraná (IAP, 2009). Também foram analisados outros dois indicadores de capital natural relacionados à conservação da biodiversidade: porcentagem da vegetação nativa do município em unidades de conservação (UC) de proteção integral e porcentagem do município com UC de uso sustentável.

Adicionalmente, examinaram-se indicadores relacionados às forças motrizes e pressões que impactam positiva ou negativamente a provisão de serviços ecossistêmicos, cuja escolha teve como base teórica o relatório metodológico sobre avaliação de serviços ecossistêmicos elaborado pela Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) (2016). Assim, foram selecionados neste escopo indicadores demográficos relacionados à poluição ambiental, além de um indicador de governança.

A análise dos indicadores de capital natural e de serviços ecossistêmicos na RMC, a etapa 4, incluiu a coleta de dados e a análise dos resultados, realizadas tanto temporal quanto espacialmente, para avaliação da heterogeneidade da metrópole em relação ao capital natural e ao fornecimento do serviço ecossistêmico de provisão de água.

Além da tabulação e da análise de dados secundários (conforme fontes relacionadas no Quadro 1), realizadas com auxílio do *software* Excel versão 2017, foram elaborados mapas com o *software* livre QGIS Desktop, versão 2.18. Adotaram-se como bases cartográficas o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para obtenção das malhas municipais, o mapa das Áreas Estratégicas para Conservação da Biodiversidade do Paraná, do Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2017), e os mapas da Coordenação da RMC (COMEC) para cálculo do indicador de porcentagem do município com área de proteção aos mananciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Oferta e demanda de água na RMC

As principais bacias hidrográficas que ocorrem na RMC são a do Alto Iguaçu e a do Ribeira (a bacia Litorânea

também está nos limites da região, abrangendo parcialmente Tijucas do Sul e São José dos Pinhais).

A bacia do Ribeira, que atende os municípios ao norte da RMC, possui disponibilidade hídrica superficial de $66.136,18 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ e demanda hídrica de $788,8 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. A bacia do Alto Iguaçu, que atende a porção ao sul da RMC, apresenta disponibilidade hídrica 27% menor do que a do Ribeira, de $48.190,69 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, e demanda 12 vezes maior.

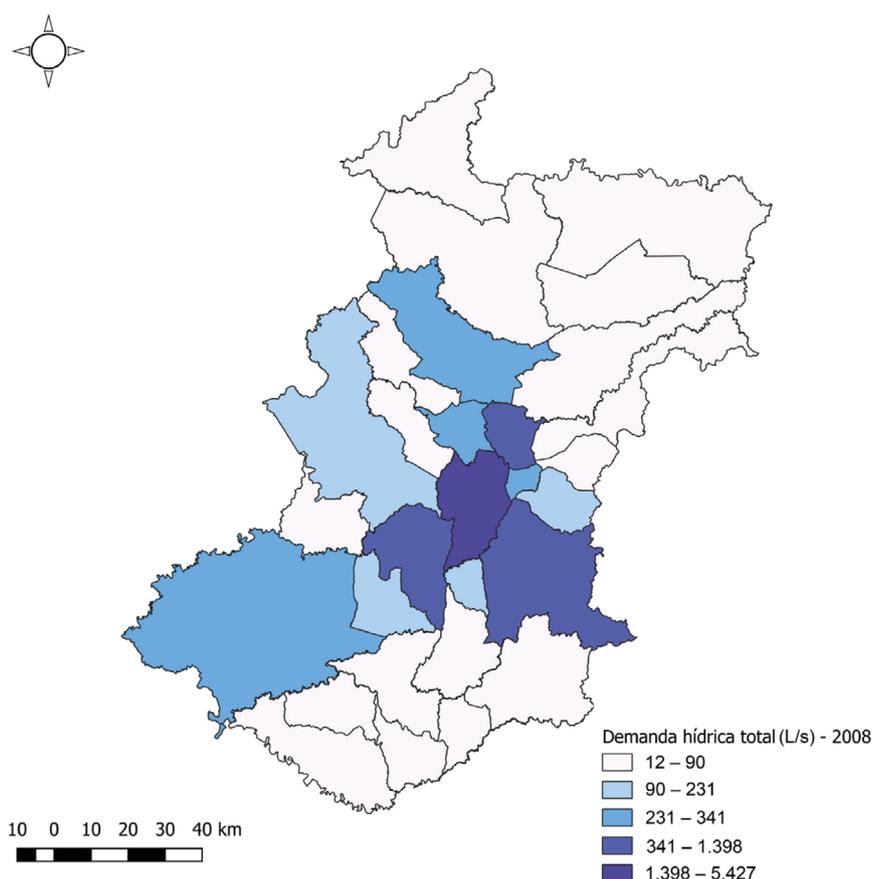
Assim, a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de água é bem maior na bacia do Ribeira do que na bacia do Alto Iguaçu e, no entanto, a demanda pelo serviço é muito superior nesta última, na qual se encontra a grande mancha urbana da metrópole.

O sistema integrado de abastecimento na RMC, que em 2010 atendia 12 municípios dos 29 da região, é operado pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) e composto de quatro sistemas produtores: Sistema Iraí (Barragem do Rio Iraí), Sistema Iguaçu (Canal de Água Limpá), Sistema Miringuava (Rio Miringuava)

va) e Sistema Passaúna (Barragem do Passaúna) (ANA, 2015). As captações desses sistemas se localizam em Curitiba e seu entorno, abrangendo os municípios de Pinhais, Quatro Barras, Piraquara, São José dos Pinhais, Campo Largo e Araucária.

A demanda hídrica total calculada neste estudo, considerando-se os diversos usos (abastecimento, agricultura, pecuária, indústrias e mineração), é nitidamente maior nos municípios de Curitiba, Colombo, Araucária e São José dos Pinhais (Figura 2). Cada tipo de uso interfere na demanda por recursos hídricos (tanto na quantidade quanto na qualidade), refletindo-se nas disponibilidades presentes e futuras e podendo comprometer as metas de sustentabilidade no uso dos recursos hídricos.

Quando se analisa a demanda hídrica por tipo de atividade, o abastecimento público é o que prepondera, com $8.375,8 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, somando todos os municípios.



Fonte: com base em dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (PARANÁ, 2009a; 2009b).

Figura 2. Demanda hídrica total ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$), Região Metropolitana de Curitiba, 2008.

Isso representa 73% de toda a demanda hídrica da RMC, com destaque para o município de Curitiba. O setor industrial é o segundo que mais demanda provisão de água, com 1.774,9 L.s⁻¹, no entanto observa-se que essa demanda se concentra majoritariamente no município de Araucária. A agricultura fica em terceiro lugar, com 1.089,73 L.s⁻¹, e concentra-se principalmente nos municípios de Colombo (250,8 L.s⁻¹), Lapa (228 L.s⁻¹) e São José dos Pinhais (219,5 L.s⁻¹).

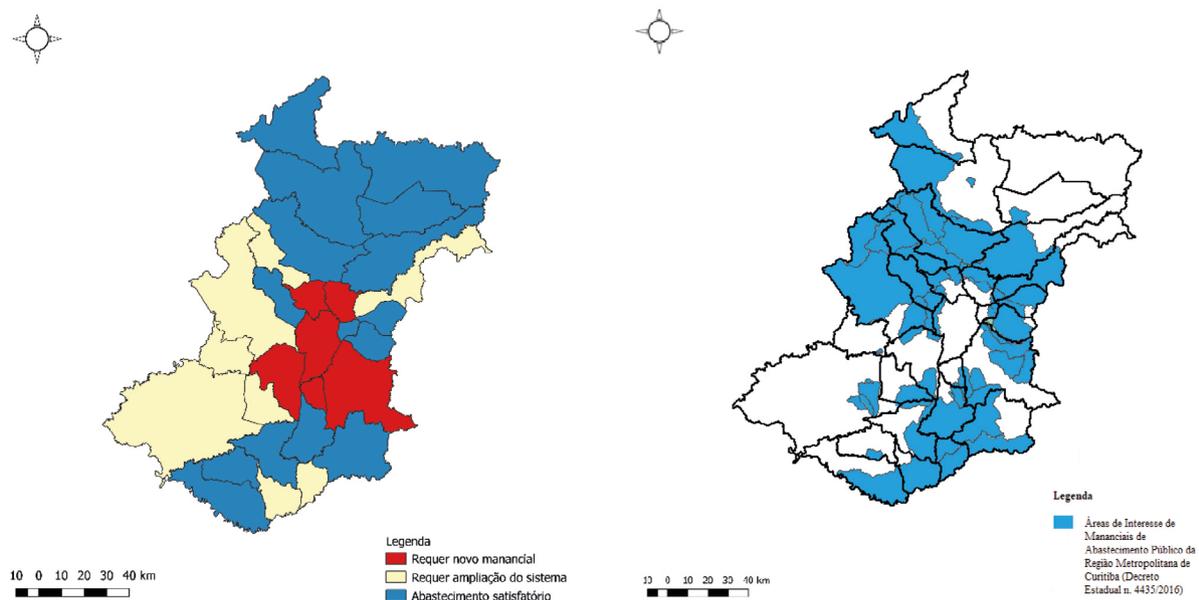
Fica evidente a situação do município de Curitiba como o maior receptor do serviço de provisão de água, com demanda de 5.427 L.s⁻¹, 74% maior do que o segundo maior receptor, o município de Araucária (1.397,5). Destacam-se também outros municípios, como Colombo (920,4 L.s⁻¹) e São José dos Pinhais (862 L.s⁻¹), pertencentes ao Núcleo Urbano Central (NUC) da RMC.

A densidade populacional é um dos principais fatores de pressão sobre os recursos hídricos. Quanto maior ela é, maiores são também a demanda por abastecimento, o volume de resíduos e efluentes gerados e o impacto sobre áreas naturais (SUDERHSA, 2007). A demanda mais elevada por serviços ecossistêmicos em locais mais urbanizados é algo que também foi observado por Baró, Gómez-Baggethun e Haase (2017) e

Favaro (2017), mostrando que a urbanização é fator diretamente associado ao aumento da demanda por serviços ecossistêmicos.

No município de Araucária, a principal demanda é industrial, ao contrário de Curitiba, cuja maior demanda é por abastecimento público em virtude da alta densidade demográfica, muito superior à dos demais municípios. Colombo possui mais demanda por abastecimento público também, e é o terceiro município em densidade demográfica na RMC, mas utiliza em grande parte fontes subterrâneas, ao contrário de Curitiba. Em São José dos Pinhais, a maior demanda também é por abastecimento público, advindo de fontes superficiais, em sua maioria, mas a demanda oriunda da agricultura também tem bastante relevância.

A avaliação da oferta-demanda do abastecimento urbano de água mostra que são esses mesmos municípios (Curitiba, Colombo, Araucária e São José dos Pinhais), além de Almirante Tamandaré e Fazenda Rio Grande, que requerem novo manancial para suprir sua demanda de abastecimento público até 2025. A comparação entre esse indicador e as áreas de proteção aos mananciais da RMC reforça que a maior demanda pela provisão de água não está nos municípios que abrigam a maior oferta potencial desse serviço ecossistêmico (Figura 3).



Fonte: com base em Agência Nacional de Águas (2015) e Coordenação da RMC (2016), respectivamente.

Figura 3. Avaliação da oferta-demanda de água na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), em 2015, e áreas de proteção aos mananciais da RMC, em 2016.

Diagnóstico do projeto Águas do Amanhã, desenvolvido pelo Grupo Paranaense de Comunicação (GRPCOM) e finalista do prêmio ANA, reuniu dados e demonstrou que a bacia do Alto Iguaçu sofre com as pressões antrópicas. Possui qualidade da água que varia de medianamente a extremamente poluída, em decorrência de fatores como ocupações irregulares e deficiência na cobertura de coleta de esgoto. Além desses fatores, na bacia existem áreas de risco de inundação, pressão pelo uso de mananciais e ausência de mata ciliar em diversos locais (GRPCOM, 2011).

Essa pressão crescente sobre os mananciais torna cada vez mais complicada a utilização dos recursos hídricos mais próximos à mancha urbana de Curitiba. A região leste da RMC, que abriga as nascentes do Rio Iguaçu era, em 2003, o principal manancial de abastecimento da região, responsável pelo atendimento de 70% da demanda (ANDREOLI *et al.*, 2003). Há expansão desordenada da malha urbana, que vem pressionando os mananciais. Locais favoráveis a essa expansão, por estarem distantes das áreas de mananciais, possuem limitações como distância da capital e geografia dos terrenos (GARCIAS; SANCHES, 2009).

Portanto, fica evidente que a urbanização, por um lado, gera o aumento da demanda por provisão de água e outros serviços e, por outro, leva à degradação de recursos naturais e perda de serviços ecossistêmicos, com efeitos irreversíveis e, em longo prazo, demandando planejamento do território em nível regional (OLIVEIRA-ANDREOLI *et al.*, 2019; GREN; ANDERSSON, 2018; XIE *et al.*, 2018).

No entanto, quando se pensa no planejamento territorial em nível metropolitano, tendo em conta os mananciais, há instrumentos importantes sendo aplicados na RMC, com envolvimento decisivo da COMEC, órgão coordenador metropolitano, as áreas de proteção ambiental (APA) e unidades territoriais de planejamento (UTP), que fazem parte do o Sistema Integrado de Gestão e Proteção aos Mananciais da RMC (SIGPROM), criado por meio de legislação específica para as áreas de mananciais, a Lei Estadual nº 12.248/1998. Entre os objetivos do SIGPROM, destaca-se o de assegurar as condições necessárias essenciais à recuperação e preservação dos mananciais para o abastecimento público e a compatibilização de ações de proteção ambiental e dos mananciais com a política de uso e ocupação do solo. As APA são um instrumento da política ambiental

metropolitana, voltada à regulamentação do uso e da ocupação do solo nas áreas de drenagem das bacias hidrográficas de mananciais de abastecimento público atual e futuro. Apesar dessa vinculação positiva, nenhuma das cinco APA que se situam nesse contexto, as do Iraí, do Piraquara, do Pequeno, do Passaúna e do Verde, possui plano de manejo, instrumento fundamental para que elas cumpram sua função de aliar as atividades humanas à proteção aos recursos naturais. Todas elas, com exceção da APA do Rio Pequeno, possuem apenas zoneamento.

As UTP são unidades territoriais que sofrem pressão por ocupação e estão localizadas em áreas urbanas de municípios que integram as áreas de interesse de proteção de mananciais. Fazem a transição entre áreas já consolidadas e áreas rurais e/ou de proteção ambiental. As UTP da RMC se localizam em locais com loteamentos de alta densidade implantados (com aprovação em décadas anteriores). Nas UTP existe a possibilidade de troca do potencial construtivo por áreas de interesse público de preservação. Na RMC existem cinco UTP: de Campo Magro, Pinhais, Guarituba, Itaquí e Quatro Barras.

Mas a atuação em nível metropolitano na implementação desses importantes instrumentos de proteção dos mananciais de abastecimento não garante o suprimento da demanda hídrica futura na bacia do Alto Iguaçu, cujo cenário é de intensa pressão antrópica.

A degradação dos mananciais de abastecimento limita o desenvolvimento e impõe uma demanda antecipada de se buscar água em locais cada vez mais distantes e com maior custo de implantação e operações dos sistemas (ANDREOLI *et al.*, 1999).

Para proteger as áreas de mananciais que garantem o abastecimento atual na Grande Curitiba, onde se concentra a maior parte da população da metrópole, é preciso, além de monitoramento do uso do solo para evitar maior pressão sobre esses mananciais, assegurar a proteção de fontes futuras de abastecimento.

A bacia do Ribeira é uma das alternativas futuras de abastecimento hídrico na RMC. Municípios como Campo Largo, Campo Magro, Itaperuçu e Rio Branco do Sul se situam total ou majoritariamente nessa bacia e apresentam mais de 90% de seu território abrangido por áreas de proteção aos mananciais.

O uso dos recursos existentes na bacia do Ribeira para abastecimento urbano da metrópole já tem sido discutido há décadas. Na década de 1990 foi proposta a elaboração de estudos visando ao uso múltiplo do Reservatório de Tijuco Alto — Bacia do Alto Ribeira — em Adrianópolis para essa finalidade, chamado Projeto Alto Ribeira (COMEC, 1997), aliás, com o risco de graves impactos ambientais (URBAN, 2003).

O Plano das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira apontou, em 2007 (SUDERHSA, 2007), a relevância futura de rios localizados na bacia do Ribeira para abastecimento urbano, como a bacia do Açungui, na região de Campo Largo. No entanto, é relevante ressaltar que as dimensões dos reservatórios terão grandes impactos ambientais e sociais, além de envolverem dificuldades técnicas e altos custos operacionais em decorrência de fatores como a distância da região polo e relevo altamente acidentado, com vales profundos e muita vegetação.

Além do potencial hídrico existente na bacia do Ribeira para abastecimento público da Grande Curitiba, as fontes subterrâneas de água na RMC possuem bastante relevância. A unidade aquífera Pré-Cambriana,

por exemplo, é fundamental como complemento ao abastecimento público e corresponde a 20% de toda a demanda de água da RMC, sendo utilizada principalmente por condomínios e postos de serviço (PARANÁ, 2009d).

O aquífero Carste, ou Karst, é considerado uma área de interesse para abastecimento público e, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná (2009d), representa uma alternativa para o abastecimento de parte da RMC, sendo dotado de ótima qualidade para consumo humano e alta produtividade na irrigação. Os municípios que estão sobre o Carste são abastecidos com águas subterrâneas. No entanto, sua exploração exige cautela, perante a vulnerabilidade do aquífero, em relação ao uso de defensivos agrícolas na região (PARANÁ, 2009d). Esse aquífero é considerado uma área de interesse de mananciais.

No entanto, este estudo identificou que muitos municípios localizados na região do Carste e/ou que fazem parte da bacia do Ribeira estão em situação preocupante quanto ao seu capital natural, com necessidade de adoção de medidas como a criação de novas UC, como será exposto na seção a seguir.

Forças motrizes e pressões sobre o capital natural e a provisão de água na Região Metropolitana de Curitiba

Na RMC, o aumento populacional e a expansão da mancha urbana têm aumentado a demanda pelo uso e ocupação do solo e, conseqüentemente, gerado pressão sobre os recursos naturais.

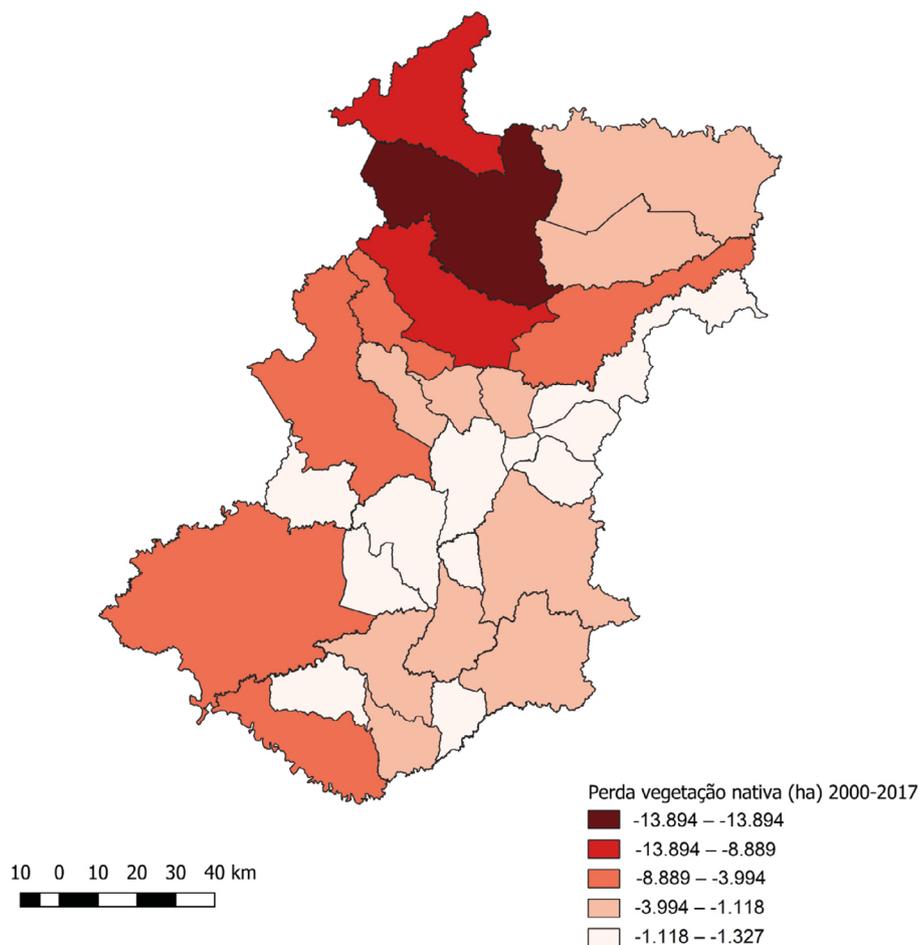
Houve perda de vegetação nativa em praticamente toda a RMC, e os municípios que mais perderam florestas estão localizados na bacia do Ribeira, na porção noroeste da RMC: Cerro Azul, Doutor Ulysses e Rio Branco do Sul. Assim, para além das áreas mais centrais da metrópole, verifica-se que foram municípios mais distantes do núcleo central os que perderam maior área de vegetação nativa entre 2000 e 2017 (Figura 4). Esse cenário ressalta a necessidade de garantir a proteção dos fragmentos florestais que ainda restam e dos remanescentes de mata atlântica, principalmente os que estão desprotegidos, especialmente nos municípios inseridos em áreas de proteção aos mananciais.

A RMC possui cerca de 20% do território composto de áreas estratégicas para a conservação, apresentando

relevante extensão nas porções leste e oeste. No entanto, apenas uma pequena porção do território metropolitano é composto de UC, seja de uso sustentável, seja de proteção integral. E, entre as 73 UC de proteção integral e áreas correlatas na RMC, apenas 11 possuem plano de manejo, um instrumento importante para a conservação ambiental, pois estabelece as normas para o trato dos recursos naturais.

A análise da proporção de UC de proteção integral em relação à área total (ha) de floresta nativa nos municípios da RMC revela uma situação preocupante em relação à conservação da biodiversidade na metrópole. Dos 29 municípios da RMC, 11 não possuem UC de proteção integral e nove têm entre 0 e 1% desse tipo de UC em relação à floresta nativa do município.

Já quanto às UC de uso sustentável, nota-se sua existência no entorno do município de Curitiba, o que reflete, em grande parte, a vinculação das áreas de proteção ambiental (APA) com as bacias contribuintes das



Fonte: com base em dados do Mapbiomas de 2000 a 2017 (PROJETO MAPBIOMAS, 2018).

Figura 4. Perda de vegetação nativa na Região Metropolitana de Curitiba entre 2000 e 2017.

represas de abastecimento público atual e futuro: as APA do Iraí, do Piraquara, do Pequeno, do Passaúna e do Verde.

De forma geral, toda a porção norte da região necessita de atenção prioritária pela tendência à diminuição significativa de vegetação associada a outros fatores, como extensa área de mananciais e de áreas estratégicas para conservação, ausência ou insuficiência na proteção de remanescentes em UC e/ou aumento da área com agropecuária.

Muitos municípios em estado de atenção prioritária em relação ao capital natural possuem baixa densidade demográfica e baixo grau de urbanização e se configuram como provedores reais ou potenciais de serviços ecossistêmicos como a provisão de água. A maior densidade

demográfica está localizada em apenas alguns municípios, pertencentes ao núcleo central mais urbanizado, onde se concentram as maiores demandas hídricas. É preciso manter a integridade dos ecossistemas nos municípios menos urbanizados, não apenas para garantir a provisão de serviços ecossistêmicos para o centro urbano, mas também para frear a aceleração da degradação ambiental decorrente do aumento populacional e da urbanização crescente, conforme apontam Danielaini, Maheshwari e Hagare (2018). Já se sabe que proteger a biodiversidade e a vegetação natural, especialmente em áreas de interesse para abastecimento urbano, é muito importante, pois os ecossistemas previnem a poluição dos recursos hídricos, reduzem a erosão e evitam inundações. Esses são fatores que ajudam na provisão de água potável (CBD, 2012).

Nesse sentido, a situação na RMC demonstra tendência de degradação do capital natural e consequente comprometimento na provisão de água em longo prazo na RMC, quando se consideram os municípios da bacia do Ribeira de forma geral. Manter a integridade dos ecossistemas na região é fundamental para garantir a provisão de recursos hídricos nessa bacia. Além dessa tendência, existem outras pressões sobre a provisão futura de água ao NUC da RMC, composto de municípios como Curitiba, São José dos Pinhais, Colombo e Araucária. Os assentamentos precários são uma dessas pressões. Sua existência gera impactos como precariedade no saneamento, com consequente poluição dos mananciais, desmatamento e aumento no risco de enchentes. No contexto da bacia do Ribeira e das áreas de proteção aos mananciais, o município de Rio Branco do Sul se destaca por possuir 35% de assentamentos precários em relação ao total de domicílios, embora esteja integralmente em área de mananciais. Outros municípios da bacia inseridos majoritariamente em áreas de mananciais também sofrem essa pressão, como Itaperuçu (19,8%) e Campo Magro (19,6%). Doutor Ulysses, Tunas do Paraná e Cerro Azul também fazem parte da bacia e, embora tenham apenas parte de seus territórios abrangida por áreas de proteção aos mananciais, estão entre os mais preocupantes em proporção de assentamentos precários: 100% nos dois primeiros e 67,2% em Cerro Azul.

Outra pressão é a atividade de mineração, que ocorre em 22 dos 29 municípios da RMC, mas geralmente em pequena escala. O município de Rio Branco do Sul é o que possui a maior área de mineração na RMC: são 113,2 ha, o que corresponde a 58% de toda a área de mineração da região. As áreas com mineração se referem à extração mineral de grande porte, com existência de clara exposição do solo por ação de maquinário pesado. Destacam-se também, na bacia do Ribeira, os municípios de Fazenda Rio Grande e Itaperuçu, por suas atividades de mineração. Sabe-se que a mineração pode ter impacto negativo sobre os recursos hídricos e, considerando-se a importância da região como potencial futuro de utilização do serviço ecossistêmico de provisão de água para a metrópole, são necessários atenção e monitoramento desse tipo de atividade na região.

Para além dos fatores relacionados ao uso do solo que causam pressão sobre os mananciais e, consequentemente, à provisão de água para a metrópole, o uso de

agrotóxicos, o esgoto não tratado e a disposição inadequada de resíduos sólidos podem comprometer a qualidade dos recursos hídricos. Na bacia do Ribeira, chama atenção a elevada proporção de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos no município de Campo Magro (49,2%), embora este tenha 100% de sua extensão compreendida em áreas de proteção aos mananciais, sendo grande parte da bacia do Ribeira. Doutor Ulysses e Cerro Azul também possuem áreas de proteção aos mananciais e lideram no uso de agrotóxicos por estabelecimento na bacia: 71,1 e 50%, respectivamente.

A bacia do Alto Iguaçu, já altamente impactada por diversos fatores, alguns já mencionados, também chama atenção em relação ao uso de agrotóxicos. A porção sudeste da RMC, além dos mananciais da bacia do Ribeira, configura-se como região de potencial hídrico para o abastecimento da metrópole. Tijucas do Sul possui significativa proporção de áreas de mananciais e tem 44,4% dos estabelecimentos com uso de agrotóxicos. Piên (87,2%), Rio Negro (86,6%) e Quitandinha (85,2%) também têm porções significativas de áreas de proteção aos mananciais e lideram no uso de agrotóxicos em termos de proporção de estabelecimentos que fazem uso desse tipo de substância.

O plano de recursos hídricos da bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2007) apontou a significativa produção agropecuária na região como fator que dificultaria a captação na bacia do Rio da Várzea, considerada fonte importante para abastecimento futuro da RMC.

Quanto ao tratamento de esgoto, na RMC, dos 22 municípios para os quais há dados disponíveis, apenas Curitiba (93%), Piraquara (80,5%) e Pinhais (80,1%) estavam em situação adequada de tratamento de esgoto em 2016.

O município em pior situação é Cerro Azul, que apresenta tratamento de esgoto referido à água consumida de apenas 1,4%. Em seguida vem Itaperuçu, com 15,8% de tratamento de esgoto, cuja atenção para o problema de saneamento deve ser uma prioridade, dada a sua relevância hídrica. Quitandinha (22,5%) e Mandirituba (25,3%) também estão em situação precária nesse sentido.

Já com relação à coleta de resíduos sólidos, nota-se na RMC maior cobertura nos municípios com características mais urbanas, como Colombo, Curitiba e Pinhais,

nos quais 100% da população tem acesso ao serviço. Os mais mal colocados na RMC são os municípios de Cerro Azul, com 39,2% de coleta, Mandirituba, com 43,5%, e Agudos do Sul, com 49,6%, todos com relevância potencial para a provisão de água.

As pressões antrópicas geradas sobre os recursos hídricos da RMC demandam atenção e monitoramento, além de ação fiscalizatória e a adoção de medidas que garantam a proteção desses recursos e a provisão de água para a metrópole, como soluções baseadas na natureza e na infraestrutura verde. É preciso intensificar também a implementação de iniciativas de pagamento por serviços ambientais na região, visando à proteção dos recursos hídricos. A RMC já apresenta diversas ações nesse sentido, que podem ser incentivadas e potencializadas.

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico, instrumento de política pública criado pioneiramente no Paraná, embora não seja denominado formalmente de pagamento por serviços ambientais, se configura como tal, pois trata do repasse de recursos financeiros aos municípios que abrigam em seus territórios UC ou áreas protegidas, ou ainda mananciais para abastecimento de municípios vizinhos. Metade dos recursos repassados pelo ICMS Ecológico é destinado a municípios que tenham em seu território manancial de abastecimento de água que se destine ao suprimento da população do município vizinho.

Os municípios da RMC que mais receberam recursos oriundos do ICMS Ecológico em razão dos ma-

nanciais foram Piraquara, Campo Magro e São José dos Pinhais. Obtiveram em 2017, respectivamente, R\$ 23.607.257,81, R\$ 10.766.454,76 e R\$ 9.160.783. Os três municípios são relevantes no abastecimento da área urbanizada da RMC.

Em tese, os recursos devem ser utilizados em ações de conservação da biodiversidade e de preservação dos mananciais, mas a aplicação efetiva desses repasses em ações dessa natureza não é certa. A Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS, 2018, p. 15) afirma que “pouco do valor recebido pelas prefeituras é investido nas áreas naturais que representam a fonte dos recursos”.

O indicador de pagamento por serviços ambientais (PSA), por fim, mostrou que 10 municípios da RMC possuíam, em 2018, algum mecanismo que utilizava o PSA, seja em arcabouço legal e/ou programas e/ou projetos de iniciativa privada ou pública. Embora importantes, são iniciativas ainda pontuais.

Em termos de PSA voltados aos recursos hídricos na RMC, destacam-se os projetos piloto desenvolvidos pela SEMA do Paraná para conservação dos recursos hídricos na Bacia do Rio Piraquara, no município de Piraquara e na bacia do Rio Miringuava, em São José dos Pinhais. As ações da SEMA são respaldadas na Lei Estadual nº 17.134/2012 (PARANÁ, 2012), que instituiu o PSA, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 1.591/2015 (PARANÁ, 2015), que estabelece como uma das modalidades de PSA a conservação dos recursos hídricos.

CONCLUSÕES

Na RMC, a mancha urbana, onde estão municípios como Curitiba, Pinhais, Almirante Tamandaré e Colombo, concentra as maiores demandas por recursos hídricos. Esses municípios se caracterizam muito mais como receptores do que como provedores do serviço de provisão de água.

Ao redor de Curitiba se concentram APA e UTP que possuem papel importante na preservação dos principais mananciais que atualmente abastecem a metrópole e que são um fator positivo quando se considera seu planejamento territorial. Ainda assim, é inevitável a busca por novos mananciais ao longo do tempo, diante da alta degradação na bacia do Alto Iguaçu e do aumento crescente na demanda pela provisão de água.

Se, por um lado, parece evidente que a dinâmica urbana da metrópole se concentre nos municípios que fazem parte do chamado NUC, onde estão as principais movimentações pendulares de população e mesmo os mananciais que abastecem a mancha urbana, é imprescindível notar que são os municípios do entorno os maiores provedores reais ou potenciais de serviços. Alguns, principalmente os localizados no extremo norte da RMC, destacam-se pela significativa disponibilidade hídrica, com potencial futuro de abastecimento.

No entanto, a RMC como um todo demonstra tendência de degradação do capital natural e consequente comprometimento na provisão de água em longo prazo, com destaque para a bacia do Ribeira, que apre-

senta potencial para abastecimento futuro da Grande Curitiba.

O estudo demonstra que a perspectiva dos serviços ecossistêmicos favorece a busca por coesão entre os municípios da RMC, quando se observa que as dinâmicas que ali ocorrem vão além daquelas mais evidentes na mancha urbana, extrapolando os municípios mais urbanizados.

Nesse contexto, o planejamento territorial na RMC deve ser pensado tendo em vista esses fluxos de serviços. E, dessa forma, a conservação da biodiversidade deve ser encarada não como elemento desconectado da realidade urbana, mas relevante para a proteção de áreas fundamentais para a provisão de serviços ecossistêmicos como a água.

Embora a legislação e os instrumentos de recursos hídricos sejam bem formulados, indicando as necessárias integrações com as diversas políticas e a gestão

descentralizada como princípios básicos desse sistema, na prática ainda há dificuldades. Não obstante permaneça o desafio histórico de se criarem arranjos institucionais e territoriais no espaço metropolitano que favoreçam o desenvolvimento socioeconômico e ambiental de forma harmônica e integrada, adotar a perspectiva da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos do qual dependem os municípios da metrópole pode ser um caminho para fortalecer essa integração territorial.

Além dos desafios de governança e das demandas de planejamento já conhecidas, como monitoramento do uso do solo, fiscalização e criação de áreas protegidas, os tempos atuais demandam a busca por soluções inovadoras para melhorar a gestão da água na metrópole, por meio de seu uso racional e método cíclico, e retardar a necessidade de se buscar captação em mananciais cada vez mais distantes e com maior custo operacional.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil, que apoiou a reali-

zação desta pesquisa, sob código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2015. *Atlas Brasil do Abastecimento Urbano de Água*. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2015. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8&mapa=diag>>. Acesso em: 1º jun. 2018.

ANDREOLI, C.V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba impostos pela escassez da água. *Sanare*, Curitiba, v. 12, n. 12, p. 31-42, jul./dez. 1999.

AQUINO, M.D.; MOTA, S. Planejamento ambiental e ordenamento territorial em bacias hidrográficas. In: PHILIPPI JR., A.; SOBRAL, M. do C. *Gestão de Bacias Hidrográficas e sustentabilidade*. Barueri: Manole, 2019.

BARÓ, F.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; HAASE, D. Ecosystem service bundles along the urban-rural gradient: Insights for landscape planning and management. *Ecosystem Services*, v. 24, p. 147-159, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.021>

BARRON, S.; SHEPPARD, S.R.J.; CONDON, P.M. Urban Forest Indicators for Planning and Designing Future Forests. *Forests*, v. 7, n. 9, p. 208-235, 2016. <https://doi.org/10.3390/f7090208>

BENITEZ-CAPISTROS, F.; HUGÉ, J.; KOEDAMA, N. Environmental impacts on the Galapagos Islands: Identification of interactions, perceptions and steps ahead. *Ecological Indicators*, v. 38, p. 113-123, mar. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.019>

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CBD). *Cities and Biodiversity Outlook*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2012. 64 p.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (COMEC). Mapas: *Manancial de Abastecimento* – Decreto nº 4.435/2016. Região Metropolitana de Curitiba: COMEC, 2016. Disponível em: <<http://www.comec.pr.gov.br/Pagina/Mapas>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (COMEC). Mapas: Região Metropolitana de Curitiba (29 municípios). Região Metropolitana de Curitiba: COMEC, 2012. Disponível em: <<http://www.comec.pr.gov.br/Pagina/Mapas>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (COMEC). *Projeto Alto Ribeira*: proposta alternativa de abastecimento público de água potável para a RMC. Região Metropolitana de Curitiba: COMEC, 1997. Disponível em: <<https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/projeto-alto-ribeira-proposta-alternativa-de-abastecimento-publico-de-agua>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (COMEC). Região Metropolitana de Curitiba. *Revista da Região Metropolitana de Curitiba*, 2017. Disponível em: <http://www.comec.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2019-11/revista_fev_2017.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2018.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Londres, v. 387, p. 253-260, maio 1997. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

CZÚCZ, B.; ARANY, I. Indicators for ecosystem services. In: POTSCHIN, M.; JAX, K. (orgs.). *OpenNESS Ecosystem Services Reference Book*. EC FP7 Grant Agreement no. 308428. 2016. Disponível em: <<http://www.openness-project.eu/sites/default/files/SP-Indicators.pdf>>. Acesso em 3 mar. 2018.

CZÚCZ, B.; ARANY, I.; POTSCHIN-YOUNG, M.; BERECZKI, K.; KERTÉSZ, M.; KISS, M.; ASZLÓS, R.; HAINES-YOUNG, R. Where concepts meet the real world: A systematic review of ecosystem service indicators and their classification using CICES. *Ecosystem Services*, v. 29, parte A, p. 145-157, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.018>

DANIELAINI, T.T.; MAHESHWARI, B.; HAGARE, D. Defining rural–urban interfaces for understanding ecohydrological processes in West Java, Indonesia: Part II. Its application to quantify rural–urban interface ecohydrology. *Ecohydrology & Hydrobiology*, v. 18, n. 1, p. 37-51, jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.11.007>

EGOH, B.; DRAKOU, E.; DUNBAR, M.B.; MAES, J.; WILLEMEN, L. Indicators for Mapping Ecosystem Services: A Review. Luxemburgo: EU Publications Office, 2012. <https://doi.org/10.13140/2.1.3420.2565>

FAVARO, A.K.M.I. *Estudo do fluxo de Serviços Ambientais na Região Metropolitana de São Paulo*. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

GARCIAS, C.M.; SANCHES, A.M. Vulnerabilidades socioambientais e as disponibilidades hídricas urbanas: levantamento teórico-conceitual e análise aplicada à região metropolitana de Curitiba – PR. *Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo*, n. 10, p. 96-111, 2009. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i10p96-111>

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; GROOT, R. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, v. 16, n. 3, p. 4-14, set. 2007.

GONZÁLEZ-GARCÍA, A.; PALOMO, I.; GONZÁLEZ, J.A.; LÓPEZ, C.A.; MONTES, C. Quantifying spatial supply-demand mismatches in ecosystem services provides insights for land-use planning. *Land Use Policy*, v. 94, 104493, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104493>

GREN, Å.; ANDERSSON, E. Being efficient and green by rethinking the urban-rural divide - Combining urban expansion and food production by integrating an ecosystem service perspective into urban planning. *Sustainable Cities and Society*, v. 40, p. 75-82, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.031>

GRUPO PARANAENSE DE COMUNICAÇÃO (GRPCOM). Águas do amanhã: Retrato do Alto Iguaçu. *Gazeta do Povo*, 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/premioana/doc/20130923_20110605%20Retrato%20do%20Alto%20Igua%C3%A7u.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2018.

GUTIERREZ, R.L.; FERNANDES, V.; RAUEN, W B. Princípios protetor-recebedor e poluidor-pagador como instrumentos de incentivo à redução do consumo de água residencial no município de Curitiba (PR). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 5, p. 899-909, 2017. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017151387>

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). *Áreas Estratégicas para a Conservação da Biodiversidade no Paraná: Informações Técnicas*. IAP, 2009. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=754>>. Acesso em: 6 dez. 2017.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). ICMS Ecológico por Biodiversidade. IAP, 2018. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-418.html>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agropecuário. Brasil: IBGE, 2017a. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>>. Acesso em: 10 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas da população. Brasil: IBGE, 2017b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 5 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas da população. Brasil: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 5 jan. 2019.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). Base de Dados do Estado: BDEweb. Paraná: IPARDES, 2018. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES). *The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services*. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016. 348 p.

KRUEGER, T.; PAGE, T.; HUBACEK, K.; SMITH, L.; HISCOCK, K. The role of expert opinion in environmental modelling. *Environmental Modelling & Software*, v. 36, p. 4-18, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.01.011>

LAYKE, C. Measuring Nature's Benefits: A Preliminary Roadmap for Improving Ecosystem Service Indicators. *WRI Working Paper*, Washington, D.C., 2009. Disponível em: <http://pdf.wri.org/measuring_natures_benefits.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2018.

LINSTONE, H.A.; TUROFF, M. *The Delphi method: techniques and applications*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1975.

MACE, G.M.; BATEMAN, I. Conceptual framework and methodology. In: ALBON, S.; BALMFOR, A.; BROWN, C.; CHURCH, A.; HAINES-YOUNG, R.; PRETTY, J.N.; TURNER, K.; VIRA, B.; WINN, J. (orgs.). *The UK national ecosystem assessment technical report*. UK National Ecosystem Assessment, UNEP-WCMC, 2011. p. 11-26.

MARQUES, E.; GOMES, S.; GONÇALVES, R.; TOLEDO, D.; MOYA, E.; CAZZOLATO, D.; FERREIRA, M.P. *Assentamentos precários no Brasil urbano*. Brasília: Centro de Estudos da Metrópole, CEBRAP/Secretaria Nacional da Habitação, Ministério das Cidades, 2007. (Projeto PNUD BRA/00/019 Apoio à implementação do Programa Habitar Brasil-BID.)

MASEYK, F.J.F.; MACKAY, A.D.; POSSINGHAM, H.P.; DOMINATI, E.J.; BUCKLEY, Y.M. Managing Natural Capital Stocks for the Provision of Ecosystem Services. *Conservation Letters*, v. 10, n. 2, p. 211-220, mar./abr. 2017. <https://doi.org/10.1111/conl.12242>

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Washington, D.C.: Island Press, 2005. v. 1.

MEADOWS, D. *Indicators and information systems for sustainable development*. Hartland Four Corners: The Sustainability Institute, 1998.

OLEWILER, N. Environmental sustainability for urban areas: The role of natural capital indicators. *Cities*, v. 23, n. 3, p. 184-195, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2006.03.006>

OLIVEIRA-ANDREOLI, E.Z.; SILVA, F.L.; LÓPEZ, F.M.A.; MACHADO, R.; TEODORO, C.C.; BIANCHINI JR., I.; CUNHA-SANTINO, M.B.; FUSHITA, A.T.; CRESTANA, S. Importância do planejamento regional para a manutenção dos usos múltiplos da água em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 52, p. 16-27, jun. 2019. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190479>

PARANÁ. *Decreto nº 1.591, de 2 de junho de 2015*. Regulamenta as normas da Lei Estadual nº 17.134, de 25 de abril de 2012, que instituiu o Pagamento por Serviços Ambientais e o Biocrédito no âmbito do Estado do Paraná. Paraná: Governo do Estado, 2015. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/pr/decreto-n-1591-2015-parana-regulamenta-as-normas-da-lei-estadual-n-17134-de-25-de-abril-de-2012-que-instituiu-o-pagamento-por-servicos-ambientais-e-o-biocredito-no-ambito-do-estado-do-parana>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

PARANÁ. *Decreto nº 4.435, de 29 de junho de 2016*. Declara as Áreas de Interesse de Mananciais de Abastecimento Público da Região Metropolitana de Curitiba e dá outras providências. Paraná: Governo do Estado, 2016. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/pr/decreto-n-4435-2016-parana-declara-as-areas-de-interesse-de-mananciais-de-abastecimento-publico-da-regiao-metropolitana-de-curitiba-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

PARANÁ. *Lei nº 12.248, de 31 de julho de 1998*. Cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos mananciais da RMC. Paraná: Assembleia Legislativa, 1998. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-12248-1998-parana-cria-o-sistema-integrado-de-gestao-e-protecao-dos-mananciais-da-rmc>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

PARANÁ. *Lei nº 17.134, de 25 de abril de 2012*. Institui o Pagamento por Serviços Ambientais, em especial os prestados pela Conservação da Biodiversidade, integrante do Programa Bioclima Paraná, bem como dispõe sobre o Biocrédito. Paraná: Assembleia Legislativa, 2012. Disponível em: <<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=67272&codTipoAto=&tipoVisualizacao=original>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto das Águas do Paraná. *Elaboração do plano estadual de recursos hídricos: Produto 1.1 – Anexo I. Diagnóstico das demandas e disponibilidades hídricas superficiais*. Curitiba: COBRAPE, 2009a. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_1_AnexoI_RevisaoFinal.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto das Águas do Paraná. *Elaboração do plano estadual de recursos hídricos: Produto 1.1 – Anexo II. Diagnóstico das demandas e disponibilidades hídricas superficiais*. Curitiba: COBRAPE, 2009b. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_1_AnexoII_RevisaoFinal.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto das Águas do Paraná. *Elaboração do plano estadual de recursos hídricos: Produto 1.1 – Diagnóstico das demandas e disponibilidades hídricas superficiais*. Curitiba: COBRAPE, 2009c. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_1_RevisaoFinal.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Instituto das Águas do Paraná. *Elaboração do plano estadual de recursos hídricos*: Produto 1.2 – Parte B Diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas. Curitiba: COBRAPE, 2009d. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_2_ParteB_RevisaoFinal.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

PAULA JR., D.R.; POMPERMAYER, R.S. Indicadores de sustentabilidade para análise comparativa de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 6, p. 27-33, 2007.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 3 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2018. Disponível em: <<https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

SAARIKOSKI, H.; PRIMMER, E.; SAARELA, S.-R.; ANTUNES, P.; ASZALÓS, R.; BARÓ, F.; BERRY, P.; BLANKO, G.G.; GOMÉZ-BAGGETHUN, E.; CARVALHO, L.; DICK, J.; DUNFORD, R.; HANZU, M.; HARRISON, P.A.; IZAKOVICOVA, Z.; KERTÉSZ, M.; KOPPEROINEN, L.; KÖHLER, B.; LANGEMEYER, J.; LAPOLA, D.; LIQUETE, C.; LUQUE, S.; MEDERLY, P.; NIEMELÄ, J.; PALOMO, I.; PASTUR, G.M.; PERI, P.L.; PREDÁ, E.; PRIESS, J.A.; SANTOS, R.; SCHLEYER, C.; TURKELBOOM, F.; VADINEANU, A.; VERHEYDEN, W.; VIKSTRÖM, S.; YOUNG, J. Institutional challenges in putting ecosystem service knowledge in practice. *Ecosystem Services*, v. 29, Part C, p. 579-598, fev. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.019>

SHEPHERD, E.; MILNER-GULLAND, E.J.; KNIGHT, A.T.; LING, M.A.; DARRAH, S.; VAN SOESBERGEN, A.; BURGESS, N.D. Status and Trends in Global Ecosystem Services and Natural Capital: Assessing Progress Toward Aichi Biodiversity Target 14. *Conservation Letters*, v. 9, n. 6, p. 429-437, nov./dez. 2016. <https://doi.org/10.1111/conl.12320>

SILVA, J.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; ANDREOLI, C.V.; RAUEN, W.B. Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. *Journal of Environmental Management*, v. 254, p. 109750-109751, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109750>

SILVA, J.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; RAUEN, W.B. Sustainable development assessment from a capitals perspective: Analytical structure and indicator selection criteria. *Journal of Environmental Management*, v. 260, p. 110147, 2020b. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110147>

SINGH, R.K.; MURTY, H.R.; GUPTA, S.K.; DIKSHIT, A.K. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Índice de esgoto tratado referente à água consumida. SNIS, 2016a. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 15 set. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total do município. SNIS, 2016b. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL (SPVS). *Diretrizes para a conservação da biodiversidade na Região Metropolitana de Curitiba*: áreas prioritárias, ações estratégicas e integração regional. Curitiba: SPVS, 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). *Plano das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira*. SUDERHSA, 2007. Disponível em: <<http://www.recursohidricos.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em: 5 jul. 2018.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY PROJECT (TEEB). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. London/Washington, D.C.: Pushpam Kumar, Earthscan, 2010. Disponível em: <<http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations/#.Ujr1xH9mOG8>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

TURNER, M.G.; DONATO, D.C.; ROMME, W.H. Consequences of spatial heterogeneity for ecosystem services in changing forest landscapes: priorities for future research. *Landscape Ecology*, v. 28, p. 1081-1097, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9741-4>

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). *World Cities Report 2016*. Nairóbi: UN-Habitat, 2017. Disponível em: <<http://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/WCR-2016-Full-Report.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

URBAN, T. *Delírio das Águas*: projeto de troca dos mananciais sacrifica bacia do Ribeira. 2003. Disponível em: <<https://site-antigo.socioambiental.org/website/parabolicas/edicoes/edicao42/reportag/pg03.htm>>. Acesso em: 5 dez. 2018.

VEIGA, T.B.; COUTINHO, S.S.; TAKAYANAGUI, A.M.M. Aplicação da técnica Delphi na construção de indicadores de sustentabilidade. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 4, p. 31-45, 2013. <http://dx.doi.org/10.17271/19800827942013533>

WEI, H.; FAN, W.; DING, Z.; WENG, B.; XING, K.; WANG, X.; LU, N.; ULGIATI, S.; DONG, X. Ecosystem Services and Ecological Restoration in the Northern Shaanxi Loess Plateau, China, in Relation to Climate Fluctuation and Investments in Natural Capital. *Sustainability*, v. 9, n. 2, p. 199-2199, fev. 2017. <https://doi.org/10.3390/su9020199>

WOOD, S.L.R.; JONES, S.K.; JOHNSON, J.A.; BRAUMAN, K.A.; CHAPLIN-KRAMER, R.; FREMIER, A.; GIRVETZ, E.; GORDON, L.J.; KAPPEL, C.V.; MANDLE, L.; MULLIGAN, M.; O'FARRELL, P.; SMITH, W.K.; WILLEMEN, L.; ZHANG, W.; DECLERCK, F.A. Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, v. 29, parte A, p. 70-82, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.010>

WRIGHT, J.T.C.; GIOVINAZZO, R.A. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000.

XIE, W.; HUANG, Q.; HE, C.; ZHAO, X. Projecting the impacts of urban expansion on simultaneous losses of ecosystem services: A case study in Beijing, China. *Ecological Indicators*, v. 84, p. 183-193, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.055>

YASSUDA, E.R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. *Revista de Administração Pública*, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.

