

FERNANDO HENRIQUE MACHADO

**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA:
SELEÇÃO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM, JUNDIAÍ - SP, BRASIL**

Sorocaba

2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

FERNANDO HENRIQUE MACHADO

**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA:
SELEÇÃO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM, JUNDIAÍ - SP, BRASIL**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Linha de pesquisa: Recursos hídricos, manejo e monitoramento ambiental

Orientador: Prof. Dr. Gerson Araujo de Medeiros

Sorocaba
2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências ambientais

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Machado, Fernando Henrique.

Proposição de indicadores de segurança hídrica: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, Jundiá - SP, Brasil / Fernando Henrique Machado, 2018.

255 f.: il.

Orientador: Gerson Araújo de Medeiros.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2018.

1. Desidratação (Hídrica). 2. Bacias hidrográficas. 3. Jundiá (SP). I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Proposição de indicadores de segurança hídrica: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, Jundiá - SP, Brasil

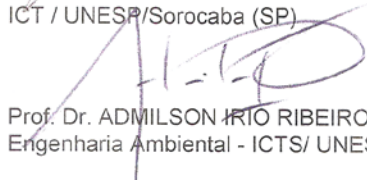
AUTOR: FERNANDO HENRIQUE MACHADO

ORIENTADOR: GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:



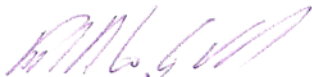
Prof. Dr. GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS
ICT / UNESP/Sorocaba (SP)



Prof. Dr. ADMILSON IRÍÓ RIBEIRO
Engenharia Ambiental - ICTS/ UNESP / UNESP-Sorocaba



Prof. Dr. ALEXANDRE MARCO DA SILVA
Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia/UNESP/Sorocaba



Prof. Dr. FÁBIO AUGUSTO GOMES VIEIRA REIS
IGCE / UNESP/Rio Claro (SP)



PESQUISADOR JENER FERNANDO LEITE DE MORAES
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais / INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS

Sorocaba, 01 de março de 2018

Dedico este trabalho aos pilares da minha vida, meus pais Antônio (Machado) e Norma, dos quais nunca mediram esforços visando me propiciar as oportunidades que eles não tiveram.

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta tese, de abrangência interdisciplinar, característica intrínseca das Ciências Ambientais, não seria possível sem a colaboração e incentivo de diferentes profissionais. Logo, repousam-se neste estudo inúmeros agradecimentos a pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação nessa importante fase. Em especial, faz-se necessário destacar meus agradecimentos:

Ao orientador desta pesquisa, prof. Dr. Gerson Araujo Medeiros que, enquanto candidato desconhecido e selecionado no processo seletivo, concedeu-me a oportunidade de desenvolver o presente estudo, bem como variadas atividades extracurriculares. Assim como, agradeço pela sua paciência, confiança depositada e, sobretudo, pela disponibilidade e conhecimento compartilhado a fim de atingir os objetivos propostos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) e, conseqüentemente, ao governo do estado de São Paulo, por fomentar a oferta de um curso gratuito, bem como a estrutura básica para desenvolvê-lo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e, conseqüentemente, ao governo federal, pela concessão da bolsa de estudo, permitindo-me uma maior dedicação à pesquisa.

Aos professores das disciplinas cursadas: Jonas Teixeira Nery; Renata Fracácio; David Crowley; Gerson Araujo de Medeiros; Viviane Moschini Carlos; Admilson Írio Ribeiro; e Sheila Cardoso da Silva.

Aos servidores administrativos Eva Rodrigues e Carlos Reche do ICTS/UNESP que, de maneira muito solícita e de bom grado, sempre estiveram dispostos a esclarecer e resolver os trâmites burocráticos relacionados ao PPGCA.

Aos membros da banca de qualificação, profs. Dr. Alexandre Silva e Dr. Admilson Ribeiro, pelas revisões, sugestões e direcionamentos visando à melhoria da pesquisa. Da mesma forma, aos membros externos da banca de defesa, profs. Dr. Fábio Reis e Dr. Jener Moraes.

Ao prof. Dr. Jener Fernando Leite de Moraes do Instituto Agrônômico (IAC), pela disponibilização da base cartográfica e dos estudos diagnósticos existentes na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, cujos os quais alicerçaram o desenvolvimento deste estudo.

Ao pesquisador Afonso Peche Filho (CEA/IAC) que, com sua ampla experiência no campo das ciências ambientais e agrárias, me propiciou reflexões acerca dos mais variados temas, assim como àqueles diretamente utilizados neste estudo.

Ao Dr. Felipe Hashimoto Fengler pelas orientações, discussões e apoios concedidos em vários momentos ao longo da construção desta tese, bem como pelo apoio na elaboração dos mapas cartográficos utilizados neste estudo.

Aos colegas Dr. Adriano Bressane, Dr. Erik Sartori e Dr. Frederico Beghelli, dos quais tiveram relevante participação na minha formação, bem como por estarem sempre dispostos e solícitos no compartilhamento de seus conhecimentos; sobretudo em discussões, atividades laboratoriais, atividades de revisão e aplicação de métodos estatísticos.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa da FMB/UNESP que, gentilmente, fizeram a apreciação ética do protocolo de pesquisa utilizado neste estudo e, em especial, ao secretário Kleber Camargo e a parecerista prof. Dr.^a Silvana A. Molina Lima.

Ao prof. Dr. André Henrique Rosa que, enquanto diretor do campus, autorizou o encaminhamento do protocolo de pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa da FMB/UNESP; assim como, pela disponibilização da infraestrutura laboratorial para as análises físico-químicas realizadas.

Ao quadro de especialistas que destinaram parte do seu dia para, voluntariamente, responderem o questionário utilizado nesta pesquisa.

Ao professor Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique que, em um cenário de poucas oportunidades, me acolheu ao longo de duas disciplinas como estagiário, compartilhando suas experiências didático-acadêmicas.

Ao prof. Dr. Leonardo Fernandes Fraceto pela atenção dispensada enquanto coordenador do PPGCA, bem como pela oportunidade de participar ao longo de três edições do trabalho de extensão “Mostra Científica para Jovens Talentos de Sorocaba”, cujas atividades me propiciaram uma visão mais politizada e reflexiva da importância de atividades dessa natureza.

Por fim, a minha esposa, Catarina Carvalho, pelo constante apoio manifestado das mais variadas formas e contextos durante o desenvolvimento deste estudo. A você, os meus amáveis agradecimentos!

[...] No sopé da Serra, o lirismo do japi entoou o canto da vila e o peixe jundiá nadou solto por entre desejos de uma bela cidade, como se nada mais houvesse, apenas água pura, oxigênio e liberdade.

A Boca do Sertão era parte da nova terra e ela era grande, imensa, daqui até lá, da serra ao acolá, longe como "tiro de canhão."

Rafael de Oliveira, o pai, não o filho, foi fundador da Vila na praia do Jundiá, o rio mais bonito que ainda corre por aqui. Soluça por compaixão e um dia, quem sabe, conscientes, voltaremos a amá-lo, então. [...]

Por Douglas Mondo,
em "Jundiá é aqui".

MACHADO, F. H. **Proposição de indicadores de segurança hídrica: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, Jundiaí - SP, Brasil.** 2018. 255 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Sorocaba, 2018.

RESUMO

As bacias hidrográficas localizadas em áreas densamente ocupadas e industrializadas sofrem diferentes pressões antrópicas, situação que compromete a qualidade e quantidade da água. Esse cenário, peculiar nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (BH-PCJ), reflete também na sub-bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim (BH-JM), responsável pelo fornecimento de 95% da água consumida por Jundiaí-SP. Todavia, a vazão produzida nesta bacia é insuficiente para atender as demandas do município, necessitando da reversão sazonal das águas do rio Atibaia. Diante desse quadro de estresse hídrico, este estudo visou propor e analisar um conjunto de indicadores de segurança hídrica visando a melhoria da capacidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos da BH-JM. Assim, utilizou-se de uma abordagem metodológica pautada na seleção, validação, aplicação e estruturação de indicadores de segurança hídrica em um modelo de causa-efeito. Os indicadores foram submetidos à avaliação por meio de um painel multidisciplinar de especialistas utilizando-se o método *Delphi*. Os indicadores validados pelo painel foram discutidos e, posteriormente, sistematizados a fim do estabelecimento das diretrizes. Os indicadores selecionados foram: (i) oferta de água; (ii) reservatórios de água; (iii) rede de distribuição; (iv) perdas na distribuição de água potável; (v) transposição de água; (vi) qualidade físico-química e biológica da água; e (vii) políticas públicas. Os principais resultados foram: (i) a série histórica analisada apontou um crescimento populacional de 1,8% a.a., conquanto a produção de água tratada cresceu a taxas inferiores (1,2% a.a.), onde verificou-se a redução constante do consumo *per capita* de 248 L hab.⁻¹ dia⁻¹ para 203 L hab.⁻¹ dia⁻¹ em um período de 17 anos; (ii) as áreas ocupadas por lagos e reservatórios foram ampliadas em 703% em um período de 4 décadas, sendo a maior área representada pelo reservatório de abastecimento público, do qual estimou-se receber uma carga de sedimentos de 1,5 mil t ano⁻¹; (iii) o crescimento geométrico da rede de distribuição aumentou a taxas de 3,1% a.a., refletindo no aumento linear do número de ligações ativas de água; (iv) as perdas médias do sistema de distribuição de água potável encontra-se na ordem de 34% ao longo de quase duas décadas, representando perdas de aproximadamente 17,6 milhões de m³ ano⁻¹ ou R\$ 38,3 milhões ano⁻¹; (v) uso cada vez mais frequente das águas revertidas do rio Atibaia, medida que pode emergir inúmeros desdobramentos e conflitos futuros pelo uso da água na região; (vi) alterações adversas na qualidade físico-química da água da BH-JM em decorrência da transposição, como o aumento na concentração de íons metálicos, turbidez, cloreto, dentre outros; (vii) identificou-se um amplo aparato jurídico-ambiental relacionadas à BH-JM, porém com baixa eficácia jurídica em suas aplicações. Em face dos resultados, 49 diretrizes de gestão foram propostas. Desse modo, a abordagem metodológica empregada revelou-se adequada e replicável para outras bacias, uma vez que: a partir do método *Delphi* foi possível estabelecer critérios de seleção de indicadores considerando a problemática em análise; a discussão individual dos indicadores permitiu uma melhor compreensão das dinâmicas envolvidas em cada indicador; a estruturação dos indicadores em um modelo-causal permitiu a sistematização das informações e, conseqüentemente, contribuiu para o estabelecimento das diretrizes.

Palavras-chave: Pressão antrópica. Escassez hídrica. Estresse hídrico. Transposição de água. Bacias PCJ.

MACHADO, F. H. **Proposition water security indicators: selection, validation and application in the Jundiaí-Mirim river basin, Jundiaí - SP, Brazil.** 2018. 255 pages. Thesis (doctoral's degree in Environmental Sciences) – Institute of Science and Technology of Sorocaba, São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Sorocaba, 2018.

ABSTRACT

The river basins located in densely occupied and industrialized areas are subject to different anthropogenic pressures, a condition that compromises directly the quality and quantity of water resources. This situation is common in the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí river basins (BH-PCJ), southwestern Brazil, as well as in the Jundiaí-Mirim river basin (BH-JM) (sub-basin of the Jundiaí river). The BH-JM is a strategic area due to supply 95% of the raw water consumed by Jundiaí-SP. However, the available water flow in this basin is not enough to meet the local demands. This fact led to the need for seasonal interbasin water transfer from the Atibaia river. In view of this water stress scenario, this study aimed to propose and analyze a set of water security indicators for improving the planning and management capacity of the BH-JM water resources. Therefore, a methodological approach based in selection, validation, application and structuring of water safety indicators was used in a cause-effect model. The indicators were submitted to the assessment through a multidisciplinary panel of experts using the Delphi method. The valid indicators from the panel were well discussed and, posteriorly, systematized for purpose of establishment of guidelines. The selected indicators were: (i) water supply; (ii) water reservoir; (iii) drinking water distribution system; (iv) drinking water losses in the distribution system; (v) interbasin water transfer; (vi) physical-chemical and biological water quality; (vii) public policies. The main results were: (i) the historical series analyzed showed a population growth rate of 1.8% p.a., while the potable water production was 1.2% p.a., where there was a constant reduction of consumption of 248 L inhabitant⁻¹ day⁻¹ to 203 L inhabitant⁻¹ day⁻¹ in 17 years; (ii) the areas occupied by lakes and reservoirs in BH-JM were increased by 703% in 4 decades, the largest area represented by the public supply reservoir, from which it was estimated that a sediment load of 1,5 thousand tons⁻¹; (iii) the geometric growth of the distribution network was of 3.1% p.a., reflecting the linear increase in the number of hydrometric water connections; (iv) the average of drinking water losses in the distribution systems was around 34% over almost two decades, representing losses of about 17.6 million m³ year⁻¹ or R\$ 38.3 million year⁻¹; (v) increasingly frequent use of the interbasin water transfer from Atibaia river, a measure that may result in many unfolding and future conflicts over the use of water in the region; (vi) adverse changes in the physical-chemical quality of BH-JM water due to interbasin water transfer, such as the increase in the concentration of metallic ions, turbidity, chloride, among others; (vii) an ample environmental legislative framework related to BH-JM was identified, but with low legal effectiveness in their applications. In view of the results, 49 management guidelines were proposed. Therefore, the methodological approach used demonstrated to be adequate and replicable for other river basins, once that: the Delphi method developed allowed to set up criteria of indicators selection considering the research questions analyzed; the indicators discussion allowed a better understanding of the dynamics involved in each indicator; the indicators structuring in a causal model allowed the information systematization and, thus, it is contributed to the establishment the management guidelines.

Keywords: Anthropogenic pressure. Water scarcity. Water stress. Interbasin water transfer. PCJ river basins.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura da pesquisa	29
Figura 2 – Vazões captadas em diferentes países do mundo em 2014.....	31
Figura 3 – Conjunto de diretrizes relacionadas à segurança hídrica	33
Figura 4 – Estrutura utilizada para caracterização da área de estudo.....	36
Figura 5 – Mapa de localização da Aglomeração Urbana de Jundiaí no estado de São Paulo e na Macrometrópole Paulista	38
Figura 6 – IDHM dos municípios que compõem a BH-JM	44
Figura 7 – PIB <i>per capita</i> dos municípios de abrangência da BH-JM	45
Figura 8 – Distribuição populacional dos municípios que compõem a BH-JM.....	46
Figura 9 – Mapa de localização da BH-JM e limites municipais.....	53
Figura 10 – Fluxograma de pesquisa utilizado para seleção dos indicadores de segurança hídrica da BH-JM	60
Figura 11 – Critério de seleção dos indicadores de segurança hídrica utilizando o NC e o IVC	66
Figura 12 – Faixa etária dos especialistas consultados	75
Figura 13 – Atividade profissional dos especialistas consultados	75
Figura 14 – Tempo de experiência profissional e/ou acadêmica na área ambiental dos especialistas consultados	76
Figura 15 – Área de formação acadêmica (graduação) dos especialistas consultados.....	76
Figura 16 – Maior grau acadêmico dos especialistas consultados	77
Figura 17 – <i>nMDS</i> das características gerais dos especialistas do painel <i>Delphi</i>	78
Figura 18 – Dendrograma das características gerais dos especialistas do painel <i>Delphi</i>	78
Figura 19 – <i>nMDS</i> considerando os níveis de importância atribuídos pelos especialistas para os InSeg	79
Figura 20 – Dendrograma considerando os níveis de importância atribuídos pelos especialistas para os InSeg	79
Figura 21 – Estrutura de discussão dos indicadores de segurança hídrica da BH-JM	87
Figura 22 – Crescimento populacional e volume de água potável produzido e consumido anualmente em Jundiaí entre os anos de 1998 a 2015.....	91
Figura 23 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o volume produzido e a evolução populacional	93

Figura 24 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o volume consumido e a evolução populacional	93
Figura 25 – Consumo médio <i>per capita</i> por ano entre os anos de 1998 e 2015 em Jundiáí....	94
Figura 26 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o consumo <i>per capita</i> e a evolução populacional	95
Figura 27 – Evolução temporal das áreas ocupadas por lagos e reservatórios nos anos de 1975, 2001 e 2015 na BH-JM.....	102
Figura 28 – Área ocupada por lagos e reservatórios nos anos de 1972 (A), 2001 (B) e 2015 (C) na BH-JM	103
Figura 29 – Índice de perdas de água na distribuição e índice de perdas de água por ligação em Jundiáí entre os anos de 1999 e 2015	113
Figura 30 – Quantidade de ligações ativas de água em Jundiáí entre os anos 1999 e 2015..	114
Figura 31 – Índice bruto de perdas lineares de água e extensão da rede de distribuição de água de Jundiáí entre os anos 1999 e 2015	115
Figura 32 – Coeficiente de correlação de Spearman entre a quantidade de ligações ativas e a extensão da rede de distribuição	116
Figura 33 – Coeficiente de correlação de Spearman entre o índice de perdas lineares e a extensão da rede de distribuição	116
Figura 34 – Representatividade dos rios Atibaia (via transposição) e Jundiáí-Mirim como fonte no sistema de abastecimento público de Jundiáí	127
Figura 35 – Região de lançamento da água revertida do rio Atibaia para a BH-JM e uso da terra no entorno durante o período sem transposição	129
Figura 36 – Ponto de lançamento (escada de dissipação) da água revertida do rio Atibaia para a BH-JM durante o período de transposição	129
Figura 37 – Ausência de mata ciliar, espécies vegetativas exóticas e assoreamento do rio Jundiáí-Mirim durante a transposição na região central da bacia	130
Figura 38 – Solopamento das margens em decorrência do aumento da vazão durante o período de transposição na região central da bacia.....	130
Figura 39 – Localização, ilustração e área de drenagem dos pontos de amostragem durante o período sem e com transposição na BH-JM	141
Figura 40 – Variação percentual média dos parâmetros analisados entre os períodos sem e com transposição na BH-JM	143
Figura 41 – Classificação trófica dos pontos amostrados na BH-JM.....	152

Figura 42 – Dendrograma elaborado a partir dos resultados das análises físico-químicas, hidrobiológicas e de metais na BH-JM	159
Figura 43 – Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) dos pontos amostrados e respectivos parâmetros que contribuíram para suas distribuições.....	160
Figura 44 – Imagens do Parque da Cidade localizado na margem esquerda (sentido Jundiaí-Itatiba) do km 66 da rodovia João Cereser, em Jundiaí - SP.....	173
Figura 45 – Bacias hidrográficas e áreas de recarga hídrica instituídas pelo.....	180
Figura 46 – Zoneamento instituído pelo Plano Diretor de Jundiaí (PDJ)	180
Figura 47 – Desdobramentos da gestão hídrica da BH-JM.....	196

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferentes abordagens conceituais relativas à segurança hídrica.....	32
Quadro 2 – Exemplos de pesquisas ambientais desenvolvidas no âmbito da BH-JM.....	56
Quadro 3 – Divisão e descrição sumária do questionário utilizado como forma de eliciação	60
Quadro 4 – Escala de avaliação gradativa utilizada no questionário para a avaliação dos indicadores de segurança hídrica.....	62
Quadro 5 – Conjunto de indicadores de segurança hídrica pré-selecionados para atribuição de níveis de importância pelos especialistas	64
Quadro 6 – Critério adotado para avaliar ao nível de consenso das respostas dadas pelo painel de especialistas	65
Quadro 7 – Níveis de <i>stress</i> utilizado para analisar o ajustamento do <i>nMDS</i>	72
Quadro 8 – Representação utilizada para ilustrar os especialistas na análise <i>nMDS</i> e de agrupamentos.....	77
Quadro 9 – Comentários adicionais apresentados pelos respondentes para os indicadores de segurança hídrica	83
Quadro 10 – Comentários gerais adicionais apresentados pelos especialistas.....	85
Quadro 11 – Descrição dos indicadores utilizados na análise da oferta de água.....	89
Quadro 12 – Componentes do balanço hídrico utilizado pela IWA/AWWA	109
Quadro 13 – Descrição dos principais componentes do balanço hídrico utilizado pela IWA/AWWA.....	110
Quadro 14 – Critérios de restrição de uso para captação de água superficial no rio Atibaia (porção Alta e Baixa).....	132
Quadro 15 – Parâmetros de qualidade de água analisados, equipamentos utilizados e respectivos métodos de referência.....	138
Quadro 16 – Base de dados consultados no levantamento do aparato legislativo-ambiental da BH-JM	164
Quadro 17 – Políticas públicas (medidas legais) de proteção ambiental relacionadas à BH-JM.....	165
Quadro 18 – Estrutura síntese FPEIR relativa aos InSeg com sugestões de diretrizes de gestão para a BH-JM	187

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do IQA ao longo do rio Jundiá de acordo com os pontos de monitoramento da CETESB	50
Tabela 2 – Resultados do IQA ao longo do rio Atibaia de acordo com os pontos de monitoramento da CETESB	52
Tabela 3 – Dados climatológicos dos municípios de Jundiá, Jarinu e Campo Limpo Paulista	54
Tabela 4 – Percentual de distribuição das classes de solo encontradas na BH-JM	55
Tabela 5 – Distribuição de frequência, nível de consenso e IVC referente aos níveis de importância atribuídos pelos especialistas.....	81
Tabela 6 - Tabulação cruzada entre a área de formação e despesas com tratamento de água referente ao nível de importância atribuído ao indicador Seg5	82
Tabela 7 – Classificação de disponibilidade hídrica <i>per capita</i> conforme os critérios adotados pela ONU para situações de estresse e escassez.....	88
Tabela 8 – Variação entre admissões e desligamentos no setor de construção civil de Jundiá entre 2003 e 2016	97
Tabela 9 – Forma de cálculo utilizado pelo SNIS e descrição dos indicadores utilizados....	112
Tabela 10 – Metas de redução de perdas de água no sistema de distribuição prevista para o horizonte 2017 a 2036 na rede operada pela DAE Jundiá.....	118
Tabela 11 – Volume mensal e vazão média de água revertida do rio Atibaia para a BH-JM nos seis primeiros meses de 2014	128
Tabela 12 – Limites de detecção e quantificação do método utilizado na determinação dos metais e herbicidas.....	139
Tabela 13 – Variáveis limnológicas e Índice de Estado Trófico sem e com influência da transposição na BH-JM	144
Tabela 14 – Concentração de metais totais e dissolvidos durante os períodos sem e com transposição na BH-JM	154

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a.	= Ao ano
Agência-PCJ	= Agência das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
ANA	= Agência Nacional de Águas
Anosim	= <i>Analysis of Similarities</i> (Análise de similaridade)
APA	= Área de Proteção Ambiental
APP	= Área de Preservação Permanente
ARES-PCJ	= Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das bacias dos rios = Piracicaba, Capivari e Jundiá
AUJ	= Aglomeração Urbana de Jundiá
AUP	= Aglomeração Urbana de Piracicaba
AWWA	= <i>American Water Works Association</i> (Associação Americana de Obras Aquaviárias)
BH-JM	= Bacia Hidrográfica do rio Jundiá-Mirim
BH-PCJ	= Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
CBH-PCJ	= Comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
CCC	= <i>Cophenetic correlation coefficient</i> (Coeficiente de Correlação Cofenética)
CE	= Condutividade elétrica
CEP	= Comitê de Ética em Pesquisa
CETESB	= Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cl ⁻	= Cloreto
Cl-a	= Clorofila-a
CMJ	= Câmara Municipal de Jundiá
CNS	= Conselho Nacional de Saúde
COD	= Carbono orgânico dissolvido
CONAMA	= Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONEP	= Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
COT	= Carbono orgânico total
CV	= Coeficiente de variação
DAE S.A.	= Departamento de Água e Esgoto de Jundiá
DAEE	= Departamento de Águas e Energia Elétrica
DCA	= Análise de correspondência destendenciada

ETA	= Estação de tratamento de água
FMB	= Faculdade de Medicina de Botucatu
FPEIR	= Força-Motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta
ha	= Hectares
hab. dia ⁻¹	= Habitantes dia
hab. km ⁻²	= Habitantes por quilômetro quadrado
IET	= Índice de estado trófico
InSeg	= Indicador de segurança hídrica
IQA	= Índice de Qualidade da Água
IVC	= Índice de Validade de Conteúdo
IWA	= <i>International Water Association</i> (Associação Internacional da Água)
L hab. ⁻¹ dia ⁻¹	= Litros por habitante por dia
LD	= Limite de detecção
LQ	= Limite de quantificação
m ³ hab. ⁻¹ ano ⁻¹	= Metros cúbicos por habitante por ano
MD	= Metal dissolvido
<i>MDS</i>	= <i>Metric multidimensional scaling</i> (escalonamento multidimensional métrico)
mg	= Miligrama
MMP	= Macrometrópole Paulista
MPSP	= Ministério Público do Estado de São Paulo
<i>MST</i>	= <i>Minimum Spanning Tree</i> (Árvore de extensão mínima)
MT	= Metal total
n. d.	= Não datado
NC	= Nível de Consenso
<i>nMDS</i>	= <i>Non-metric multidimensional scaling</i> (escalonamento multidimensional não-métrico)
NT	= Nitrogênio total
OD	= Oxigênio dissolvido
<i>p</i>	= Valor <i>p</i>
PDJ	= Plano Diretor de Jundiá
pH	= Potencial hidrogeniônico
PIB	= Produto Interno Bruto

PMJ	= Prefeitura Municipal de Jundiaí
PT	= Fósforo total
PX-N	= Ponto de amostragem sem o efeito da transposição
PX-Y	= Ponto de amostragem sob o efeito da transposição
Q _{7,10}	= Vazão mínima de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos
Q ₉₀	= Vazão com tempo de permanência de 90% ou superior
Q ₉₅	= Vazão com tempo de permanência de 95% ou superior
Q _{média}	= Vazão média de longo período
RIMA	= Relatório de Impacto Ambiental
RMBS	= Região Metropolitana da Baixada Santista
RMC	= Região Metropolitana de Campinas
RMS	= Região Metropolitana de Sorocaba
RMSP	= Região Metropolitana de São Paulo
RMVPLN	= Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
SABESP	= Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEADE	= Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
Seg1	= Indicador de segurança hídrica “Reservatórios de água”
Seg2	= Indicador de segurança hídrica “Transposição de água”
Seg3	= Indicador de segurança hídrica “Qualidade físico-química e biológica da água”
Seg4	= Indicador de segurança hídrica “Perdas na distribuição de água potável”
Seg5	= Indicador de segurança hídrica “Despesas com tratamento de água”
Seg6	= Indicador de segurança hídrica “Oferta de água”
Seg7	= Indicador de segurança hídrica “Rede de distribuição”
Seg8	= Indicador de segurança hídrica “Políticas públicas”
SIG	= Sistema de Informação Geográfica
SMA-SP	= Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
SNIS	= Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
t	= Tonelada
TCLE	= Termo de Consentimento Livre Esclarecido
Temp.	= Temperatura
Turb.	= Turbidez
U	= Teste <i>Mann-Whitney</i>

UGRHIs	= Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNESP	= Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
VDB	= Vetor de Desenvolvimento Bandeirantes
μg	= Micrograma
R	= Estatística de teste <i>Anosim</i>
r	= Coeficiente de correlação de <i>Pearson</i>
r^2	= Coeficiente de determinação
ρ	= Correlação de <i>Spearman</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	25
1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	25
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	26
1.3 HIPÓTESE.....	27
2 OBJETIVOS.....	27
2.1 OBJETIVO GERAL	27
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
3 ESTRUTURA DA PESQUISA	28
CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO.....	30
1 PANORAMA HÍDRICO GLOBAL.....	30
2 SEGURANÇA HÍDRICA.....	31
2.1 ASPECTOS CONCEITUAIS	31
2.2 USO DE INDICADORES EM ANÁLISES DE SEGURANÇA HÍDRICA	34
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	36
2 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS	37
2.1 MACROMETRÓPOLE PAULISTA	37
2.2 AGLOMERAÇÃO URBANA DE JUNDIAÍ	38
2.3 MUNICÍPIOS DE ABRANGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM	41
2.3.1 Aspectos históricos.....	41
2.3.2 Aspectos socioeconômicos	43
2.3.3 Aspectos demográficos.....	45
2.3.4 Áreas de proteção ambiental regionais	47
2.4 BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ	47
2.4.1 Características gerais	47
2.4.2 Situação hídrica	48
2.4.3 Rio Jundiaí.....	49
2.4.4 Rio Atibaia.....	51
2.5 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM	52
2.5.1 Aspectos gerais.....	52
2.5.2 Aspectos climatológicos e hidrológicos	54
2.5.3 Aspectos pedológicos e de uso das terras	55
2.5.4 Produção bibliográfica de estudos ambientais desenvolvidos na BH-JM.....	56

CAPÍTULO 4 – ABORDAGEM METODOLÓGICA DELPHI.....	58
1 INTRODUÇÃO.....	58
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	58
1.2 CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO <i>DELPHI</i>	59
1.3 OBJETIVOS E FLUXOGRAMA DE PESQUISA	59
2 MÉTODO	60
2.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	60
2.1.1 Apresentação da pesquisa por meio do TCLE.....	61
2.1.2 Informações gerais do respondente.....	61
2.1.3 Atribuição dos níveis de importância	62
2.1.4 Pré-seleção dos indicadores.....	63
2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS INDICADORES	64
2.2.1 Nível de consenso.....	64
2.2.2 Índice de validade de conteúdo.....	65
2.2.3 Critério de seleção estabelecido.....	65
2.3 COMPOSIÇÃO DO PAINEL DE ESPECIALISTAS	66
2.3.1 Definição do tamanho da amostra	66
2.3.2 Critério de inclusão e exclusão	67
2.4 APRECIÇÃO ÉTICA	68
2.5 PRÉ-TESTE DO QUESTIONÁRIO.....	70
2.6 PERÍODO DE COLETA DE DADOS	70
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	70
2.7.1 Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS).....	70
2.7.2 Análise auxiliar dos dados gerados no nMDS	72
2.7.3 Análise de similaridade por agrupamento.....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
3.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA DELPHI.....	74
3.1.1 Taxa de retorno do questionário	74
3.1.2 Descrição das informações gerais do respondente.....	74
3.1.3 Análise estatística dos resultados.....	77
3.1.3.1 Representação utilizada na análise nMDS	77
3.1.3.2 Resultados do nMDS das características gerais dos especialistas.....	78
3.1.3.3 Resultados do nMDS dos indicadores de segurança hídrica.....	79
3.1.3.4 Discussão dos resultados do nMDS	80
3.1.4 Níveis de importância atribuídos e indicadores selecionados.....	81
3.1.4.1 Resultados do nível de importância atribuído pelos especialistas.....	81
3.1.4.2 Discussão do nível de consenso atribuído pelos especialistas	83
3.1.5 Comentários gerais adicionais apresentados pelos respondentes.....	85

4	CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	85
	CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA	87
1	INTRODUÇÃO.....	87
2	DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES.....	87
2.1	OFERTA DE ÁGUA.....	87
2.1.1	Contextualização	87
2.1.2	Método.....	89
2.1.2.1	Base de dados	89
2.1.2.2	Método estatístico	89
2.1.3	Resultados.....	90
2.1.3.1	Volume de água produzido e consumido	90
2.1.3.2	Consumo médio per capta.....	93
2.1.4	Discussões	95
2.1.4.1	Análise dos resultados	95
2.1.4.2	Análise da disponibilidade hídrica em Jundiá.....	98
2.1.5	Considerações parciais	99
2.2	RESERVATÓRIOS DE ÁGUA.....	100
2.2.1	Contextualização	100
2.2.2	Método.....	101
2.2.3	Resultados.....	101
2.2.4	Discussões	104
2.2.4.1	Variação temporal das áreas de lagos e reservatórios	104
2.2.4.2	Fatores intervenientes da variação das áreas de lagos e reservatórios	105
2.2.5	Considerações parciais	107
2.3	REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E PERDAS DE ÁGUA POTÁVEL.....	108
2.3.1	Contextualização	108
2.3.2	Caracterização do sistema de distribuição de água de Jundiá.....	110
2.3.3	Método.....	112
2.3.3.1	Base de dados	112
2.3.3.2	Método estatístico	113
2.3.4	Resultados.....	113
2.3.5	Discussões	116
2.3.5.1	Comparação das perdas de água de Jundiá com outros municípios paulistas	116
2.3.5.2	Metas de redução de perdas nos sistemas de distribuição de água.....	117
2.3.5.3	Perdas aparentes de água na hidrometração.....	120
2.3.5.4	Fatores socioeconômicos relacionados à redução de perdas.....	121
2.3.6	Considerações parciais	122
2.4	TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUA	123
2.4.1	Contextualização	123

2.4.2	Caracterização do sistema de transposição de águas de Jundiaí	126
2.4.3	Método.....	126
2.4.4	Resultados.....	127
2.4.4.1	Representatividade e volume de água revertido do rio Atibaia para a BH-JM	127
2.4.4.2	Região de lançamento e impactos ambientais aparentes da transposição	128
2.4.5	Discussões	130
2.4.5.1	Implicações técnico-políticas da transposição no contexto regional.....	130
2.4.5.2	Regime de outorga da transposição e suas implicações para Jundiaí.....	131
2.4.5.3	Impactos ambientais aparentes da transposição na BH-JM	133
2.4.6	Considerações parciais	135
2.5	QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA.....	136
2.5.1	Contextualização	136
2.5.2	Método.....	138
2.5.2.1	Análises de qualidade de água realizadas	138
2.5.2.2	Caracterização dos pontos amostrados	139
2.5.2.3	Método estatístico	142
2.5.3	Resultados gerais das variáveis físico-químicas, hidrobiológicas e herbicidas	143
2.5.4	Discussões das variáveis físico-químicas e hidrobiológicas.....	145
2.5.4.1	pH	145
2.5.4.2	Oxigênio dissolvido (OD).....	146
2.5.4.3	Temperatura (Temp.).....	146
2.5.4.4	Condutividade elétrica (CE)	147
2.5.4.5	Turbidez (Turb.).....	148
2.5.4.6	Cloreto (Cl ⁻).....	148
2.5.4.7	Carbono orgânico total (COT) e dissolvido (COD).....	149
2.5.4.8	Nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT).....	150
2.5.4.9	Clorofila-a (Cl-a)	151
2.5.4.10	Índice de estado trófico (IET)	152
2.5.5	Resultados gerais da análise de metais	153
2.5.6	Discussões relativas aos metais	155
2.5.6.1	Alumínio (Al)	155
2.5.6.2	Ferro (Fe).....	156
2.5.6.3	Cádmio (Cd) e Cobre (Cu).....	156
2.5.6.4	Magnésio (Mg) e Manganês (Mn)	157
2.5.7	Análise estatística entre os dois períodos	159
2.5.8	Considerações parciais	161
2.6	POLÍTICAS PÚBLICAS.....	162
2.6.1	Contextualização	162
2.6.2	Método.....	163
2.6.3	Resultados.....	164

2.6.4	Discussões	167
2.6.4.1	Leis gerais municipais relacionadas à proteção do meio ambiente e recursos hídricos	167
2.6.4.2	Legislações relativas à APA Jundiaí e medidas protecionistas concernentes a BH-JM.....	168
2.6.4.3	Lei municipal de autorização de comercialização de água do rio Jundiaí-Mirim	170
2.6.4.4	Lei municipal de alienação de área pública	171
2.6.4.5	Lei municipal para investimentos na barragem do rio Jundiaí-Mirim	173
2.6.4.6	Programas de incentivo de recuperação de áreas de mananciais	175
2.6.4.7	Lei municipal de criação do dia do rio Jundiaí-Mirim.....	177
2.6.4.8	Plano Diretor.....	178
2.6.5	Considerações parciais	183
CAPÍTULO 6 – DIRETRIZES DE GESTÃO		185
1	INTRODUÇÃO.....	185
2	MÉTODO	186
3	RESULTADOS	186
4	DISCUSSÕES.....	194
5	CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	197
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		198
REFERÊNCIAS		201
APÊNDICES.....		247
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....		247
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTES E ATRIBUIÇÃO DE NÍVEIS DE IMPORTÂNCIA AOS INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS.....		250
APÊNDICE C – TESTE DE NORMALIDADE D’ AGOSTINO DOS DADOS DO INDICADOR “OFERTA DE ÁGUA”		255
APÊNDICE D – TESTE DE NORMALIDADE D’ AGOSTINO DOS DADOS DO INDICADOR “PERDAS DE ÁGUA”		255
APÊNDICE E – TESTE DE NORMALIDADE SHAPIRO-WILK APLICADO NOS DADOS DO INDICADOR “QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA”		255

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A formação de megacidades (regiões com mais de 10 milhões de habitantes) não é um fenômeno novo, mas atrai a atenção devido a características peculiares do processo de intensa urbanização, tais como: alta concentração de pessoas, influência econômica, sociocultural, ambiental, complexidade geográfica, assim como outros dinamismos (Taubenbock *et al.*, 2012; Ortega *et al.*, 2015). No início da década de 60 havia apenas 7 megacidades no mundo, crescendo para 27 em 2010 (incluindo a cidade de São Paulo) e com uma projeção de 37 para 2020 (Kennedy *et al.*, 2014).

Na dimensão ambiental, a acelerada urbanização, aliada a um planejamento inadequado durante um curto período de tempo, pode ocasionar significativos impactos locais e/ou globais que devem ser melhores avaliados (Taubenbock *et al.*, 2012; Strohschon *et al.*, 2013; Kennedy *et al.*, 2014; Mamouny, 2014; Wei e Tang, 2014). A partir desses estudos, torna-se possível obter uma melhor compreensão dos dinamismos existentes e, por conseguinte, fornecer melhores bases críticas para os tomadores de decisões (Tundisi *et al.*, 2015; You, 2016).

No contexto brasileiro, há um processo de conurbação entre as três regiões metropolitanas paulistas (regiões metropolitanas de São Paulo - RMSP, Baixada Santista - RMBS e Campinas - RMC) que, juntas, ocupam aproximadamente 5,7% da área do estado e concentram 58,5% da sua população, o que representa 13% da população brasileira (Ribeiro, 2011). A formação desse amplo espaço foi denominada de Macrometrópole Paulista (MMP) pelo governo do estado de São Paulo e tem o município de São Paulo como núcleo econômico e catalizador principal (Abdal, 2010; Haddad e Teixeira, 2015).

No estado de São Paulo há ainda uma grande variação na distribuição dos recursos hídricos, sendo que, em algumas regiões, a oferta de água é de cerca de $10.000 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto em outras a distribuição se equivale a regiões semiáridas brasileiras (Neves *et al.*, 2007). Contudo, esse cenário não ocorre estritamente devido a fatores naturais, mas também devido à baixa qualidade dos rios que atravessam as regiões densamente ocupadas, como na RMSP, cuja disponibilidade hídrica é de apenas $201 \text{ m}^3 \text{ habitante}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Neves *et al.*, 2007; González *et al.*, 2011; WB, 2012).

Tal fato é reflexo de diversos fatores, tais como: fenômenos climáticos (Silva Dias *et al.*, 2013), lançamento de efluentes sem tratamento (Montagner *et al.*, 2014) e do alto crescimento

demográfico e padrão de desenvolvimento urbano e industrial desordenado aliado com as crescentes demandas e poluição dos mananciais (Medeiros *et al.*, 2013). Em função desse quadro de escassez hídrica retratado, ressalta-se a importância de uma eficiente gestão dos recursos hídricos (Li *et al.*, 2016), notadamente nas regiões mais industrializadas e, conseqüentemente, mais suscetíveis à degradação (EMPLASA, 2011; Teng *et al.*, 2011; Calderhead *et al.*, 2012; Hu *et al.*, 2013).

1.2 Problema de pesquisa

A situação crítica no balanço hídrico nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) do estado de São Paulo tem sido imputada, principalmente, àquelas regiões densamente ocupadas e industrializadas (EMPLASA, 2011; COBRAPE, 2016). Nesse contexto, as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (bacias PCJ), integrante da UGRHI-5, é uma das regiões de maior escassez de água do Estado, tanto pelas elevadas demandas quanto pela poluição dos seus recursos hídricos (Favaro *et al.*, 2004; Sanchez-Roman *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2014; CBH-PCJ, 2015; Medeiros *et al.*, 2017).

Nas bacias PCJ está localizada a sub-bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim (BH-JM), uma área estratégica por ser responsável pelo fornecimento de 95% da água consumida por Jundiaí (ANA, 2010a; COBRAPE, 2016), município do qual sofre pressões demográficas da RMC, a noroeste, e da RMSP a sudeste (EMPLASA, 2014b). A intensificação da ocupação antrópica da BH-JM (Fengler *et al.*, 2015b), aliada à necessidade de receber água transposta de outra bacia hidrográfica durante os períodos de estiagem (DAE, 2016b), tem provocado intensas modificações no meio físico e, conseqüentemente, acarretando impactos ambientais adversos.

Esse cenário tem promovido o desenvolvimento de diversos estudos e diagnósticos ambientais nesta bacia (Moraes, 2003; Prado *et al.*, 2006; Gramolelli Jr. *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2013; Beghelli *et al.*, 2014; Machado *et al.*, 2014; Beghelli *et al.*, 2015; Fengler *et al.*, 2015b; Marques, 2016; Moraes, 2016a; Medeiros *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2018). À luz desses trabalhos e considerando a necessidade de pesquisas específicas sobre a sustentabilidade hídrica, este estudo visou selecionar e desenvolver indicadores relacionados à segurança hídrica¹ para a BH-JM.

Tal proposta fundamenta-se, sobretudo, pelo quadro de estresse hídrico vivido na região de Jundiaí, suscitando a necessidade do desenvolvimento de uma abordagem metodológica que

¹ Em linhas gerais, os indicadores de segurança hídrica foram entendidos neste estudo como medidas de gestão que assegurem o acesso sustentável aos recursos hídricos.

subsidie o planejamento hidroambiental municipal a partir do estabelecimento de diretrizes de gestão. Contudo, a adequada seleção e desenvolvimento de indicadores ambientais, especificamente aqueles relacionados à segurança hídrica, torna-se um desafio atualmente. Tal fato se reside na atual necessidade de uma visão holística e multidisciplinar em estudos ambientais, de tal modo que se possa melhor compreender os diversos fatores intervenientes atuantes nos compartimentos ambientais.

Diante disso, este estudo visou trazer uma contribuição para essa questão, utilizando-se, para tal fim, uma abordagem metodológica pautada no desenvolvimento de indicadores pré-avaliados por meio de um painel de especialistas oriundos de diferentes formações acadêmicas. De igual modo, buscou-se discuti-los considerando os diversos fatores socioeconômicos e ambientais regionais atuantes em uma bacia hidrográfica para, a partir destas discussões, ser estabelecido um conjunto de diretrizes de gestão estruturados em um modelo de causa-efeito.

Com base nessas premissas, as perguntas norteadoras utilizadas neste estudo podem ser sintetizadas em: A análise das dinâmicas socioeconômicas e demográficas atuantes no entorno de uma bacia hidrográfica podem trazer informações relevantes para o estabelecimento de diretrizes de gestão? É possível selecionar indicadores de segurança hídrica por meio do consenso obtido a partir da opinião de um painel multidisciplinar de especialistas? O estabelecimento de diretrizes de gestão para bacias hidrográficas podem ser melhor formuladas se estruturadas a partir da discussão dos indicadores e sua posterior estruturação em um modelo de causa-efeito?

1.3 Hipótese

A abordagem metodológica pautada na seleção, validação, aplicação e estruturação de indicadores de segurança hídrica em um modelo de causa-efeito subsidia o melhor estabelecimento de diretrizes de gestão ambiental voltadas a bacias hidrográficas produtoras de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor e analisar um conjunto de indicadores de segurança hídrica visando a melhoria da capacidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos superficiais da Bacia Hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim (BH-JM).

2.2 Objetivos específicos

(i) Caracterizar a BH-JM no âmbito regional, descrevendo os principais aspectos socioeconômicos e demográficos existentes, a fim de identificar as principais forças motrizes que norteiam o desenvolvimento da região e que influenciam no estabelecimento de diretrizes de gestão;

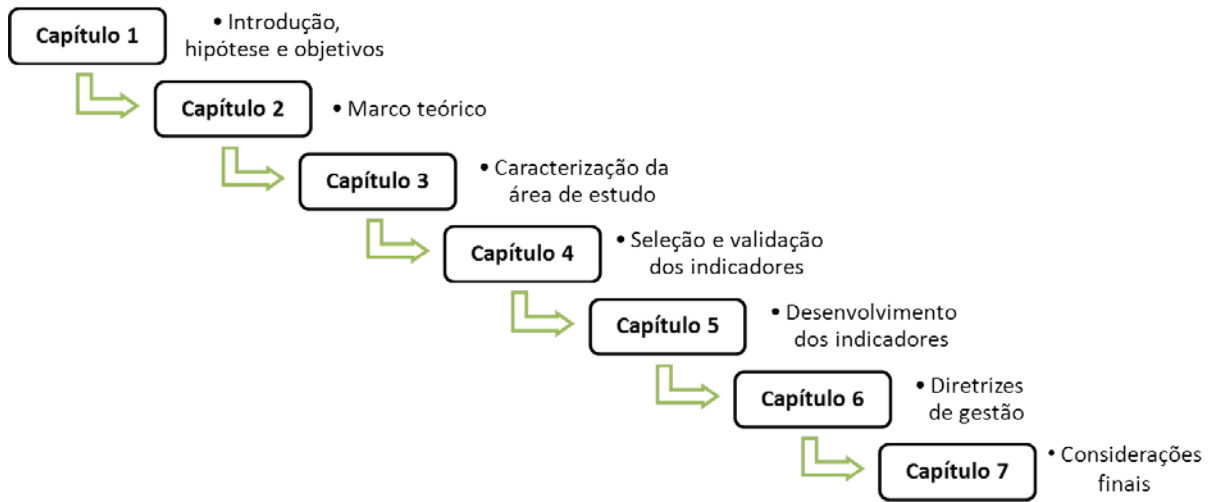
(ii) Desenvolver uma estrutura metodológica de validação de indicadores ambientais destinada a aplicação em um painel multidisciplinar de avaliadores, a fim de se estabelecer critérios de ponderação e seleção de indicadores de segurança hídrica;

(iii) Estruturar uma análise integrada e sistematizada de informações sobre segurança hídrica, de tal modo a elencar um conjunto de diretrizes de gestão baseadas em um modelo de causa-efeito que contribua para uma melhor tomada de decisão na gestão de recursos hídricos.

3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Visando atingir os objetivos propostos, esta tese foi estruturada em 7 capítulos, a fim de proporcionar um melhor entendimento e compartimentalização dos temas correlatos. Dessa forma, no Capítulo 1 foi apresentada a introdução da pesquisa, com as respectivas contextualizações, justificativas, hipóteses e objetivos. Posteriormente, no Capítulo 2 é apresentado o marco teórico, momento do qual foi feita uma breve revisão bibliográfica do panorama hídrico global e dos aspectos relacionados aos indicadores de segurança hídrica.

No Capítulo 3 é apresentada a caracterização da área de estudo, considerando os aspectos locais e regionais que interferem direta ou indiretamente na gestão da BH-JM. No Capítulo 4 são apresentados os aspectos relacionados ao processo de seleção e validação dos indicadores de segurança hídrica. No Capítulo 5 são desenvolvidos os indicadores selecionados. Posteriormente, no Capítulo 6 são propostas as diretrizes de gestão considerando os resultados obtidos na análise dos indicadores. Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais. Na Figura 1 é apresentada a referida estrutura utilizada:

Figura 1 – Estrutura da pesquisa

Fonte: Autoria própria.

CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO

1 PANORAMA HÍDRICO GLOBAL

O século 21 será marcado por uma migração sem precedentes de pessoas se deslocando das áreas rurais para as áreas urbanas. Este fato resultará em quadro complexo de disputa pela água, situação já notória nos grandes centros urbanos, mas que será intensificada nas próximas décadas em função dos efeitos das mudanças climáticas e dos impactos da urbanização (Brears, 2017; Tucci, 2017).

Nessa perspectiva, o grande desafio da governança da água será colocar os recursos hídricos no centro de todas as decisões, sejam elas horizontais (em níveis multisetoriais) ou verticais (escala local, regional, nacional e internacional). Para isso ocorrer, há dois fundamentos essenciais a serem observados, dos quais (Connor e Stoddard, 2012):

- A água deve ser entendida como um recurso natural indispensável às atividades sociais e econômicas, cujos ecossistemas dependem diretamente dela. Embora possa ser vista como uma mercadoria, a água apresenta também inúmeras características de um bem público. Logo, entender seus múltiplos aspectos torna-se fundamental para sua efetiva governança;
- Reconhecimento da interdependência da água em seus diferentes níveis de distribuição e ocorrência, uma vez que a água não é uma questão só local, mas que também abrange e afeta outras jurisdições nacionais ou até internacionais. Logo, as tomadas de decisões devem ser pautadas em um contexto amplo e envolver múltiplos atores.

Diante desses fundamentos, os gestores hídricos e tomadores de decisão enfrentam ainda outros desafios no que concerne o fornecimento de água para os mais variados fins, onde as seguintes questões devem ser respondidas (Coates *et al.*, 2012): Qual a quantidade de água que atualmente é usada? Quão eficiente é o uso? Quanto mais de água será preciso para daqui 30 anos? E 50 anos? Embora essas questões aparentam serem de simples resolução, encontrar a resposta correta torna-se um desafio ainda maior, dado a diversidade de fatores envolvidos.

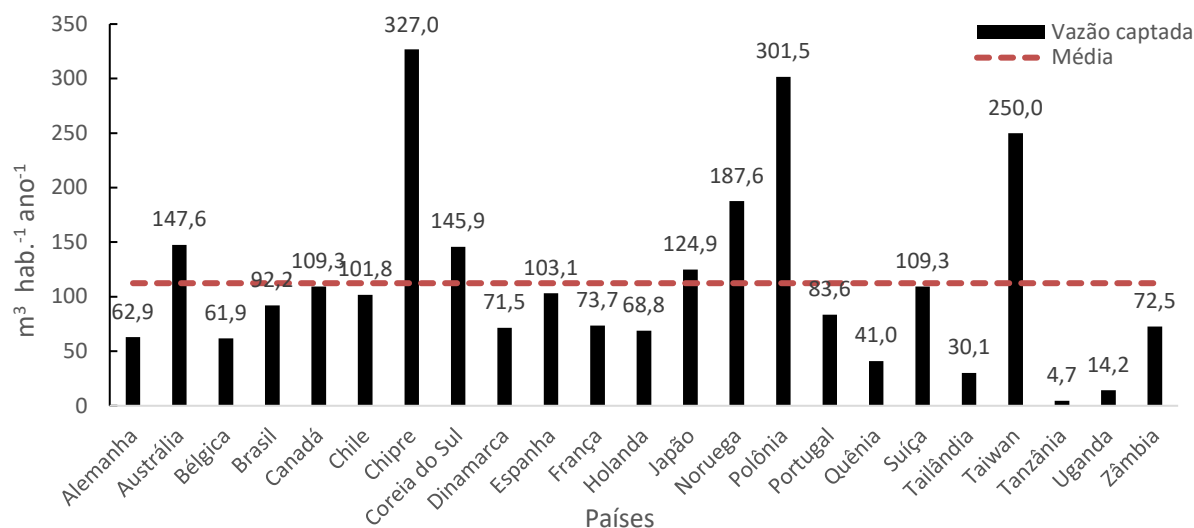
Nesse contexto, um dos fatores que merece destaque é a baixa disponibilidade hídrica, que está se tornando cada vez mais comum, resultado do alto crescimento demográfico e desenvolvimento econômico, aliado às altas demandas consutivas de água (CMR, 2000; Hinrichsen e Tacio, 2002; Tucci, 2017). Em várias partes do mundo, a prioridade dada à questão hídrica justifica-se ainda pelo simples fato da demanda estar superando rapidamente o volume de água disponível na natureza (CMR, 2000), fato evidente também em áreas altamente

urbanizadas do Brasil (Tundisi *et al.*, 2015). Nesse sentido, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2014), a disponibilidade hídrica do Brasil em 1962 era de $73.929 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, reduzindo-se para $27.721 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 2014, o que representa um percentual de redução de quase 63%.

Contudo, para o mesmo período, o Brasil possui um cenário confortável se comparado com a disponibilidade hídrica mundial, cuja ordem é de $5,922 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No contexto dos países da América Latina e Caribenha, a disponibilidade hídrica *per capita* revela-se um pouco inferior à brasileira, com $22.232 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Situações mais críticas são observadas no Oriente Médio e Norte da África, regiões das quais apresentam uma disponibilidade hídrica de apenas $549 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (FAO, 2014).

Na Figura 2 apresenta-se as vazões captadas em diferentes países do mundo, onde se destaca a nacional de $92,2 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que corresponde a $263 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. As vazões captadas em nível nacional revelam-se próximas a de países como Espanha ($103,1 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), porém superior ao de países desenvolvidos como Alemanha ($62,9 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e Bélgica ($61,9 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Em oposição, destacam-se as grandes vazões captadas por países como Chipre ($327 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e Polônia ($301,5 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Figura 2 – Vazões captadas em diferentes países do mundo em 2014



Fonte: Modificado de *International Water Association* (IWA, 2016).

2 SEGURANÇA HÍDRICA

2.1 Aspectos conceituais

No último relatório sobre desenvolvimento humano dedicado a crise hídrica (UNDP, 2006), a Organização das Nações Unidas (ONU) conceituou a segurança hídrica como uma

situação em que cada pessoa tenha condições de acesso à água potável de maneira confiável, a um preço acessível, de tal forma que o sistema ecológico produtor desta água seja também preservado. Essa mesma conceituação ainda vem sendo utilizada pela ONU em sua Agenda Global da Água (UN-Water, 2013). Logo, uma vez que as pessoas/populações não tenham acesso adequado à água de boa qualidade e quantidade para fins de subsistência, bem-estar humano e para o seu desenvolvimento econômico, configura-se, assim, um quadro de insegurança hídrica (Brears, 2014).

No entanto, o conceito de segurança hídrica é amplo e polissêmico, ocasionando variadas abordagens conforme a área de conhecimento em que é utilizada (Quadro 1). Cook e Bakker (2012) verificaram 4 temas predominantes e inter-relacionados encontrados na literatura sobre o tema, dos quais: segurança hídrica como oferta de água (foco em qualidade e quantidade); segurança hídrica como vulnerabilidade humana à perigos e/ou danos (foco em medidas protetivas para sistemas hídricos vulneráveis); segurança hídrica para atender as necessidades humanas e de segurança alimentar (foco antropocêntrico); segurança hídrica como meio de se atingir a sustentabilidade (foco na sociedade e no meio ambiente).

Quadro 1 – Diferentes abordagens conceituais relativas à segurança hídrica

Áreas de aplicação	Abordagem
Ciências Agrárias e Engenharia	<ul style="list-style-type: none"> • Água como insumo na produção agrícola e para fins de segurança alimentar; • Medidas relacionadas à redução dos riscos ambientais, tais como: inundações, secas, contaminação e atos terroristas; • Segurança no abastecimento público (satisfação da demanda).
Ciências Ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso à água para uso humano e ecossistêmico; • Disponibilidade hídrica em termos quali-quantitativos; • Redução dos impactos da variabilidade hidrológica.
Geociências, Hidrologia e Pesca	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilidade hidrológica, incluindo as águas subterrâneas; • Segurança hídrica envolvendo todo o ciclo hidrológico.
Saúde Pública	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade e acesso à água potável; • Prevenção/avaliação de risco de contaminação nos sistemas de distribuição de água.
Sociologia, Economia e Geografia	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança da infraestrutura do sistema de distribuição de água potável; • Água como insumo para produção alimentar e para a saúde e bem-estar humano; • Forma de cooperação e/ou paz na resolução de conflitos armados e/ou violentos; • Minimização da vulnerabilidade da população frente à variabilidade hidrológica.
Política	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagens interdisciplinares (alimentação, clima, energia, economia <i>etc</i>); • Prevenção dos sistemas de distribuição contra eventos de cheia e estiagens; • Desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos para assegurar o acesso os serviços e funções propiciados por este recurso.

Fonte: Modificado de Cook e Bakker (2012).

No contexto latino, Peña (2016) considera que a segurança hídrica pode ser entendida dentro de 3 enfoques principais:

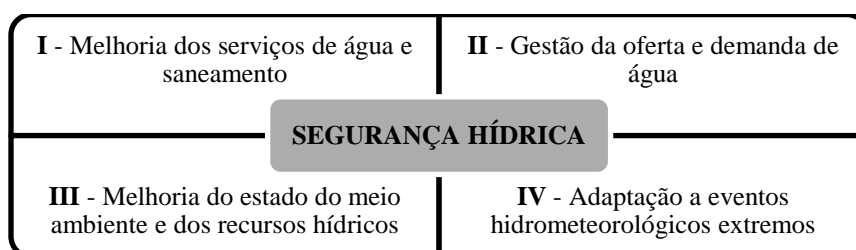
- Referente à disponibilidade de água adequada em termos qualitativos e quantitativos para uso humano, proteção dos ecossistemas e para fins produtivos;
- Capacidade institucional, financeira e de infraestrutura de acesso e aproveitamento dos recursos hídricos de maneira sustentável, considerando as interrelações e externalidades decorrentes dos múltiplos usos da água;
- Adoção de um nível aceitável de risco para a população, meio ambiente e economia em relação aos usos dos recursos hídricos.

A existência de diferentes abordagens sobre a segurança hídrica reside, principalmente, pelo tema refletir múltiplas dimensões, e reconhecer que a oferta da água com qualidade e quantidade adequadas é essencial para fins sociais, econômicos e culturais; e, ao mesmo tempo, deve estar disponível também para as funções ecossistêmicas (Loë *et al.*, 2007). Nessa perspectiva, Beek e Arriens (2014) enumeraram 3 componentes-chave da segurança hídrica, dos quais: equidade social; sustentabilidade ambiental; e eficiência econômica.

Diante dessas dimensões, Cook e Bakker (2012) evidenciaram que houve uma evolução conceitual do tema desde as suas primeiras discussões iniciadas na década de 90. Assim, os autores destacam que a segurança hídrica deixou de ter foco exclusivo somente nos aspectos de quantidade e disponibilidade hídrica para atender as necessidades humanas, passando a englobar também as múltiplas relações entre o meio socioeconômico e o ambiental.

A segurança hídrica está ainda intrinsecamente ligada a ações voltadas a melhoria da gestão dos recursos hídricos. Nessa concepção, na Figura 3 é apresentado um conjunto de 4 diretrizes principais propostas pelas Nações Unidas no que tange à segurança hídrica (UN-Water, 2011):

Figura 3 – Conjunto de diretrizes relacionadas à segurança hídrica



Fonte: Elaborado a partir de UN-Water (2011).

Assim, tais diretrizes podem ser descritas sumariamente da seguinte maneira (UN-Water, 2011):

- O item I refere-se às diretrizes voltadas as ações de saneamento, das quais devem garantir que a população tenha acesso à água potável e ao tratamento dos efluentes gerados;
- O item II diz respeito às diretrizes que visam satisfazer adequadamente as necessidades das presentes e futuras gerações, garantindo que haja atenção em relação à alocação da água para os diferentes usos – inclusive para o próprio ecossistema;
- O item III está voltado às políticas que visam preservar ou melhorar a qualidade dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos;
- O item IV refere-se às políticas voltadas para redução dos impactos socioeconômicos decorrentes de eventos hidrológicos extremos, bem como das variações sazonais.

No entanto, embora haja uma série de diretrizes básicas de gestão a serem adotadas visando à segurança hídrica, há ainda uma ideia tradicional utilizada pelos gestores urbanos que a segurança hídrica está ligada exclusivamente a grandes projetos de infraestrutura, a fim de atender as grandes e crescentes demandas – das quais se revelam sempre onerosas economicamente, politicamente e ambientalmente (Brears, 2017). Nesse aspecto, destacam-se a construção de grandes obras de barragens e numerosos projetos de transposição de águas entre bacias espalhados por todos os continentes (CMR, 2000; Ghassemi e White, 2007; Brears, 2017).

No Brasil, essa abordagem também pode ser verificada a partir da análise do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) (Brasil, 2013), cujas proposituras se concentram em obras de infraestrutura como forma de garantir a oferta hídrica (*e.g.*, barragens, adutoras e canais), bem como para reduzir os efeitos dos eventos climáticos críticos de secas ou cheias. Contudo, embora tais intervenções estruturantes propostas por este Plano sejam importantes, verifica-se o enfoque antropocêntrico do mesmo, em contraponto a um enfoque ecossistêmico.

2.2 Uso de indicadores em análises de segurança hídrica

Os indicadores têm sido amplamente utilizados em estudos ambientais, principalmente devido a sua capacidade de refletir as rápidas transformações ambientais decorrentes das intervenções antrópicas (Silva, 2012). Os indicadores ambientais revelam-se ainda de suma importância para os tomadores de decisão, uma vez que os mesmos podem ser úteis a fim de antever problemas, evitando-se, assim, danos econômicos, sociais e ambientais (UN, 2001).

Niemeijer e De Groot (2008) consideram que a avaliação ambiental surge como uma importante ferramenta para o levantamento dos impactos ambientais, tendo como componente essencial nesse processo o uso de indicadores para demonstrar o estado do meio ambiente. Os

indicadores ambientais têm sido ainda relacionados como uma forma estratégica de formulação de diretrizes para o desenvolvimento sustentável (UN, 2001; Gomes *et al.*, 2016).

Consoante, o uso de indicadores ambientais tem sido extensivamente utilizados para diagnosticar o estado dos recursos hídricos e, posteriormente, para propor diretrizes de gestão ambiental (Chang, 2008; Tanaka *et al.*, 2016). Contudo, dado a natureza da água, torna-se necessário o uso de uma ampla variedade de indicadores para refletir sua dinâmica, bem como a adoção de uma estrutura conceitual que permita transformar tais medidas em informações relevantes (UN-Water, 2011).

Nesse contexto, Beek e Arriens (2014) discorrem que a segurança hídrica não poder ser alcançada em sua plenitude, uma vez que há fatores físicos e econômicos intervenientes que sempre demandarão adaptações contínuas ao sistema hídrico local. Logo, não há soluções e indicadores únicos e aplicáveis para todos os contextos, uma vez que as medidas dependem das condições, especificidades e capacidades de gestão do local onde será aplicado.

Beek e Arriens (2014) destacam ainda que há na literatura uma ampla variedade de indicadores de segurança hídrica, como os presentes nos relatórios da *World Water Development Report (UN-Water)* e *Global Water Partnership (GWP)* – relatórios dos quais podem ser utilizados como base para a seleção de um ou vários indicadores, dependendo do caso em análise (*ibid.*).

Na literatura nacional, diversos estudos também apresentam indicadores relacionados à segurança hídrica, tais como: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, n. d.); indicadores ambientais utilizados pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP, 2009); Painel Nacional de Indicadores Ambientais (Brasil, 2014); indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas (Carvalho *et al.*, 2013; Corrêa e Teixeira, 2013); dentre outros.

Contudo, no processo de seleção dos indicadores devem ser consideradas algumas de suas características, tais como (Dunn e Bakker, 2009; Gomes e Malheiros, 2012):

- Fácil entendimento e acesso;
- Representativo da área em estudo;
- Comparabilidade/replicabilidade;
- Relevante ao tema em análise;
- Confiável e consistente;
- Sensível às mudanças do meio;
- Transparente e preciso;
- Validade científica;
- Desenvolvido tendo com foco o uso pelos usuários finais;
- Dentre outros.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

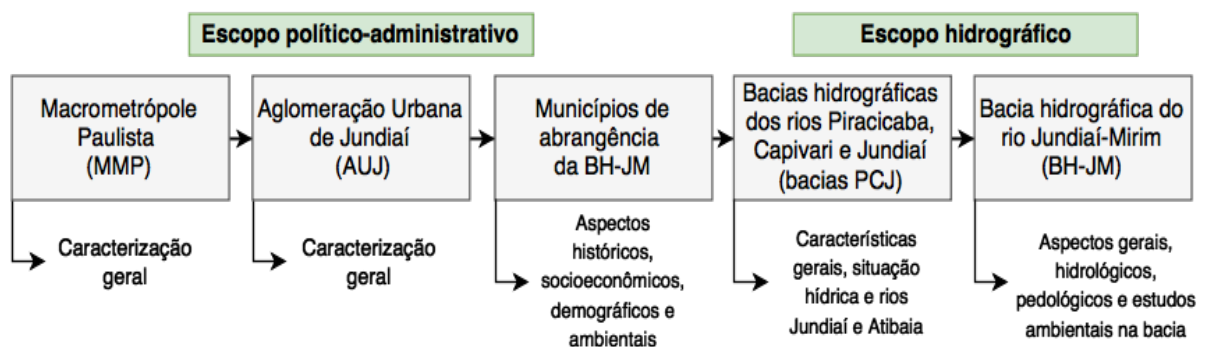
1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As bacias hidrográficas, fundamentadas legalmente como unidades de gestão (Brasil, 1997), sofrem efeitos diretos do dinamismo econômico e demográfico da região onde estão inseridas, notadamente, aquelas localizadas em áreas densamente ocupadas e com problemas de disponibilidade hídrica (Jacobi *et al.*, 2015). Logo, uma visão holística das dinâmicas ocorridas em seus limites e em suas adjacências (em um contexto micro e macro regional) torna-se uma etapa importante a fim de se estabelecer melhores diretrizes para a sua gestão a curto, médio e longo prazo (Gohari *et al.*, 2013).

Diante disso, neste capítulo é apresentado a caracterização da região de localização da BH-JM no estado de São Paulo, cuja extensão envolve 3 municípios paulistas: Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista. Assim, inicialmente é feita uma exposição sobre a Macrometrópole Paulista (MMP) e a Aglomeração Urbana de Jundiaí (AUJ), regiões das quais exercem influências no dinamismo da bacia.

Posteriormente, são abordadas as características peculiares de cada município de abrangência da BH-JM e, por fim, é discorrido sobre as bacias PCJ e, especificamente, sobre a BH-JM. Na Figura 4 é apresentada a estrutura utilizada para essa caracterização, da qual consistiu em dois recortes principais: escopo político-administrativo e escopo hidrográfico.

Figura 4 – Estrutura utilizada para caracterização da área de estudo



Fonte: Autoria própria.

2 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

2.1 Macrometrópole Paulista

A Macrometrópole Paulista (MMP) integra 5 regiões metropolitanas², 2 aglomerações urbanas³ e 1 unidade regional⁴. Contando com 173 municípios localizados em um raio de 200 km a partir da capital (São Paulo⁵), a MMP abriga 32,9 milhões de habitantes (70% da população do Estado) em uma área de apenas 50 mil km², resultando em uma densidade demográfica média de 770 hab. km⁻² (Cunha *et al.*, 2013b; EMPLASA, 2016; IBGE, 2016). A MMP se destaca ainda por representar 27% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e 82% do PIB estadual (EMPLASA, 2014a).

A MMP está subdividida em (EMPLASA, 2016): Aglomeração Urbana de Jundiaí (AUJ); Aglomeração Urbana de Piracicaba (AUP); Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS); Região Metropolitana de Campinas (RMC); Região Metropolitana de São Paulo (RMSP); Região Metropolitana de Sorocaba (RMS); e Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN).

A RMSP, em particular, possui uma função proeminente na MMP devido a atuar como principal centro catalizador de desenvolvimento e inovação do Estado, sendo considerado como um polo de riqueza nacional, representando 56% do PIB estadual e 20% do PIB nacional (Motta e Miranda, 2013; Lencioni, 2015).

Segundo o *World Bank* (WB, 2015), a região foi responsável pela geração de 25% dos impostos recolhidos no país em 2012. A RMSP conta ainda com uma estrutura produtiva que proporciona integração técnica e funcional com as demais regiões da MMP (EMPLASA, 2016). Uma das regiões que recebe influência dessa integração é a AUJ que, embora seja a menor unidade territorial da MMP em termos populacionais (*i.e.*, 780.927 habitantes)⁶, apresenta uma característica peculiar por ser uma região de dispersão e fragmentação urbana das RMSP e da RMC (Moura, 2010; Balduino e Simões Jr., 2014).

² As regiões metropolitanas são definidas como aglomerações urbanas que configurem uma metrópole, sendo esta última assim definida: “espaço urbano com continuidade territorial que, em razão de sua população e relevância política e socioeconômica, tem influência nacional ou sobre uma região que configure, no mínimo, a área de influência de uma capital regional [...]” (Brasil, 2015, art. 2, inc. V e VII).

³ A aglomeração urbana é uma “unidade territorial urbana constituída pelo agrupamento de 2 (dois) ou mais Municípios limítrofes, caracterizada por complementaridade funcional e integração das dinâmicas geográficas, ambientais, políticas e socioeconômicas (Brasil, 2015, art. 2, inc. D)”.

⁴ Unidade Regional de Bragantina, ainda não institucionalizada pelo Governo do Estado de São Paulo.

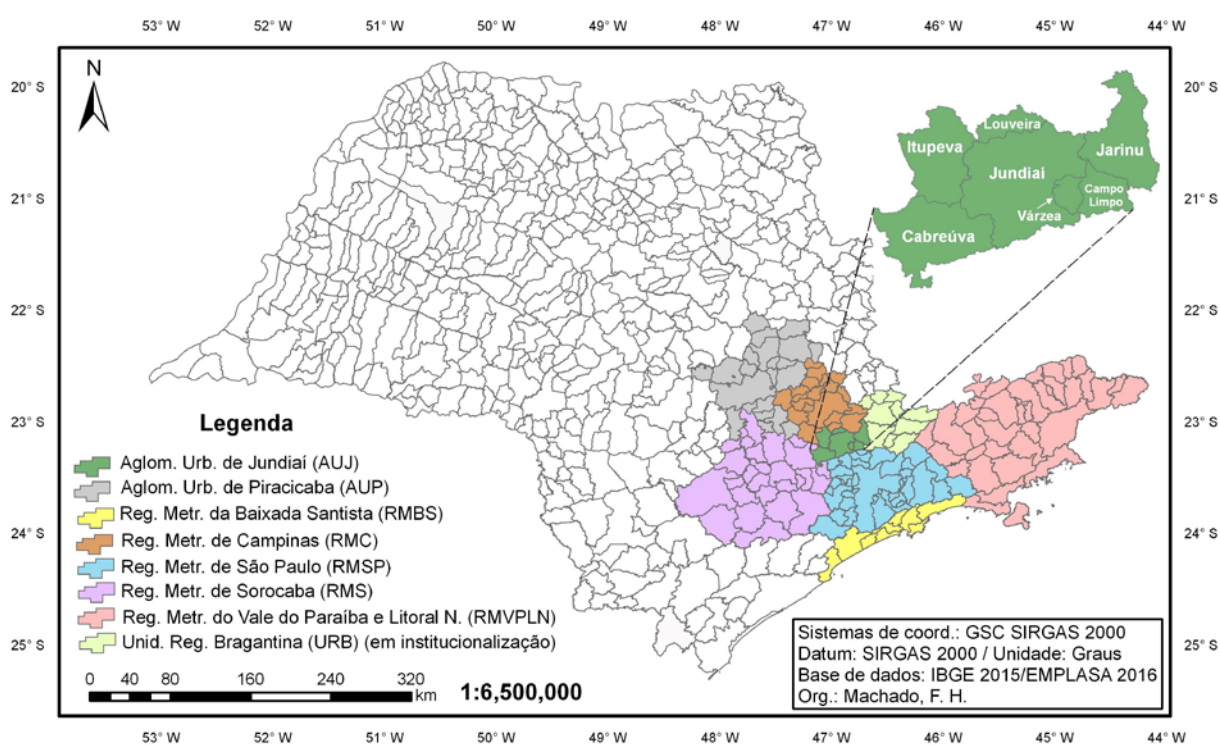
⁵ Segundo relatório das Nações Unidas (UN, 2014), São Paulo foi a 4ª aglomeração urbana mais populosa do mundo em 2014, posição mantida desde a década de 90. Para 2030, a projeção é que o município ocupe a 11ª posição.

⁶ IBGE (2016).

Estas duas regiões metropolitanas possuem como núcleo principal, respectivamente, São Paulo e Campinas, considerados os dois municípios mais dinâmicos da MMP (Silva e Fonseca, 2013). Um reflexo desse dinamismo está no PIB *per capita* de 2010, onde São Paulo figurou como o 2º maior do país - perdendo apenas para Brasília, seguido por Campinas em 3º (WB, 2015).

Na Figura 5 é apresentada a localização da AUJ, da qual faz limite com as RMSP (a sudeste), RMS (a sudoeste), RMC (a noroeste) e com a Unidade Regional de Bragantina (a nordeste). Nesta Figura é possível observar ainda as demais regiões pertencentes à MMA, das quais absorvem grande parte do extravasamento populacional gerado pelo município de São Paulo, assim como dos demais migrantes vindos de outros Estados (Oliveira e Oneill, 2013).

Figura 5 – Mapa de localização da Aglomeração Urbana de Jundiaí no estado de São Paulo e na Macrometrópole Paulista



Fonte: Autoria própria.

2.2 Aglomeração urbana de Jundiaí

A AUJ foi criada a partir de estudos técnicos⁷ que evidenciaram um intenso relacionamento funcional e processos de conurbação entre os municípios circunvizinhos de Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Louveira e Várzea Paulista que,

⁷ Estudos desenvolvidos na esfera da Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano (atual Subsecretaria de Assuntos Metropolitanos) com apoio técnico da EEMPLASA (SP, 2011a).

juntos, necessitavam de uma articulação institucional integrada a fim de resolver problemas comuns (SP, 2011a). Desse conjunto de municípios, o processo de conurbação mostra-se mais evidente entre Jundiaí, Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista sendo que, estes dois últimos, já apresentam 100% de seus territórios urbanizados (Fanelli e Santos Junior, 2013).

A concepção inicial da AUJ compreendia 6 municípios em 1999, configuração da qual foi alterada após uma década para 7 municípios devido à inclusão de Jarinu na rede urbana (EMPLASA, 2011). Tal fato propiciou a AUJ uma mudança de patamar, tornando-a um centro regional (anteriormente centro sub-regional 1⁸) na hierarquia de aglomerações urbanas (EMPLASA, 2011). Nesse contexto, Jundiaí exerce a função de principal polo centralizador da aglomeração (Fanelli e Santos Junior, 2013) onde, juntamente com Louveira, representam os dois principais municípios da aglomeração (Silva e Fonseca, 2013).

Dos 7 municípios pertencentes a AUJ, apenas Jarinu não possui um perfil industrial, sendo este com atuação mais destacada na área de serviços (EMPLASA, 2011). Fanelli e Santos Junior (2013) consideram que até o final da década de 80 a AUJ apresentava uma matriz econômica voltada para a indústria, situação que vem se alterando e se diversificando nos últimos anos com o aumento do setor de comércio e serviços, com destaque para o setor de logística.

A AUJ foi formalmente institucionalizada com a promulgação da Lei Complementar nº 13 de 2011, que criou o Conselho de Desenvolvimento da Aglomeração Urbana de Jundiaí (CDAUJ) e que assumiu, de forma paritária entre os municípios participantes, atribuições de caráter normativo e deliberativo para gerir a região (SP, 2011b). As principais frentes de trabalho da CDAUJ, com a participação do Estado, são (CDAUJ, 2011, art. 4 § 2º):

- I – planejamento e uso do solo;
- II – transporte e sistema viário regional;
- III – habitação;
- IV – saneamento básico;
- V – meio ambiente;
- VI – desenvolvimento econômico;
- VII – atendimento social.

⁸ Uma melhor descrição destas classificações bem como sobre a concepção inicial da AUJ podem ser obtidas na obra “Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil” (IPEA, 2001).

Conforme dados da EMPLASA (2011), a AUJ tem se destacado por ser uma região bastante industrializada e com forte conexão com as regiões vizinhas à aglomeração, com significativos processos de conurbação e problemas típicos relacionados à disponibilidade hídrica.

Estudos demográficos realizados por Balduino e Simões Jr. (2014) assinalaram que o fluxo migratório na AUJ é o principal fator de crescimento populacional, tendo este crescimento uma relação direta com o aumento da criação de loteamentos e condomínios (principal meio de parcelamento do solo na região).

Balduino e Simões Jr. (2014) discorrem que apenas durante o período de 1991 a 2010 a população da AUJ cresceu mais de 50%, fato que impulsionou um vetor de expansão e conurbação entre as RMSP e RMC, principalmente nas adjacências de Campinas até a porção norte/oeste da RMSP.

Com uma localização estratégica entre duas regiões metropolitanas, a AUJ está situada em um importante entroncamento rodoferroviário (em destaque: Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), sistema Anhanguera-Bandeirantes, rodoanel Mário Covas e rodovia Pedro I), característica que favorece o escoamento de mercadorias para o Porto de Santos e principais aeroportos da região (EMPLASA, 2011).

Como resultado desse arranjo, Asquino (2010) ressalta que há uma grande especulação imobiliária (sobretudo no mercado de loteamentos e de galpões para logística) nas regiões adjacentes do Sistema Anhanguera-Bandeirantes, principalmente entre Louveira e Jundiá até a região dos municípios de Cajamar e Campo Limpo Paulista.

Desse modo, nota-se que os eixos rodoviários, notadamente entre áreas metropolitanas, tendem a exercer uma função-chave no desenvolvimento e integração regional, pois atuam como um elemento estruturador para a provisão de infraestrutura e ações de planejamento (Tavares, 2016). Dentre outros vetores de desenvolvimento criado pelo governo paulista, está em fase de implantação o Vetor de Desenvolvimento Bandeirantes (VDB), cuja área de abrangência envolve projetos de infraestrutura ao longo do eixo de ligação da RMSP, AUJ, RMC e Aglomeração Urbana de Piracicaba (AUP) (EMPLASA, 2014c).

O VDB tem o propósito de aumentar o fluxo econômico no sentido do interior do Estado e engloba projetos de desenvolvimento e integração dos sistemas de transporte rodoviário, sobre trilhos e multimodal na região (EMPLASA, 2014c)⁹. Oliveira e Oneill (2013) destacam que

⁹ Os projetos previstos no VCB são: “Trem regional de passageiros São Paulo-Americana-Limeira-Piracicaba; Integração do Aeroporto de Viracopos com o transporte de cargas e de passageiros sobre trilhos; Integração ferroviária com a Hidrovia Tietê-Paraná no Porto Artêmis; Nova ferrovia de contêineres para carga unitizada;

grandes investimentos, como o fomento a complexos de aglomerações em rede, sempre veem acompanhados na atração de grandes fluxos populacionais para a região de abrangência do projeto.

Tavares (2016) discorre sobre o desenvolvimento de eixos/vetores de crescimento como uma nova forma de organização que está sendo empregada pelas instituições de planejamento urbano, que antes se pautavam na ideia central de polos regionais e, agora, estão sendo revistos tendo como base os fluxos das dinâmicas produtivas entre as regiões.

À luz dessas considerações, as ações governamentais propostas no VDB alinham nessa direção, visto que um dos propósitos da criação dos vetores de desenvolvimento é a dispersão das plantas industriais, concepção de novos espaços e redução da concentração econômica em cidades que já apresentam elevado grau de saturação (EMPLASA, 2014c).

2.3 Municípios de abrangência da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim

2.3.1 Aspectos históricos

Jundiaí¹⁰ recebeu condição de cidade em 1865 impulsionada pela expansão da cafeicultura, que atuou como fator-chave para a concepção e implantação das principais ferrovias paulistas (Izaias, 2012b; Oliveira, 2015). Com o término da ferrovia Santos-Jundiaí¹¹ em 1867 - considerado o principal aparato urbano daquela época, o município tornou-se um local estratégico por facilitar o escoamento de mercadorias (Walm, 2012; Oliveira, 2015).

A chegada da ferrovia Santos-Jundiaí é descrita como um marco de transformação de Jundiaí, pois foi responsável pelo processo mais acentuado de urbanização e crescimento populacional que se iniciou a partir da sua instalação (Izaias, 2012b). Oliveira (2015) considera que as estações e linhas férreas¹² delimitaram o espaço geográfico do município e favoreceram a expansão da malha urbana e a criação de novos bairros.

Com o funcionamento da ferrovia Santos-Jundiaí, Jundiaí se sobressaiu ainda mais nos anos seguintes devido à criação de novos ramais ferroviários na região, dos quais: Companhia

Orientação para uso e ocupação do solo municipal; Plataforma remota de Campinas; Articulação em rede dos centros logísticos (Anhanguera e Bandeirantes); Articulação ferroviária de carga a granel com o Ferroanel norte na RMSP; Sistema de monitoramento informatizado da carga; Plano de obras viárias (Marginais da Anhanguera e Vicinais)” (EMPLASA, 2014c, p. 39).

¹⁰ O vocábulo Jundiaí advém do tupi (Yundiá-y), em que jundia significa “bagre” e y “rio” (SEADE, 2003?-b).

¹¹ Inicialmente chamada de estrada de ferro *São Paulo Railway Company*, foi a primeira ferrovia do estado de São Paulo e segunda do Brasil. As obras desta ferrovia se iniciaram em 1860 e contava com 159 km de extensão, ligando Jundiaí ao Porto de Santos, passando pela capital do Estado (Walm, 2012).

¹² As linhas férreas são consideradas como principal indutor do acentuado crescimento populacional das cidades ocorridas naquela época (Ghirardello, 2002).

Paulista (ligou Jundiaí a Campinas em 1872); Companhia Mogiana (ligou São Paulo ao nordeste paulista em 1872); Companhia Ituana (ligou Jundiaí a Itu em 1873); e Companhia Sorocabana (ligou São Paulo a Sorocaba em 1873) (Walm, 2012). Ao contrário da ferrovia Santos-Jundiaí, que foi financiada com capital inglês, essas novas ferrovias tiveram notória participação do capital dos latifundiários paulistas interessados no escoamento de suas produções (Ghirardello, 2002).

A criação da ferrovia Santos-Jundiaí propiciou a vinda dos primeiros grupos imigrantes europeus (ingleses, espanhóis e italianos) que substituíram gradativamente a mão-de-obra escrava das fazendas cafeeiras (SEADE, 2003?-b). Nesse contexto, os imigrantes italianos desempenharam uma importante contribuição para o desenvolvimento do município, representando a maior leva dos imigrantes vindos da Europa (Izaias, 2012a).

Inicialmente, os italianos exerceram papel central nas lavouras e, posteriormente, atuaram também em outros ramos como o da construção civil, material cerâmicos, plantação de videiras, comércio, nas companhias ferroviárias bem como na industrial têxtil (Oliveira, 2015).

A expansão da rede ferroviária demandou ainda outros tipos de atividades tipicamente urbanas, muitas das quais relacionadas à própria manutenção das ferrovias, onde se destacaram os seguintes setores: construção civil e comércio; lubrificantes, carvão dentre outros (Walm, 2012). Tais atividades culminaram na criação de uma nova classe de trabalhadores urbanos assalariados que também necessitavam de outros bens e serviços e que, por consequência, estimularam outras atividades comerciais urbanas na região (*ibid.*).

Grande parte dos trabalhadores ligados às ferrovias residia ao longo das cidades servidas pelas linhas férreas, fato que foi responsável pelo destacado crescimento populacional paulista (Moura, 2010; Lanna, 2016). A partir de 1890, Jundiaí se destacou nesse processo devido à criação de grandes oficinas de manutenção de maquinários ferroviários, que funcionavam como verdadeiras indústrias e exerciam grande influência na configuração urbana do município (Lanna, 2016).

Nesse período, Oliveira (2015) retrata que a gestão municipal fomentou a expansão urbana a partir da disponibilização de lotes aos trabalhadores ligados as ferrovias e fábricas de tecelagem¹³, delineando uma cidade tipicamente operária composta majoritariamente por trabalhadores rurais, industriários e ferroviários.

Após a implantação das ferrovias na região e consequente expansão urbana, estima-se que em um período de 48 anos Jundiaí cresceu 82%, saltando de 7.805 habitantes em 1872 para

¹³ A primeira indústria de Jundiaí é datada de 1874 e atuava no ramo têxtil com nome de “Companhia Jundiahyana de Tecidos e Cultura” (Izaias, 2012a).

44.437 habitantes em 1920 (Oliveira, 2015). Em consequência dessa franca expansão ocorrida no século XIX, no século seguinte Jundiaí atraiu muitas indústrias, tornando-se assim um importante parque industrial da América Latina (SEADE, 2003?-b).

O município de Jarinu, por sua vez, foi emancipado em 1948 a partir do seu desmembramento de Atibaia-SP (SP, 1964). Inicialmente, Jarinu (do tupi, palmeira preta) recebeu o nome de Campo Largo de Atibaia (por volta de 1807) e chegou a pertencer a Jundiaí entre os anos 1844 a 1846 (SEADE, 2003?-c).

Campo Limpo Paulista foi um distrito de Jundiaí, desmembrado em 1964 pela Lei Estadual nº 8.092/64, juntamente com os municípios de Itupeva e Várzea Paulista (SP, 1964). Em linhas gerais, a história de Campo Limpo Paulista é correlata a de Jundiaí, visto que foi também fortemente influenciada pela implantação de ferrovias na região – sobretudo devido ao entroncamento da Estrada de Ferro Bragantina com a Santos-Jundiaí (SEADE, 2003?-a).

2.3.2 Aspectos socioeconômicos

O setor industrial de Jundiaí, que conta com mais de 500 empresas, apresenta um perfil diversificado, com segmentos em diversas áreas, tais como: alimentos, bebidas, cerâmicos, metalurgia, autopeças, plásticos, borrachas e embalagens; no setor de serviços, o destaque é para os grandes centros de distribuição e logística (EMPLASA, 2011; CBH-PCJ, 2015).

Campo Limpo Paulista possui um setor industrial desenvolvido, porém apresenta uma dependência direta do setor de comércio e serviços de Jundiaí (Moura, 2010; Fanelli e Santos Junior, 2013). Já Jarinu possui sua economia mais voltada para a produção agrícola, com um setor industrial pouco desenvolvido, com a presença de olarias, fábricas de chapéus e alambiques (Moraes, 2006).

Jarinu merece destaque também devido à participação marcante da agricultura familiar no setor agrícola do município, inclusive na agricultura voltada para a produção orgânica (Donadelli *et al.*, 2012; Souza-Esquerdo e Bergamasco, 2013). Entretanto, dados da SEADE (2014) apontam que a participação do setor agropecuário do município declinou nos últimos anos, caindo de 10,11% em 2002, para 2,88% em 2014; e, por outro lado, houve um crescimento do setor de serviços, atingindo 83,93% de participação em 2014 (maior percentual da série histórica 2002-2014).

Jundiaí e alguns municípios circunvizinhos se destacam ainda por estarem localizados em um polo de referência em fruticultura do Estado denominado Circuito das Frutas, do qual foi fundado no ano 2000 por pequenos agricultores (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013) e legitimado em 2002 via Decreto Estadual nº 47.180 (SP, 2002). O Circuito das Frutas é composto por 10

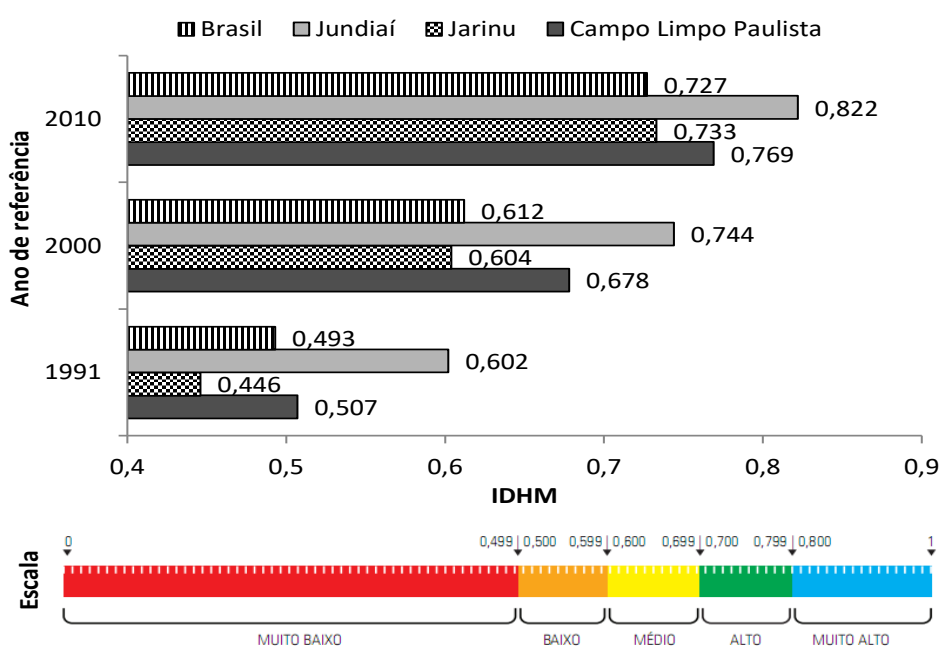
municípios, dos quais: Atibaia; Indaiatuba; Itatiba; Itupeva; Jarinu; Jundiaí; Louveira; Morungaba; Valinhos; e Vinhedo (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013).

Jundiaí e Jarinu participam desde o início da concepção do Circuito das Frutas. Jundiaí, em especial, tem se destacado por ser um grande produtor de uva (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013), cultura da qual foi introduzida pelos imigrantes europeus (Izaias, 2012a). Já Jarinu possui maior representatividade na cadeia produtiva de morango, figurando como um dos principais produtores do Estado (Donadelli *et al.*, 2012).

De acordo com dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (ADHB, 2013), Jundiaí atingiu 0,82 (muito alto), sendo classificado como o 11º do país em 2010 (ocupava a 35ª posição em 1991). Já Jarinu apresenta um IDHM mais próximo da média nacional, mas com um notório crescimento nas últimas décadas (subiu de 0,44 “muito baixo” em 1991 para 0,73 “alto” em 2010).

Essa mesma tendência de crescimento aconteceu em Campo Limpo Paulista, que saiu de um IDHM baixo em 1991 (0,5) para um IDHM alto em 2010 (0,76). Tais números evidenciam o crescimento ocorrido nas últimas décadas nesses municípios, sobretudo no que tange os quesitos de longevidade, educação e renda que são utilizados na composição do índice (IDHMB, 2013). Na Figura 6 é apresentado um compilado do IDHM destes resultados.

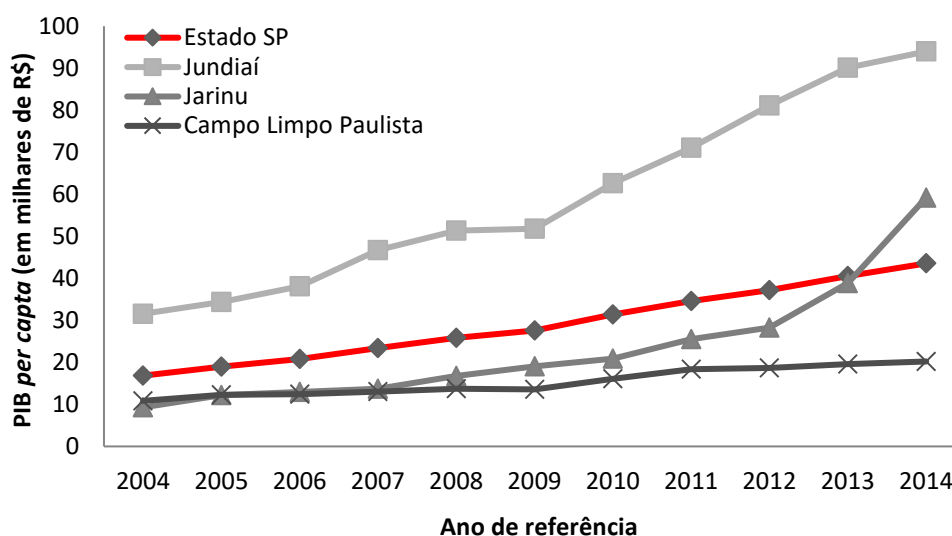
Figura 6 – IDHM dos municípios que compõem a BH-JM



Fonte: Elaborado a partir de dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (ADHB, 2013) e do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro (IDHMB, 2013).

Em relação ao PIB, Jundiaí exerce papel de destaque entre os municípios de abrangência da BH-JM, apresentando um PIB *per capita* de R\$ 93.978,27 (superior à média estadual), seguido por Jarinu (R\$ 59.197,75) e Campo Limpo Paulista (R\$ 20.206,94) (SEADE, 2014). Tendo como base a série histórica do PIB *per capita* entre o ano de 2004 e 2014 (Figura 7), a taxa de crescimento de Jundiaí foi de 198%, Jarinu 537% e Campo Limpo Paulista 86%. Jarinu, em especial, apresentou um crescimento mais acentuado a partir de 2011 e, já em 2014, apresentou um PIB *per capita* acima da média estadual.

Figura 7 – PIB *per capita* dos municípios de abrangência da BH-JM



Fonte: Elaborado a partir de dados da SEADE (2014).

2.3.3 Aspectos demográficos

Os municípios de Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista somam uma população estimada de 515.445 habitantes (IBGE, 2016). Dessa somatória, Jundiaí possui a maior representatividade, com 78,72% desse total, seguido por Campo Limpo Paulista (15,85%) e Jarinu (5,43%). Segundo dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) (SEADE, 2016), a taxa geométrica de crescimento anual da população no período compreendido entre 2010-2016 foi mais acentuado em Jarinu, cujo crescimento populacional foi de 2,46% a.a., o maior entre os 3 municípios. Para o mesmo período, Campo Limpo Paulista e Jundiaí apresentaram taxas de crescimento de 1,19% a.a. e 1,07% a.a., respectivamente.

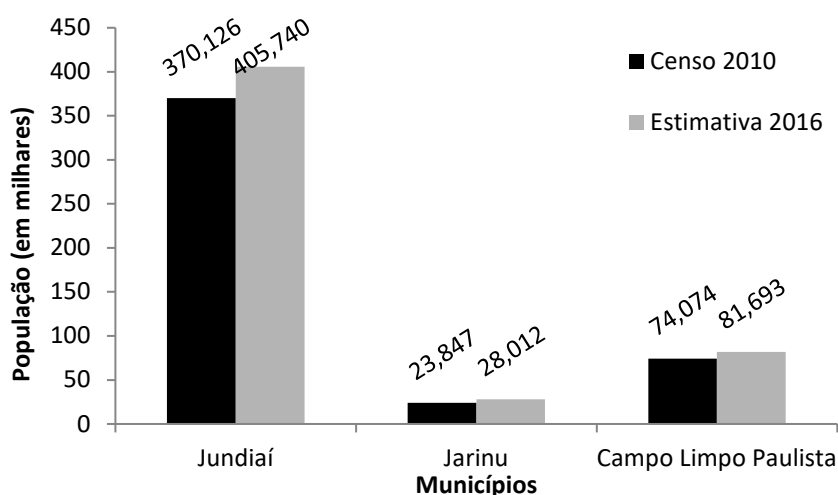
Destaca-se que esses 3 municípios apresentaram uma taxa de crescimento médio anual acima da média estadual (*i.e.*, 0,85% a.a.), para o mesmo período (SEADE, 2016). Para um período de referência anterior - compreendido entre os anos de 2000 e 2009, a taxa de

crescimento foi de 1,85% a.a. para a região da AUJ, taxa também superior à média estadual de 1,33% no mesmo período (EMPLASA, 2011).

Com base nesses dados, é possível verificar que a região da AUJ tem crescido acima da média estadual nos últimos 16 anos, seguindo a tendência das demais aglomerações urbanas paulistas. Em oposição, a taxa de crescimento populacional das regiões metropolitanas de São Paulo tem se igualado a média estadual (EMPLASA, 2011).

Na Figura 8 é apresentada a distribuição populacional dos municípios que compõem a BH-JM, onde pode ser observado que os mesmos somam uma população estimada de mais de 500.000 habitantes.

Figura 8 – Distribuição populacional dos municípios que compõem a BH-JM



Fonte: Elaborado a partir de dados censitários do IBGE (2010) e IBGE (2016).

Segundo dados demográficos de SEADE (2016), o maior grau de urbanização é representado por Campo Limpo Paulista, cuja população reside predominantemente na área urbana deste município – situação já alcançada em 2010. Aliado à pequena área territorial, Campo Limpo Paulista possui também a maior densidade demográfica entre os 3 municípios, com 1.001 hab. km⁻² (área territorial de 79,40 km²). Já Jundiaí apresenta um grau de urbanização de 96,64% (percentual próximo do nível estadual de 96,32%) e, Jarinu, 83,07%. Jundiaí possui uma densidade demográfica de 914,14 hab. km⁻² (área territorial de 431,21 km²) e Jarinu 132,55 hab. km⁻² (área territorial de 207,55 km²). A densidade demográfica se faz notória na região de

governo de Jundiaí¹⁴, cuja média atinge de 509,26 hab. km⁻², valor notoriamente superior à média estadual de 174,68 hab. km⁻².

2.3.4 Áreas de proteção ambiental regionais

Um ponto de destaque da região, principalmente para Jundiaí, é a Serra do Japi, um raro remanescente florestal da Mata Atlântica de grande importância para a conservação hídrica e da fauna silvestre (Fengler *et al.*, 2012; Ribeiro, 2014). A Serra do Japi possui uma área de 350 km², e seus limites geográficos abrangem 4 municípios paulistas: Jundiaí; Pirapora do Bom Jesus; Cajamar e Cabreúva (Ribeiro, 2014).

Sua localização está entre áreas de grande adensamento populacional e, conseqüentemente, apresenta pressões antrópicas típicas desse processo dentro e fora da sua área de abrangência, tais como: parcelamento inadequado do solo; especulação imobiliária; turismo predatório; atividades de caça; desmatamento; exploração de madeira e de minérios; dentre outros (Moraes, 2006; Fengler *et al.*, 2012; Ribeiro, 2014).

Devido a essa pressão antrópica, políticas públicas têm sido criadas pelo governo municipal de Jundiaí desde a década de 60 visando proteger a Serra do Japi, fato que culminou em seu tombamento pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do estado de São Paulo (CONDEPHAAT) em 1983 (SP, 1983; Fengler *et al.*, 2012).

Já em 1998 foi criado por meio da Lei Estadual nº 4.095/1984 à área de Proteção Ambiental (APA) de Jundiaí, da qual transformou as áreas rurais e urbanas de Jundiaí em áreas de proteção ambiental e que, por conseguinte, incorporaram os 91,4 km² (ou 47,7%) da área da Serra do Japi pertencentes ao município (SP, 1984; Moraes, 2003). Limítrofe a APA Jundiaí estão localizadas as APAs Cabreúva e Cajamar que, juntas, formam um contínuo de áreas protegidas, cuja finalidade principal é a proteção da Serra do Japi (COBRAPE, 2016).

2.4 Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

2.4.1 Características gerais

As bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (bacias PCJ¹⁵) somam uma área de 15.303,67 km², abrangendo dois estados: São Paulo (92,6%) e Minas Gerais (7,4%). As

¹⁴ A região de governo de Jundiaí compreende 9 municípios, dos quais: Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Itatiba, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Louveira e Várzea Paulista (SEADE, 2016).

¹⁵ Identificada pelo Sistema Paulista de Recursos Hídricos por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 05 (UGRHI-05) (Agência-PCJ, 2016).

bacias PCJ estão situadas entre os meridianos 46° e 49° O e latitudes 22° e 23,5° S, cuja extensão Leste-Oeste perfaz 300 km e Norte-Sul 100 km (CBH-PCJ, 2015).

As bacias PCJ podem ser subdivididas em 7 sub-bacias principais: as do rio Atibaia (Piracicaba, Corumbataí, Jaguari, Camanducaia e Atibaia – com 82,1% da área total); e as dos rio Capivari (10,6%) e Jundiá (7,3%). Possui 96,5% dos habitantes residentes em áreas urbanas e, 3,5%, residentes em áreas rurais (CBH-PCJ, 2015).

Embora pouco representativo em termos percentuais, a porção localizada em Minas Gerais exerce um papel importante para as bacias PCJ, uma vez que as nascentes dos rios Jaguari e Atibaia (formadores do rio Piracicaba) e do rio Camanducaia se localizam neste Estado (Agência-PCJ, 2016).

Com elevado potencial econômico, as bacias PCJ abrigam o 2º maior parque industrial do Brasil, contando com 76 municípios (total ou parcialmente) em seus limites, sendo 71 paulistas e 5 mineiros (Agência-PCJ, 2016). Com essas características, as bacias PCJ são classificadas como industrializadas (EMPLASA, 2011) e, como resultado das pressões demográficas e econômicas sofridas, contam com apenas 13,5% de sua vegetação remanescente (CBH-PCJ, 2015).

2.4.2 Situação hídrica

As bacias PCJ apresentam uma situação crítica em relação ao balanço hídrico (disponibilidade versus demanda), uma vez que a demanda hídrica praticamente se equivale ao volume de água produzido nessas regiões (EMPLASA, 2011; Brasil, 2013). Somente nos limites das bacias PCJ, há uma demanda hídrica para atender mais de 5 milhões de habitantes (Agência-PCJ, 2016).

Desse modo, as bacias PCJ possuem disponibilidade hídrica insuficiente para sustentar as taxas de crescimento populacional e econômico da região, fato que ainda é agravado pela água destinada para abastecer o Sistema Cantareira (Whately e Cunha, 2006; González *et al.*, 2011). Para este Sistema, as bacias PCJ fornecem, variando conforme disponibilidade hídrica, água para até 10 milhões de pessoas (Agência-PCJ, 2016).

De acordo com Zolin *et al.* (2014), as bacias PCJ e a do Alto Tietê – bem como o Sistema Cantareira – são retratadas como um dos maiores problemas hídricos do país, servindo também como um exemplo de conflito interno por este recurso.

A vazão média superficial no conjunto das bacias PCJ é de 172 m³ s⁻¹, vazão mínima de 43 m³ s⁻¹ e vazão Q_{95%} de 65 m³ s⁻¹. Já a vazão subterrânea está na ordem de 22 m³ s⁻¹ (CBH-PCJ, 2015). A maior demanda de água é para uso urbano (52%), seguido pelo industrial (29%)

e irrigação (18%), com aproximadamente 97%, sendo fornecido pelas águas superficiais (COBRAPE, 2011).

Em 2014 a coleta de esgoto nas bacias do PCJ atingiu 92,3%, mas somente 72,3% do total gerado era tratado (CBH-PCJ, 2015), levando a degradação da qualidade da água, como observado em pesquisas e relatórios nessa região (CBH-PCJ, 2016; Medeiros *et al.*, 2017). Contudo, em Jundiaí, o município dispõe de 3 estações de tratamento de esgoto (ETE), com vazão operacional de 100 L s^{-1} , atendendo 96% da população com coleta de esgoto. Deste percentual, 98% do esgoto são tratados a uma taxa média de eficiência de 95% (ARES-PCJ, 2014), valor que se revela, assim, superior ao da média observada nas bacias PCJ.

Dados limnológicos de 2015, avaliados por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA)¹⁶, apontam que dos 87 pontos monitorados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) nas bacias PCJ, 2 (2%) foram considerados péssimos, 19 (22%) ruins, 21 (24%) regulares, 41 (47%) bons e 4 (5%) ótimos (CBH-PCJ, 2016). Destes, há uma maior incidência de pontos com menor qualidade em áreas mais urbanizadas e, em contraponto, pontos com melhor qualidade nas regiões de cabeceira (CBH-PCJ, 2015).

2.4.3 Rio Jundiaí

Os formadores do rio Jundiaí estão localizados a 1.000 metros de altitude na Serra da Pedra Vermelha, em Mairiporã-SP. Apresenta um desnível de cerca de 500 metros e percorre 110 km até desaguar no rio Tietê, na região de Salto-SP (COBRAPE, 2011). A vazão $Q_{95\%}$ do rio Jundiaí é da ordem de $3,98 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (IRRIGART, 2005).

O rio Jundiaí é enquadrado na Classe 4 no trecho que atravessa Jundiaí até o seu deságue no rio Tietê (CETESB, 2016). O rio Jundiaí-Mirim, juntamente com o ribeirão Pirai e o córrego Barnabé, representam os principais afluentes do rio Jundiaí (Haupt, 2009).

Estimativas apontam que a bacia do rio Jundiaí terá o maior grau de urbanização na região das bacias PCJ, passando do percentual de 95,6% em 1996, para 98,8% até 2020 (Agência-PCJ, 2006?). Nesse contexto, a disponibilidade hídrica da bacia do rio Jundiaí é considerada também a mais crítica das bacias PCJ, de tal modo que as captações de água superam em 33% a disponibilidade da bacia (COBRAPE, 2011).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do IQA de acordo com os pontos de monitoramento existentes ao longo do rio Jundiaí. Tais resultados evidenciam o predomínio de

¹⁶ De acordo com o CBH-PCJ (2016, p. 118), “o valor do IQA varia de 0 a 100 e é obtido a partir de uma fórmula matemática que utiliza 9 parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, quantidade de coliformes fecais, nitrogênio, fósforo, resíduos totais e turbidez (todos medidos *in situ*)”.

pontos avaliados como “regulares” e “ruins”, onde ambos representaram, respectivamente, 48,2% e 51,7% do conjunto de pontos analisados pela CETESB ao longo de 7 anos. Em destaque, os pontos “JUNA04150” “JUNA04190” e “JUNA04200” foram avaliados em todos os anos como “ruins” (todos estes pontos estão localizados em áreas densamente urbanizadas e próximas a parques industriais da região de Jundiaí e Itupeva). Destaca-se, ainda, o ponto “JUNA02010”, ao qual se refere ao ponto de captação de água de Campo Limpo Paulista (CETESB, 2017b).

Tabela 1 – Resultados do IQA ao longo do rio Jundiaí de acordo com os pontos de monitoramento da CETESB

Pontos	Coordenadas geográficas (latitude/longitude)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JUNA02010	23° 12' 30" S 46° 46' 07" W	45	44	48	46	45	41	49
JUNA02020	23° 12' 13" S 46° 46' 23" W	38	40	45	41	41	40	45
JUNA02100	23° 12' 29" S 46° 48' 30" W	32	35	40	35	41	41	46
JUNA03270	23° 06' 26" S 47° 10' 24" W	38	31	37	38	39	38	34
JUNA04150	23° 11' 52" S 46° 51' 59" W	23	24	25	23	29	23	26
JUNA04190	23° 08' 49" S 47° 01' 22" W	29	32	30	30	30	31	30
JUNA04200	23° 08' 18" S 47° 05' 05" W	32	30	30	32	35	31	35
JUNA04700	23° 11' 42" S 47° 16' 07" W	36	40	39	39	41	34	31

■ Ótima ■ Boa ■ Regular ■ Ruim ■ Péssima

Fonte: Elaborado a partir de CBH-PCJ (2016).

Estudos desenvolvidos por Sousa *et al.* (2014) identificaram poluição no rio Jundiaí por contaminantes emergentes, dos quais: atenolol; cafeína; carbamazepina; diclofenaco; ibuprofeno; naproxeno propanolol; triclosan; e estrona. Dos 11 contaminantes investigados pelos autores, apenas 2 não foram encontrados no rio Jundiaí (*i.e.*, 17- β -Estradiol e 17- α -Ethinylestradio). Tal fato foi associado, principalmente, ao lançamento de águas residuárias sem tratamento (ou com tratamento ineficiente) no curso d'água.

Do mesmo modo, Fagnani *et al.* (2012) encontram concentrações de mercúrio total superiores ao estabelecido pela legislação (*i.e.*, $< 2 \mu\text{g L}^{-1}$)¹⁷ em três pontos analisados no rio Jundiaí, cujas concentrações médias verificadas variaram de 5,2 a 8,2 $\mu\text{g L}^{-1}$. Os autores constataram também valores de carbono orgânico dissolvido com concentrações de até 28,6 mg L⁻¹ próxima a sua foz.

¹⁷ Conforme Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005).

2.4.4 Rio Atibaia

O rio Atibaia nasce na cidade de Atibaia e suas águas fluem em direção as cidades de Campinas e Paulínia (pior trecho do rio em termos de qualidade) e tem a sua foz na represa de Salto Grande, no município de Americana onde, junto com o rio Jaguari, formam o rio Piracicaba (Silva e Jardim, 2006; CETESB, 2015).

Os dois principais formadores do rio Atibaia (rio Atibainha e Cachoeira) são ainda represados para abastecer com cerca de $9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ o Sistema Cantareira, principal fonte de abastecimento público da RMSP¹⁸ e, conseqüentemente, não ficam disponíveis em sua totalidade para uso nas cidades localizadas a jusante (Silva e Jardim, 2006; Whately e Cunha, 2006; SP, 2009b).

O rio Atibaia possui vazão $Q_{95\%}$ de $13,57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (IRRIGART, 2005) e é um dos principais mananciais das bacias PCJ, sendo responsável pelo abastecimento de 95% da água consumida por Campinas (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013). Além de Campinas, o rio Atibaia abastece também os municípios de Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Itatiba, Jarinu, Nazaré Paulista, Nova Odessa, Piracaia, Sumaré, Valinhos e Vinhedo (SANASA, 2005).

Juntos, esses 11 municípios supracitados somam uma população estimada em 2 milhões de habitantes (IBGE, 2016). Além desses municípios, o rio Atibaia é responsável ainda pelo fornecimento de parte da água consumida por Jundiaí durante os períodos de estiagem, via reversão de águas para a BH-JM (COBRAPE, 2016).

Na Tabela 2 é apresentado o valor de IQA de acordo com os pontos de monitoramento existentes ao longo do rio Atibaia entre os anos de 2009 a 2015. Nota-se, a partir destes resultados, que o rio Atibaia possui 75% dos pontos de monitoramento avaliados como “bons” e 25% avaliados como “regulares”. Nesse contexto, destaca-se ainda o trecho entre os pontos “ATIB02010” e “ATIB02030”, pois é entre estes dois locais que o ocorre à reversão de água do rio Atibaia para a BH-JM. O primeiro ponto supracitado está localizado na captação de água de Atibaia; já o segundo ponto está localizado na captação de água de Itatiba (CETESB, 2017b).

¹⁸ Os Sistemas Cantareira, Guarapiranga e Billings fornecem 70% da água consumida pela RMSP, sendo que os dois últimos sistemas apresentam um alto grau de degradação em decorrência de poluição e ocupações irregulares. Cerca de 95% da população da RMSP localiza-se na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, porém a mesma fornece apenas 15% da água consumida pela população (WB, 2012).

Tabela 2 – Resultados do IQA ao longo do rio Atibaia de acordo com os pontos de monitoramento da CETESB

Pontos	Coordenadas geográficas (latitude/longitude)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ATIB02010	23° 06' 12" S 46° 32' 42" W	54	62	65	67	58	58	51
ATIB02030	22° 58' 09" S 46° 50' 52" W	54	58	63	65	61	57	55
ATIB02035	22° 56' 16" S 46° 56' 01" W	59	57	65	66	61	69	57
ATIB02065	22° 54' 18" S 46° 58' 26" W	51	56	60	61	58	55	52
ATIB02300	22° 45' 25" S 47° 06' 39" W	51	60	67	64	68	64	59
ATIB02605	22° 45' 47" S 47° 09' 18" W	46	49	53	54	58	47	48
ATIB02800	22° 45' 41" S 47° 10' 24" W	42	45	48	48	45	38	43
ATIB02900	22° 41' 54" S 47° 17' 27" W	62	63	69	66	64	62	62

■ Ótima ■ Boa ■ Regular ■ Ruim ■ Péssima

Fonte: Elaborado a partir de CBH-PCJ (2016).

2.5 Bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim

2.5.1 Aspectos gerais

A BH-JM abrange três municípios paulistas nas seguintes proporções: 55% Jundiaí, 36,6% Jarinu e 8,4% Campo Limpo Paulista (Fengler *et al.*, 2015b). A BH-JM possui uma área de aproximadamente 118 km² e está subdivida em 18 sub-bacias (Moraes, 2016a). A bacia possui um perímetro de 62,3 km, e o comprimento do rio principal perfaz 29,35 km da nascente até o seu exutório (Giansante e Belli Filho, 2004).

O rio Jundiaí-Mirim (calha principal da BH-JM) nasce na divisa de Jarinu (córrego do Tanque) com Campo Limpo Paulista (ribeirão do Perdão), e suas águas escoam até serem represadas no reservatório de acumulação, localizado no Parque da Cidade (DAE, 2016a).

O rio Jundiaí-Mirim, bem como todos os seus afluentes até o ponto de captação, são classificados como corpos d'água Classe I^{19,20}. O enquadramento das águas da BH-JM foi instituído pelo Decreto Estadual nº 24.839/86 (SP, 1986), classificação da qual se mantém até o momento (CETESB, 2016).

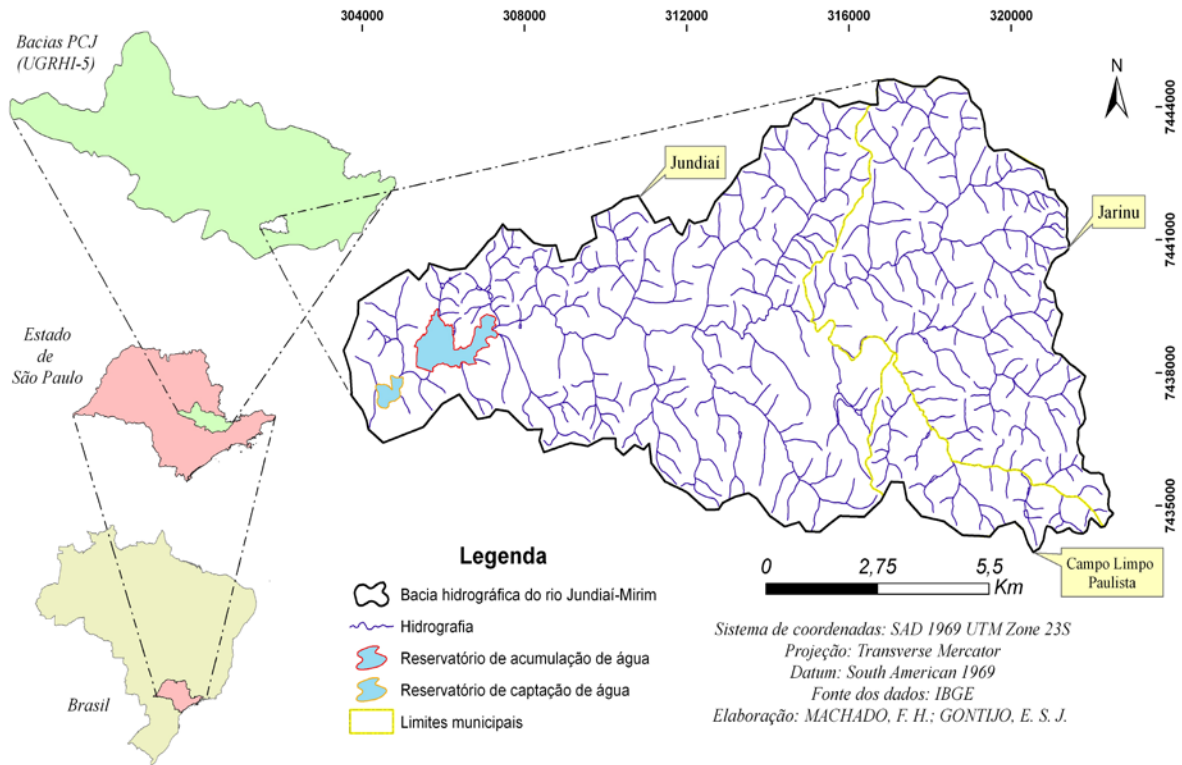
Na Figura 9 é apresentada a localização da BH-JM, tendo como referência a sua localização a nível nacional, estadual e no âmbito das bacias PCJ; assim como é apresentado os

¹⁹ Classificação instituída a partir da promulgação da Lei Estadual 997/76 (SP, 1976a) de controle da poluição ambiental da qual foi regulamentada pelos Decretos Estaduais 8.468/76 (SP, 1976b) e 10.755/77 (SP, 1977).

²⁰ As águas enquadradas na Classe I são aquelas destinadas ao abastecimento doméstico sem necessidade de tratamento prévio ou com apenas simples desinfecção (SP, 1976b; Brasil, 2005).

limites municipais de Jundiá, Jarinu e Campo Limpo Paulista e os reservatórios utilizados para o abastecimento público de Jundiá.

Figura 9 – Mapa de localização da BH-JM e limites municipais



Fonte: Autoria própria.

Entre os municípios que abrangem a BH-JM, as áreas com maior ocupação urbana são representadas por Jundiá e Campo Limpo Paulista e, em menor proporção, Jarinu. A localização da BH-JM na região central da MMP tem elevado ainda à sua especulação pelo mercado imobiliário e industrial, dos quais contribuem para a conversão de áreas rurais em áreas urbanas (Moraes, 2016a).

Em síntese, os principais problemas ambientais da BH-JM são: especulação imobiliária e ocupação desordenada em áreas de recarga hídrica; extração mineral (*e.g.*, argilas) que contribuem para o assoreamento dos cursos d'água; práticas agrícolas inadequadas; supressão da vegetação; e alterações na qualidade da água (Moraes, 2003; Picolo, 2005; Beghelli *et al.*, 2015; Moraes, 2016a; Medeiros *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2018).

2.5.2 Aspectos climatológicos e hidrológicos

Considerando a classificação climática de Köppen, o clima predominante nos municípios de Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista é o Cwa, caracterizado como tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno (CEPAGRI, n. d.). Em destaque, o clima de Jarinu é retratado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) como o 2ª melhor clima do mundo para o bem-estar humano (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013). A temperatura média da região é de 20,4°C, com uma precipitação anual em torno de 1.400 mm e altitude variando de 680 a 780 (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados climatológicos dos municípios de Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista

Município		Temperatura °C			Precipitação (mm)	Altitude
		Média mínima	Média máxima	Média		
Jundiaí	Ano	14,6	27,0	20,9	1.350,5	680
	Min	9,9	23,8	16,9	37,7	
	Max	19,0	29,2	24,0	222,6	
Jarinu	Ano	13,9	26,3	20,1	1.420,0	780
	Min	9,4	23,2	16,4	39,5	
	Max	17,7	28,5	23,1	234,8	
Campo Limpo Paulista	Ano	14,0	26,4	20,2	1.405,7	760
	Min	9,5	23,2	16,4	37,0	
	Max	17,8	28,6	23,2	231,8	

Obs.: Dados referentes a série histórica de junho de 1988 a outubro de 2008.

Fonte: Elaborado a partir de dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, n. d.).

A captação de água bruta para fins de abastecimento público de Jundiaí é feita a partir de 4 pontos, dos quais: rio Jundiaí-Mirim; rio Atibaia; ribeirão da Ermida; e córrego da Estiva. Tais captações foram outorgadas ao Departamento de Água e Esgoto de Jundiaí (DAE S.A.), por meio da Portaria DAEE²¹ n° 572/2017 (DAEE, 2017b). No rio Atibaia, via reversão, a vazão outorgada é de 1.200 L s⁻¹; na represa de captação do rio Jundiaí-Mirim 1.810 L s⁻¹; no ribeirão da Ermida 45 L s⁻¹; e no córrego da Estiva ou ribeirão do Japi 50 L s⁻¹ (que abastece a represa do bairro Moisés) (*ibid.*).

No escopo dessas fontes de abastecimento, a BH-JM é responsável por fornecer 95% da água consumida por Jundiaí, constituindo-se o principal manancial do município (COBRAPE, 2016), cuja vazão é na ordem de 350-400 L s⁻¹ (Moraes, 2003; DAE, 2016?-b). Os 5% restantes são advindos do ribeirão da Estiva e do ribeirão da Ermida, externos à BH-JM (COBRAPE, 2016).

²¹ Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), autarquia do governo do estado de São Paulo.

Considerando a formação hidrogeológica regional, a BH-JM está inserida na unidade aquífera denominada Cristalino, cuja permeabilidade está condicionada às descontinuidades e fissuras das rochas (Bertachini, 1987; IRRIGART, 2005). Diante dessa característica, a vazão mediana do Sistema Aquífero Cristalino é de $4,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, o que representa uma produtividade classificada como limitada (Neves *et al.*, 2006). De acordo com levantamentos feitos por Bertachini (1987) na região de Jundiá, o aquífero cristalino é responsável por restituir à rede de drenagem entre 200 mm ano^{-1} a 330 mm ano^{-1} , o que representa cerca de 50% do escoamento superficial total das bacias; do volume total precipitado, as taxas de recarga hídrica representam entre 16% a 25% da precipitação total.

2.5.3 Aspectos pedológicos e de uso das terras

Diferentes classes de uso e ocupação das terras são encontradas na bacia, com ocorrência de loteamentos, urbanização, exploração minerária (extração de folheto argiloso, caulim, tungstênio e granito) e atividades agropecuárias, com destaque para silvicultura, fruticultura de clima temperado (uva, pêssigo, morango e figo) e pastagens para fins pecuários (Moraes, 2003; Fengler *et al.*, 2015b).

Os solos da bacia são pouco férteis, e o relevo predominante é o forte ondulado e montanhoso, com declividades superiores a 12% (Moraes, 2003). Na região há um predomínio de solos Cambisolos²² (Tabela 4) que, associados ao relevo, são mais suscetíveis à formação de processos erosivos (Tavares *et al.*, 2003).

Tabela 4 – Percentual de distribuição das classes de solo encontradas na BH-JM

Classes de Solo	Distribuição Relativa (%)
Cambissolo Tb distrófico A moderado textura média ou argilosa	48
Associação Cambissolo Tb distrófico + Argissolo Vermelho Amarelo Tb distrófico A moderado textura média/argilosa	11
Cambissolo Háptico Tb Distrófico glêico substrato sedimentos aluviais A moderado	8
Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico textura média A moderado	2
Latossolo Vermelho Escuro distrófico A moderado textura argilosa	10
Latossolo Vermelho Amarelo distrófico A moderado textura argilosa	14
Neossolo Litólico Tb Distrófico típico textura média A moderado	5

Fonte: Reproduzido de Tavares *et al.* (2003).

²² A ordem “Cambisolos” abrangem solos cujas características principais são: textura média ou fina; pouco desenvolvimento pedogenético; pouco profundo; elevados teores de minerais primários; presença de fragmentos de rocha; e indicações de intemperismo incipiente (IAC, 2014?).

Entre os usos da terra encontrados na BH-JM, as áreas de mineração, urbana e loteamento são aquelas responsáveis pela maior parcela de perda de solo, onde práticas conservacionistas são pouco utilizadas (Moraes, 2003). A bacia possui ainda diferentes classes de risco de erosão, onde: 43% possuem baixo risco de erosão; 27% erosão baixa, média ou alta; e 30% risco muito alto de erosão (*ibid.*).

2.5.4 Produção bibliográfica de estudos ambientais desenvolvidos na BH-JM

Dado ao seu caráter estratégico, sobretudo para Jundiaí, a BH-JM tem sido objeto de diversos estudos em função das pressões demográficas atuantes nesta região que, como consequência, ocasionam diversos impactos ambientais. Além disso, a BH-JM vem sendo utilizada ainda como área de estudo para o desenvolvimento de métodos construtivistas e interdisciplinares de ensino e pesquisa (Ribeiro e Medeiros, 2013; Ribeiro e Medeiros, 2014; Bressane *et al.*, 2015; Fengler *et al.*, 2015a) devido, principalmente, a complexidade que envolve a gestão desta área, que engloba fatores ambientais, sociais, econômicos e culturais.

No Quadro 2 são destacados artigos publicados em periódicos científicos, dissertações, livros e relatórios técnicos de estudos ambientais desenvolvidos no contexto da BH-JM. Tais documentos compreendem um horizonte de mais de 10 anos de pesquisas feitas por diferentes instituições, dentre as quais: Instituto Agrônomo (IAC)²³, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Universidade de São Paulo (USP):

Quadro 2 – Exemplos de pesquisas ambientais desenvolvidas no âmbito da BH-JM

PESQUISA	AUTOR (S)
Análise das características hidrogeológicas dos terrenos cristalinos da região de Jundiaí, com abrangência na BH-JM	Bertachini (1987)
Avaliação do comportamento de metais pesados no solo e na água subterrânea em áreas de fruticultura	Campos (2001); Campos (2002)
Diagnósticos agroambientais visando subsidiar a formulação de políticas públicas de ordenação territorial em consonância com a proteção dos recursos naturais	Moraes (2002); Moraes (2003); Moraes (2015b); Moraes (2015a); Moraes (2016b); Moraes (2016a).
Prognósticos relacionados à expectativa de degradação dos recursos hídricos utilizando técnicas de geoprocessamento	Tavares <i>et al.</i> (2003)

(*continua*)

²³ No escopo desta instituição, destaca-se o Programa de Políticas Públicas (Processo Fapesp: 98/14181-5) intitulado de “*Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiaí-Mirim*”, desenvolvido pelo Instituto Agrônomo em parceria com o Instituto de Economia Agrícola (IEA); Prefeitura Municipal de Jundiaí; e DAE S. A. Água e Esgoto.

Desenvolvimento de medidas protetivas relacionadas a cargas poluidoras difusas em função do uso e ocupação do solo	Giansante e Belli Filho (2004)
Risco de perda da capacidade hídrica em decorrência da impermeabilização do solo por atividades antrópicas	Picolo (2005)
Análise da evolução do uso das terras e produção de sedimentos	Prado (2005); Prado <i>et al.</i> (2006)
Diagnóstico relacionado ao uso da água na irrigação de culturas agrícolas	Gramolelli Jr. <i>et al.</i> (2007)
Características das arquiteturas rurais de unidades produtoras de uva e vinho e suas implicações na ordenação territorial	Moraes (2006)
Análises integradas do mapa de uso e ocupação das terras para fins de gestão ambiental e uso de indicadores ambientais para áreas de preservação permanente	Freitas <i>et al.</i> (2013)
Modelagem <i>fuzzy</i> a partir de dados de análise de paisagem visando à elaboração de diagnósticos ambientais participativos	França <i>et al.</i> (2014)
Avaliação temporal da qualidade ambiental dos fragmentos florestais e simulação de cenários futuros utilizando técnicas de geoprocessamento	Fengler <i>et al.</i> (2015b)
Diagnósticos limnológicos de ambientes lóticos e lênticos e uso de bioindicadores	Beghelli <i>et al.</i> (2014); Beghelli <i>et al.</i> (2015)
Avaliação de ambientes de proteção por meio de análise de paisagem	Marques (2016)
Avaliação ambiental utilizando o método de análise da paisagem	Medeiros <i>et al.</i> (2016)
Custos econômicos de adequação do uso do solo visando à implantação de programas de pagamentos por serviços ambientais na bacia do rio Jundiá e BH-JM	Matos (2017)
Impactos da transposição sobre a qualidade da água superficial	Machado <i>et al.</i> (2018)

(conclusão)

Fonte: Autoria própria.

CAPÍTULO 4 – ABORDAGEM METODOLÓGICA DELPHI

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Segundo Gomes *et al.* (2016), o processo de desenvolvimento, seleção e validação de indicadores ambientais deve ser pautado em um processo estruturado e coeso. Gomes e Malheiros (2012) enfatizam também a necessidade do uso de um modelo conceitual estrutural quando se trabalha com conjunto de indicadores, sobretudo a fim de justificar os critérios de seleção adotados. Nesse sentido, foi empregado neste estudo o método *Delphi* como forma de validação²⁴ dos indicadores que melhor representam os aspectos relacionados à segurança hídrica da BH-JM, uma vez que este método atende a essas premissas e aos objetivos propostos.

De maneira geral, o processo de validação de indicadores consiste em analisar se estes cumprem o propósito para o qual foram destinados, tornando-os, assim, úteis para fins de pesquisa e para os usuários finais (Girardin *et al.*, 1999). Conforme as categorias de validação de indicadores ambientais descritas por Mayer e Butler (1993) e Bockstaller e Girardin (2003), o método *Delphi* pode ser enquadrado como uma avaliação subjetiva, pois envolve a consulta a grupo de especialistas para julgamento da relevância dos indicadores.

O método *Delphi* tem sido amplamente utilizado como forma de validação de diversos processos, tais como: procedimentos médicos (Hartman *et al.*, 2016); procedimentos educacionais (Mengual-Andrés *et al.*, 2016); análise de risco alimentar animal (Soon *et al.*, 2012); planejamento de recursos empresariais (Ahmad *et al.*, 2015); seleção de indicadores socioambientais (Stuchi Cruz *et al.*, 2016); seleção de indicadores de sustentabilidade (Santiago e Dias, 2012); seleção de indicadores de impacto do setor agropecuário (Astrid e Alexander, 2013); seleção de áreas de descarte de resíduos perigosos (Zakaria *et al.*, 2013); dentre outros.

No contexto da gestão de recursos hídricos, o método *Delphi* tem sido utilizado em estudos na Espanha (Cuenca) que envolvem a seleção de indicadores prioritários relacionados a projetos de reabilitação de cursos d'água (Canto-Perello *et al.*, 2017); No Vietnã (Binh Thuan), um conjunto de indicadores de causa e efeito foram ponderados e selecionados por um painel especialistas em um estudo relacionado a processos de desertificação e estiagens (Hai *et*

²⁴ No escopo deste trabalho, o termo “validação” foi entendido como um processo pelo qual um especialista técnico avalia e confirma a viabilidade de uso do indicador para uma determinada proposta. Terminologia similar é utilizada também pelo *Colorado General Assembly* na elaboração de leis ambientais (Colorado, 2016).

al., 2016); Na Índia (Durgapur), especialistas foram consultados a fim de atribuírem níveis de importância para parâmetros de qualidade da água para o rio Damodar (Saha, 2010).

1.2 Características do método *Delphi*

Essencialmente, o método *Delphi*²⁵ consiste na consulta de opinião de um grupo de especialistas sobre determinados eventos utilizando um questionário como forma de eliciação (Loë *et al.*, 2016). O questionário é repassado em diferentes rodadas até que se atinja uma convergência das respostas, tendo como premissa que o julgamento coletivo tende a ser melhor do que o individual (Linstone e Turoff, 1975; Ludwig, 1997; Wright e Giovinazzo, 2000).

A utilização de um painel de especialistas está relacionada à redução do viés de desejabilidade individual e do viés da limitação do campo de conhecimento do pesquisador (Stuchi Cruz *et al.*, 2016). Ademais, devido ao fato do especialista manifestar a sua opinião de forma individual e anônima, essa característica contribui para que a opinião de terceiros não venha a influenciar diretamente na resposta dada ao inquérito (Lee *et al.*, 2013).

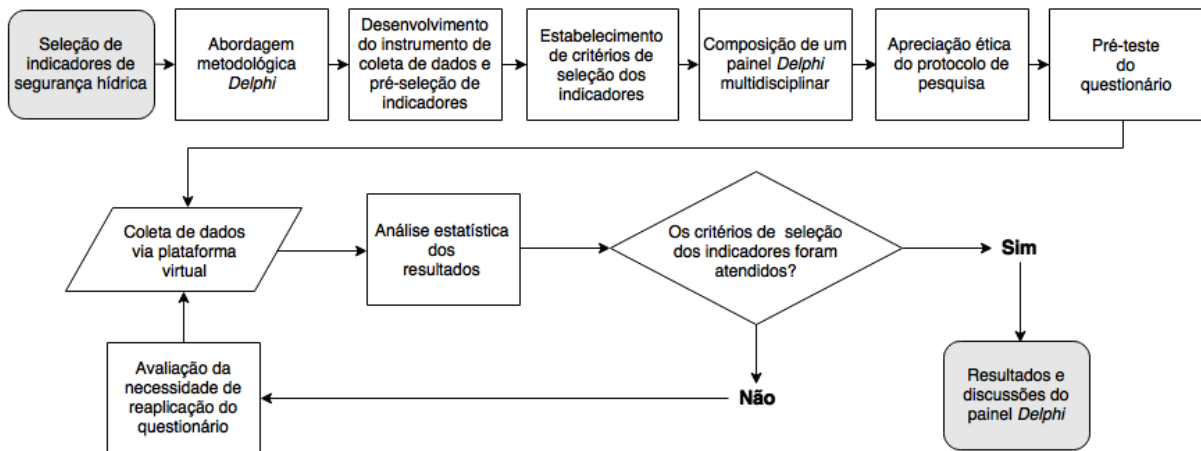
O anonimato e a ausência de uma reunião física minimizam ainda os fatores associados ao status acadêmico ou profissional do respondente, assim como fatores psicológicos associados à capacidade de persuasão ou a relutância em abandonar posições previamente assumidas (Wright e Giovinazzo, 2000). Nessa perspectiva, um estudo desenvolvido por Waldron *et al.* (2016) constatou que o método *Delphi* apresenta melhores resultados na avaliação de questões ambientais quando comparado a uma reunião física.

1.3 Objetivos e fluxograma de pesquisa

Diante das premissas apresentadas, este capítulo tem por objetivo apresentar e descrever o processo de seleção dos indicadores de segurança hídrica (InSeg) a serem empregados neste estudo, tendo como base o método *Delphi*. Na Figura 10 é apresentado o fluxograma de pesquisa utilizado para essa finalidade, cujas etapas e aspectos teóricos são discutidos detalhadamente nas próximas subseções, assim como os resultados e discussões resultantes da consulta *Delphi*.

²⁵ Uma descrição detalhada e exemplificada do método *Delphi* pode ser obtida em Linstone e Turoff (1975).

Figura 10 – Fluxograma de pesquisa utilizado para seleção dos indicadores de segurança hídrica da BH-JM



Fonte: Autoria própria.

2 MÉTODO

2.1 Instrumento de coleta de dados

Um questionário virtual (Apêndice A e Apêndice B) estruturado com questões semiabertas foi utilizado como forma de eliciação do método *Delphi*. O delineamento utilizado foi o do tipo *survey*, que consiste na interrogação direta das pessoas cujo comportamento e/ou opinião acerca de determinado problema ou fenômeno deseja-se conhecer (Gil, 2008).

A plataforma virtual utilizada nesse processo foi a *Qualtrics Platform*²⁶ (versão livre). O questionário virtual foi desenvolvido contendo 5 partes principais (Partes A, B, C, D e E), sumariamente apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Divisão e descrição sumária do questionário utilizado como forma de eliciação

Divisões	Descrição sumária
Parte A	A Parte A consistiu na apresentação do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), onde foi feita a apresentação da pesquisa e seus respectivos objetivos. Nesta parte também foi apresentado os aspectos éticos inerentes à pesquisa envolvendo seres humanos, bem como foi solicitado à anuência do respondente para participar da pesquisa.
Parte B	A Parte B teve como propósito a aquisição de informações gerais sobre o respondente, a fim de caracterizar o seu perfil social e profissional. Nessa parte foram solicitadas as seguintes informações: (i) faixa etária; (ii) atividade profissional; (iii) tempo de experiência na área ambiental; (iv) área de formação acadêmica; e (v) grau acadêmico.

(continua)

²⁶ Disponível em: <<https://www.qualtrics.com/>>.

Parte C	Na Parte C foram apresentados os aspectos gerais sobre segurança hídrica, bem como a terminologia empregada para defini-la. Nesta parte foi apresentado ainda às instruções de preenchimento do questionário, considerando uma escala baseada em níveis de importância.
Parte D	Na Parte D foram apresentados um conjunto de 8 indicadores pré-selecionados relacionados à segurança hídrica para atribuições dos níveis de importância.
Parte E	Na Parte E foi disponibilizado um espaço de caráter opcional para o respondente tecer comentários e/ou sugestões gerais acerca dos indicadores de segurança hídrica.

Obs.: Parte A: Disponível no Apêndice A; **Partes B, C, D e E:** Disponível no Apêndice B.

(conclusão)

Fonte: Autoria própria.

Nos tópicos seguintes, detalhadamente, é apresentada a descrição e critérios utilizados em cada parte do questionário apresentado no Quadro 3.

2.1.1 Apresentação da pesquisa por meio do TCLE

Na Parte A do questionário foram fornecidas ainda as seguintes informações por meio do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE)²⁷: autores responsáveis pela pesquisa e respectivos contatos; caracterização geral da área de estudo; tempo aproximado despendido para responder o questionário; e sigilo e privacidade assumidos pelos pesquisadores diante das informações prestadas pelos respondentes. Destaca-se que o emprego do TCLE, empregado nesta parte do questionário, tem sido recomendado como uma das etapas do método *Delphi* em estudos voltados à elaboração de indicadores ambientais (Veiga *et al.*, 2013).

2.1.2 Informações gerais do respondente

A Parte B do questionário foi elaborada tendo como base o perfil dos especialistas selecionados. Para todas as questões foram utilizadas escalas categóricas de respostas (nominais e ordinais) em contraponto ao uso de questões abertas, com o intuito de tornar as questões menos evasivas e de fácil compreensão, permitindo uma resposta mais ágil. À vista disso, foram utilizadas 5 questões que pudessem refletir o perfil dos especialistas de maneira sucinta, de tal forma que não deixasse o inquérito demasiadamente longo e exaustivo para o respondente – conforme destacado por Harrison (2007). Assim, cada questão apresentada na Parte B do questionário teve o seguinte propósito:

(i) A questão “*Em qual faixa etária você se enquadra?*” visou identificar a idade do especialista por meio de intervalos de idade;

²⁷ No escopo da regulação ética de pesquisas científicas, reflexões sobre a importância do uso do TCLE em diversas áreas do conhecimento podem ser obtidas em Zanatta e Costa (2012) e De La Fare *et al.* (2014).

(ii) A questão “*Qual é a sua principal atividade profissional?*” visou identificar qual era a atuação profissional principal do especialista;

(iii) A questão “*Quanto tempo de experiência profissional e/ou acadêmica você tem na área ambiental?*” visou identificar quanto tempo de experiência o especialista possui na área ambiental;

(iv) A questão “*A sua formação acadêmica (graduação) é em qual área?*” visou identificar a área de formação acadêmica do especialista em nível de graduação. As categorias nominais utilizadas foram elaboradas tendo como base as grandes áreas de conhecimento publicadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (CAPES, 2009);

(v) A questão “*Qual é o seu maior grau acadêmico?*” visou identificar o maior grau acadêmico do especialista e foi elaborado tendo como referência o grau acadêmico mínimo estabelecido na pesquisa.

2.1.3 Atribuição dos níveis de importância

Para a atribuição dos níveis de importância (Parte C₁), foi utilizada uma escala de graduação²⁸ dividida em 4 níveis (ou pontos) de importância (Quadro 4). Este tipo de escala é comumente utilizado em estudos que empregam o método *Delphi* (Sutherland, 1975; Brewer, 2007) e, especificamente, tem sido utilizado também na ponderação (utilizando níveis de importância) de indicadores relacionados aos recursos hídricos (Canto-Perello *et al.*, 2017).

Quadro 4 – Escala de avaliação gradativa utilizada no questionário para a avaliação dos indicadores de segurança hídrica

Níveis de importância			
1	2	3	4
Sem importância	Pouca importância	Importante	Muito importante
✓ Sem relevância ✓ Pode ser descartado	✓ Prioridade baixa ✓ Não é um fator determinante	✓ Prioridade média ✓ É um fator determinante	✓ Prioridade alta ✓ Tem influência direta no problema

Fonte: Elaborado a partir de Turoff (1975) e Mostert-Phipps *et al.* (2013).

Nessa avaliação o respondente teve a opção de se abster da avaliação, bastando apenas selecionar a opção “*não quero opinar*” presente junto a cada indicador. Esta mesma alternativa

²⁸ As escalas de graduação são aquelas que utilizam um contínuo de atitudes possíveis, de tal forma que a avaliação dada pelo respondente expresse maior ou menor favorabilidade sobre a questão em análise (Gil, 2008). Essa técnica foi proposta originalmente por Rensis Likert (Likert, 1932).

foi empregada por Couto e Ribeiro (2016) em um painel *Delphi* e, em linhas gerais, visa resguardar o direito do sujeito em abdicar-se de responder a questão apresentada.

A avaliação gradativa utilizando uma escala com 4 graduações foi utilizada com o propósito de evitar uma posição neutra do respondente e, desse modo, estimulá-lo a pensar em tomar uma posição não neutra sobre o problema apresentado (Turoff, 1975; Loë, 1995; Couto e Ribeiro, 2016). Em alguns casos, a escala com 4 níveis de graduação tem sido utilizada ainda para se evitar tendências centrais nas respostas dadas pelos respondentes (Gil, 2008). Gould (2011) destaca também que escalas mais simples e objetivas com até 5 níveis são mais atraentes e estimulantes se comparado com escalas longas, que podem se tornar cansativas e desestimulantes.

2.1.4 Pré-seleção dos indicadores

A pré-seleção dos InSeg (Parte D) foi realizada a partir do conjunto de indicadores utilizados pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP) na elaboração dos relatórios de situação dos recursos hídricos do Estado (SMA-SP, 2009). Assim como, foi utilizada como fonte de indicadores a base de dados do projeto intitulado “*Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim*” (Moraes, 2002; Moraes, 2003; Moraes, 2016a), a base de dados virtual do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SMA) (SNIS, n. d.), bem como a partir da análise do conjunto de indicadores hidroambientais descritos por Brown e Matlock (2011), Carvalho *et al.* (2013) e Corrêa e Teixeira (2013).

A pré-seleção dos indicadores foi elaborada considerando os objetivos da pesquisa, assim como a disponibilidade dos dados para o desenvolvimento dos indicadores no âmbito da BH-JM – tal como recomendado por Beek e Arriens (2014) em estudos relacionados à segurança hídrica. Similarmente, Veiga *et al.* (2013) descreveram o uso do método *Delphi* tendo como base inicial uma lista preliminar de indicadores de sustentabilidade. Nesse processo, a pré-seleção dos indicadores foi feita considerando ainda a sua relevância no âmbito político, sua utilidade, sua confiabilidade e sua mensurabilidade (Demanboro *et al.*, 2013).

No escopo desta pesquisa, conceituou-se como indicadores de segurança hídrica como aqueles indicadores relacionados a medidas de gestão que asseguram o acesso sustentável aos recursos hídricos em termos qualitativos e quantitativos; de forma a garantir o bem-estar humano, a proteção dos ecossistemas e o desenvolvimento socioeconômico.

A partir dessa conceituação, os indicadores de segurança hídrica pré-selecionados foram dispostos no questionário acompanhados de uma breve descrição, conforme apresentado no

Quadro 5. Para cada indicador foi disponibilizado ainda o campo “*Gostaria de fazer algum comentário?*”. Este campo teve a finalidade de permitir que o especialista fizesse alguma observação, caso julgasse pertinente - conforme recomendado por Rubio *et al.* (2003).

Quadro 5 – Conjunto de indicadores de segurança hídrica pré-selecionados para atribuição de níveis de importância pelos especialistas

Tipo	Sigla	Indicador	Descrição
Indicadores de Segurança Hídrica	Seg1	Reservatórios de água	Área ocupada por reservatórios e barramentos de água destinados ao abastecimento público, lazer, recreação e/ou uso agrícola.
	Seg2	Transposição de água	Volume de água transportado e análise da dependência da transposição de águas entre bacias para regularização da vazão.
	Seg3	Qualidade físico-química e biológica da água	Variação dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água superficial bruta e a influência da transposição.
	Seg4	Perdas na distribuição de água potável	Índice de perdas na distribuição de água potável que relaciona o volume de água produzido com o volume de água consumido por Jundiáí.
	Seg5	Despesas com tratamento de água	Despesas com produtos químicos destinados aos sistemas de tratamento de água e esgotos e sua relação com a variação sazonal.
	Seg6	Oferta de água	Situação da oferta de água para consumo humano representado pelo volume anual de água submetido a tratamento (abrange a água bruta captada e a proveniente da transposição).
	Seg7	Rede de distribuição	Extensão da rede de distribuição de água de Jundiáí.
	Seg8	Políticas públicas	Medidas legais de proteção ambiental estabelecidas por políticas públicas de Jundiáí.

Fonte: Elaborado a partir da revisão e pré-seleção dos indicadores apresentados em: SNIS (n. d.), Moraes (2002; 2003; 2016b); SMA-SP (2009); Brown e Matlock (2011); Carvalho *et al.* (2013); Corrêa e Teixeira (2013).

2.2 Critérios de seleção dos indicadores

2.2.1 Nível de consenso

A análise da distribuição de frequência foi empregada com o intuito de identificar o nível de consenso (NC) das respostas dadas pelo painel de especialistas para cada indicador. Este tipo de análise, que utiliza medidas de tendência central e porcentagem, tem sido comumente empregado em análises de escores de classificação (Sutherland, 1975; Loë *et al.*, 2016). O NC foi dividido em 4 níveis (alto, médio, baixo e nenhum), conforme apresentado no Quadro 6:

Quadro 6 – Critério adotado para avaliar ao nível de consenso das respostas dadas pelo painel de especialistas

Nível de consenso	Descrição
Alto	70% das classificações estão em uma única categoria de avaliação, ou 80% estão em duas categorias de avaliação adjacentes.
Médio	60% das classificações estão em uma única categoria de avaliação, ou 70% estão em duas categorias de avaliação adjacentes.
Baixo	50% das classificações estão em uma única categoria de avaliação, ou 60% em duas categorias de avaliação adjacentes.
Nenhum	Menos de 60% das classificações estão em duas categorias de avaliação adjacentes.

Fonte: Elaborado a partir de Loë (1995) e Mostert-Phipps *et al.* (2013).

2.2.2 Índice de validade de conteúdo

Para avaliar a representatividade/relevância de cada indicador, foi utilizado o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), comumente utilizado em pesquisas sociais que utilizam escalas psicométricas (Rubio *et al.*, 2003). O IVC é uma técnica que permite medir a proporção de especialistas que estão em concordância a respeito dos itens apresentados a partir de uma escala de graduação, refletindo o quão representativo o item é (Polit e Beck, 2006; Alexandre e Coluci, 2011).

Na Equação 1 é apresentado como é obtido o IVC (Grant e Davis, 1997):

$$IVC = \frac{n^{\circ} \text{ de respostas "3" ou "4"}}{n^{\circ} \text{ total de respostas}} \quad \text{Equação 1}$$

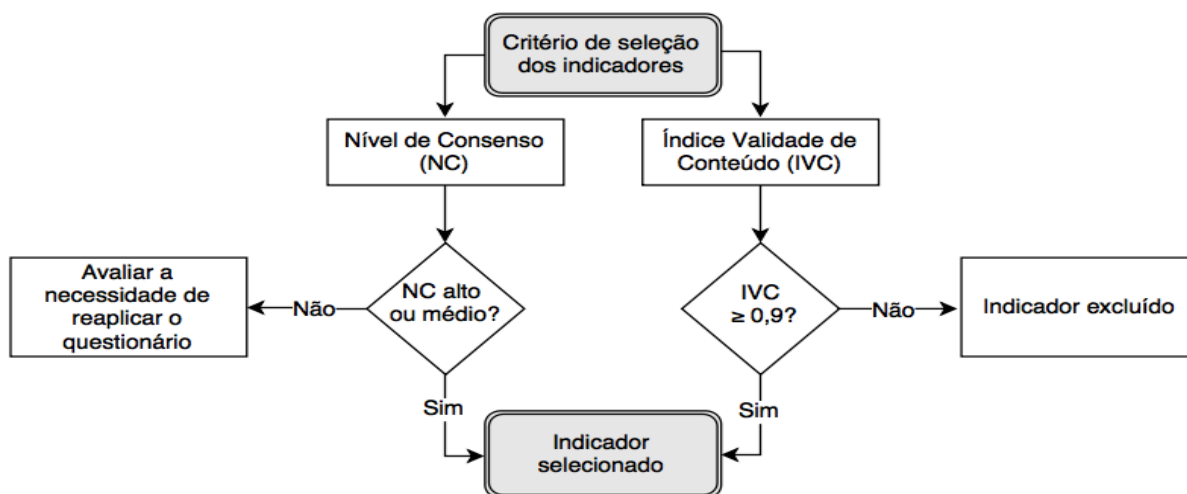
Onde o *n*^o de respostas “3” e “4” representa o nível de importância atribuído pelos especialistas em uma escala de graduação de 4 pontos (Quadro 4), dividido pelo número total de respostas, ou seja, pelo número total de especialistas.

De maneira geral, o IVC deve ter um valor mínimo de 0,8 (no máximo de 1) quando se está avaliando um novo instrumento (Davis e Grant, 1993). Não obstante, Polit e Beck (2006) sugerem um valor mais restritivo: $IVC \geq 0,9$.

2.2.3 Critério de seleção estabelecido

Na Figura 11 é apresentada a árvore de decisão utilizada para seleção dos indicadores de segurança hídrica, elaborada a partir dos critérios de seleção “NC” e “IVC” supracitados. O NC visou avaliar a convergência das respostas para cada indicador (*i.e.*, consenso das respostas). Já o IVC visou avaliar o quão representativo/relevante é cada indicador.

Figura 11 – Critério de seleção dos indicadores de segurança hídrica utilizando o NC e o IVC



Fonte: Autoria própria.

Assim, foi estabelecido que para o indicador ser selecionado, este deveria ter um NC “alto” ou “médio” e um IVC $\geq 0,9$.

2.3 Composição do painel de especialistas

2.3.1 Definição do tamanho da amostra

O método *Delphi* não objetiva levantar a opinião de um grupo que seja estatisticamente representativo, mas, fundamentalmente, visa apenas à consulta a um grupo limitado e seletivo de especialistas (Wright e Giovinazzo, 2000; Keeney *et al.*, 2011). Logo, o processo de seleção envolve técnicas de amostragem não probabilísticas, uma vez que os especialistas são selecionados para opinarem sobre uma proposta específica (Hasson *et al.*, 2000).

Loë *et al.* (2016) observaram que estudos cujos temas são mais específicos ou que buscam a opinião de peritos altamente especializados tendem a apresentar um grupo menor de especialistas (*e.g.*, ≤ 10) compondo o painel. Em contraponto, estes autores identificaram estudos com temas abrangentes cujo painel chegou a ter mais de 1.000 especialistas.

Nesse contexto, França (2015) consultou 8 especialistas visando atribuir bases de regras em matrizes de conjuntos *fuzzy* para a avaliação de impacto ambiental em uma indústria automobilística. A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo consultou mais de 5.000 especialistas no processo de prospecção de cenários ambientais para o estado (SP, 2009a).

Na literatura ainda há vários apontamentos sobre o assunto, porém sem um consenso em relação ao número de especialistas necessário, visto que cada pesquisa tem suas especificidades (Hsu e Sandford, 2007). Entretanto, nas descrições clássicas do método foi recomendado um

número de 10 a 15 especialistas por Turoff (1970), um mínimo de 10 especialistas por Mitchell (1991) e de 15 a 20 especialistas por Ludwig (1997).

Destaca-se que em um grupo muito pequeno o resultado do painel pode não ser representativo ao ponto de refletir um consenso, já um grupo demasiadamente grande há o risco de se obter baixo retorno e ainda demandar maior tempo na pesquisa (Hsu e Sandford, 2007). Scapolo e Miles (2006) consideram que a definição do número de especialistas deve ser visto como uma escolha inerente do pesquisador, pois trata-se também de um exercício de previsão intrínseco do próprio método.

Diante dessas premissas e considerando os objetivos propostos nesta pesquisa, foi estabelecido inicialmente um painel inicial contendo 21 especialistas. Posteriormente, foram adicionados mais 5 sujeitos durante o período de prorrogação da aplicação do questionário, visando aumentar a taxa de retorno. Logo, o painel somou uma amostra final com 26 especialistas.

2.3.2 Critério de inclusão e exclusão

Para o estabelecimento do perfil dos especialistas participantes do painel *Delphi* foram adotados 4 critérios de inclusão, a saber:

- (i) Possuir correio eletrônico (*e-mail*) para responder a pesquisa;
- (ii) Ter no mínimo o grau acadêmico de mestre;
- (iii) Ter um conhecimento prévio/básico sobre a área e/ou região de estudo;
- (iv) Ser professor ou pesquisador ou profissional na área de meio ambiente e gestão de recursos hídricos.

O primeiro critério (i) foi adotado tendo em vista que a pesquisa seria realizada em ambiente virtual. Logo, seria necessário que o respondente tivesse acesso a um correio eletrônico para receber o *link* de acesso ao questionário.

O segundo critério (ii) foi adotado por razões técnico-científicas, partindo da premissa que um respondente com no mínimo a titulação/especialização acadêmica em nível mestrado poderia ter melhor embasamento para responder o inquérito, embora isso não seja uma regra²⁹.

²⁹ Hussler *et al.* (2011) discorrem, comparativamente, sobre o julgamento feito entre especialistas e o público em geral – e a importância de cada um, considerando que os especialistas são mais capazes de fornecer respostas mais objetivas, baseadas em fatos. Por outro lado, o público leigo pode fazer um julgamento que pode ser influenciado por emoções e/ou valores pessoais.

O terceiro critério (iii) foi adotado em função da especificidade da BH-JM, onde foi considerado que um respondente com conhecimento prévio/básico sobre a área de estudo e suas respectivas problemáticas ambientais poderia oferecer uma melhor opinião sobre o tema, em contraponto de um sujeito que não tivesse nenhum conhecimento.

O quarto e último critério (iv) foi adotado igualmente por razões técnico-científicas, considerando que se trata de um estudo na área ambiental, com subárea na gestão de recursos hídricos. Desse modo, foi considerado que o profissional que atenderia melhor a proposta deste estudo deveria ter também formação e atuação nessa área.

Os critérios (ii), (iii) e (iv) foram examinados, sobretudo, via análise curricular utilizando a plataforma Lattes. Critérios de inclusão semelhantes foram adotados por Costa *et al.* (2015) onde, dentre outros critérios, foi estabelecido que o especialista tivesse no mínimo o título acadêmico de mestre e atividade técnico-científica na área objeto de estudo.

Adicionalmente, e com o intuito de estruturar um painel multidisciplinar na área de ciências ambientais – propiciando, assim, uma abordagem mais ampla acerca do problema em questão –, os especialistas pré-selecionados abrangeram 12 áreas de formação acadêmica (em nível de graduação), a saber:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. Administração; | 7. Engenharia Agrônômica; |
| 2. Agronomia; | 8. Engenharia Ambiental; |
| 3. Biotecnologia; | 9. Engenharia Florestal; |
| 4. Ciências Biológicas; | 10. Geologia; |
| 5. Direito; | 11. Gestão Ambiental; e |
| 6. Ecologia; | 12. Química. |

Para a seleção dos especialistas, foi utilizada a rede de contatos dos pesquisadores envolvidos nesta pesquisa, critério do qual foi adotado também por Vestjens *et al.* (2015). Os especialistas selecionados abrangeram uma instituição de ensino público, duas instituições de ensino privado, um instituto de pesquisa, um órgão ambiental e consultores ambientais autônomos.

Em oposição, os critérios de exclusão adotados foram definidos como aqueles que, no mínimo, não tenham atingido um dos critérios de inclusão estabelecidos (*i.e.*, itens i, ii, iii ou iv supracitados).

2.4 Apreciação ética

A Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) considera que o respeito pela dignidade humana deve ser pautado em um amparo especial aos participantes de pesquisas

científicas que envolvem seres humanos (Brasil, 2012). Esta resolução define que pesquisas que envolvem seres humanos são aquelas que, “individual ou coletivamente, tenha como participante o ser humano, em sua totalidade ou partes dele, e o envolva de forma direta ou indireta, incluindo o manejo de seus dados, informações ou materiais biológicos” (Brasil, 2012, II.14).

Adicionalmente, a Resolução 510/16 (Brasil, 2016) do CNS considera que procedimentos metodológicos que envolvam a coleta de dados ou informações identificáveis obtidos diretamente com participantes de pesquisas científicas devem ser submetidos à apreciação ética. Esta Resolução trata, especificamente, sobre as normas aplicáveis em pesquisas que envolvem seres humanos nas áreas de ciências humanas e sociais e visa, dentro outros aspectos, normatizar o artigo XIII.3 da Resolução 466/12 (Guerriero, 2016).

No escopo dessas Resoluções, ainda há um entendimento que pesquisas que empregam entrevistas e/ou aplicação de questionários se caracterizam como pesquisas envolvendo seres humanos (Brasil, 2008). Desse modo, todas as pesquisas científicas que envolvam tais devem ser submetidas à apreciação ética pelo Sistema CEP/CONEP (Comitê de Ética em Pesquisa/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), dos quais são vinculados ao CNS do Ministério da Saúde (Brasil, 2012; Brasil, 2016).

Logo, em razão do método *Delphi* empregado neste estudo requerer o uso de questionário e, por conseguinte, envolver seres humanos, foi solicitado à apreciação ética do protocolo de pesquisa ao CEP da Faculdade de Medicina de Botucatu (FMB) da UNESP. Esse procedimento propõe-se, em linhas gerais, tornar o instrumento de pesquisa a ser utilizado eticamente adequado e menos evasivo à privacidade do(s) sujeito(s) envolvido(s) (Brasil, 2008).

Diante dessas premissas supracitadas e em atenção aos preceitos éticos contidos na Resolução nº 466/12 (Brasil, 2012), Resolução 510/16 (Brasil, 2016) e normas complementares, a presente pesquisa visou resguardar os direitos e a dignidade do sujeito, com vistas a assegurar o anonimato, a confidencialidade, a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo dos sujeitos da pesquisa, inclusive em aspectos de autoestima e de prestígio econômico.

O Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) recebeu o número de registro 57760416.9.0000.5411. O parecer consubstanciado de aprovação foi emitido sob número 1.682.555. O parecer consubstanciado referente ao relatório final de pesquisa foi emitido sob número 1.852.359. Ambos pareceres foram emitidos pelo CEP/FMB.

2.5 Pré-teste do questionário

Após a aprovação do protocolo de pesquisa pelo CEP/FMB, foi desenvolvido um pré-teste do questionário (ou teste piloto), cujo intuito foi o de identificar possíveis falhas na redação, ambiguidades, melhor ordenamento e forma das questões, imprecisões dos termos, bem como aspectos técnico-científicos inerentes ao objeto de estudo (Harrison, 2007; Gil, 2008; Gould, 2011).

O pré-teste é retratado como uma etapa essencial na aplicação de questionários em geral (Gil, 2008; Richardson, 2008) e, de igual forma, é recomendado também no método *Delphi* (Day, 1975; Clibbens *et al.*, 2012).

Nesse sentido, foi realizado um pré-teste do questionário com 8 sujeitos com características semelhantes ao da população de interesse. O pré-teste do questionário foi realizado entre 18 de agosto de 2016 a 29 de setembro de 2016, totalizando 43 dias. As modificações realizadas foram reenviadas ao CEP/FMB via relatório final nº 1.852.359.

2.6 Período de coleta de dados

O período de coleta de dados foi realizado em 2 fases, das quais: A 1ª fase corresponde ao período inicial pré-estabelecido de coleta de dados, sendo realizada entre 30 de setembro de 2016 a 15 de outubro de 2016, totalizando 16 dias. A 2ª fase corresponde ao período de prorrogação (que visou aumentar o número de respondentes), sendo realizada entre 16 de outubro de 2016 a 31 de outubro de 2016, totalizando 16 dias. Assim, o período total de coleta de dados perfaz 32 dias.

2.7 Análise estatística

2.7.1 Escalonamento multidimensional não-métrico (*nMDS*)

Na análise dos resultados do painel *Delphi* foi utilizado o escalonamento multidimensional não-métrico (*non-metric multidimensional scaling - nMDS*) visando obter uma melhor interpretação dos dados. Essa técnica fornece uma visão geométrica das relações entre as variáveis e tem sido utilizada na análise de dados qualitativos provenientes de questionários e escalas de ponderação (Kim *et al.*, 2000; Jaworska e Chupetlovska-Anastasova, 2009).

A tabulação dos dados foi feita utilizando o programa GNU PSPP versão 0.10.4 e, posteriormente, foi utilizado o programa Past versão 3.15 (Hammer *et al.*, 2001) na análise *nMDS*. Ambos os programas são de licença livre.

O *nMDS* é um caso particular do escalonamento multidimensional métrico (*metric Dimensional Scaling - MDS*) utilizado em operações algébricas, porém com enfoque em dados categóricos (Borg e Groenen, 2005). Desse modo, o *MDS* é utilizado para dados quantitativos utilizando uma função linear para mapear os dados e, por outro lado, o *nMDS* é utilizado para dados qualitativos sem a restrição de linearidade dos dados (Hout *et al.*, 2013). Nesse sentido, o *nMDS* consiste em uma técnica não-paramétrica, ou seja, não se baseia em uma distribuição normal dos dados (USEPA, 2002; Jaworska e Chupetlovska-Anastasova, 2009).

De maneira geral, o escalonamento multidimensional consiste em um método que representa a similaridade (ou dissimilaridade) de dados com base na distância entre pontos em um espaço de baixa dimensão, tendo como finalidade permitir uma melhor visualização e exploração destes (Borg e Groenen, 2005).

Assim, os objetos representados no *nMDS* que estão próximos um dos outros são mais semelhantes do que aqueles mais afastados destes (Quinn e Keough, 2002). Contudo, a representação *nMDS* tende a ser subjetiva, incumbindo ao analista examinar a organização dos dados no espaço, a fim de melhor extrair informações (Jaworska e Chupetlovska-Anastasova, 2009; Hout *et al.*, 2013).

A precisão do ajuste do *nMDS* foi avaliado pelo nível de *stress* resultante da projeção gráfica, que é obtido por meio da Equação 2 (Kruskal, 1964):

$$Stress = S = \sqrt{\frac{\sum_{ij} (\delta_{ij} - d_{ij})^2}{\sum_{ij} d_{ij}^2}} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

- δ_{ij} é o valor da proximidade entre os itens i e j ;
- d_{ij} é a distância espacial entre eles.

No Quadro 7 são apresentados os níveis de *stress* recomendados para uma melhor representação dos dados, cujo valor de *stress* mais próximo de zero representa uma melhor qualidade do ajuste (Hout *et al.*, 2013).

Quadro 7 – Níveis de *stress* utilizado para analisar o ajustamento do *nMDS*

Níveis de <i>stress</i>	Descrição
< 0,05	A representação é excelente, sem perspectiva de má interpretação.
< 0,1	Corresponde a uma boa ordenação sem risco real de fazer inferências falsas.
< 0,2	Pode levar a uma imagem utilizável.
0,2 - 0,3	Níveis de estresse entre 0,2 – 0,3 devem ser tratados com desconfiança.
> 0,3	Valores acima deste limite podem produzir resultados ruins.
0,35 – 0,4	Níveis de <i>stress</i> superior a 0,35 – 0,4 podem ser representadas de forma aleatória, tendo pouca relação com os graus de similaridade originais.

Fonte: Elaborado a partir de Clarke (1993) e Clarke e Warwick (2001).

Baseado em Kruskal (1964), Meyer *et al.* (2004) apresentaram uma categorização do ajuste conforme o nível de *stress* resultante da representação, sendo: 0 perfeito; 0,05 excelente; 0,1 bom; 0,2 regular; e 0,4 insatisfatório. Diante dessas classificações, foi utilizado os níveis de *stress* apresentados no Quadro 7 e aqueles apresentados por Meyer *et al.* (2004) como referência para avaliar o ajustamento da representação *nMDS*.

O índice de similaridade empregado no *nMDS* foi o da distância euclidiana, que é um dos algoritmos mais utilizados nesse processo (Borg e Groenen, 2005; Jaworska e Chupetlovska-Anastasova, 2009). A distância euclidiana corresponde ao comprimento do segmento de reta que liga os pontos *i* e *j*, calculada a partir da Equação 3, onde $d_{ij}(X)$ representa à raiz quadrada da soma das diferenças intradimensionais (Borg e Groenen, 2005).

$$d_{ij}(X) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2} \quad \text{Equação 3}$$

2.7.2 Análise auxiliar dos dados gerados no *nMDS*

Foi utilizada a análise conjunta entre *nMDS* e a análise de agrupamentos hierárquica (*classical cluster*), que é uma forma efetiva de avaliar a consistência de ambas as representações (Clarke e Warwick, 2001). A análise de agrupamentos consiste basicamente em uma técnica exploratória que agrupa indivíduos ou objetos dentro de grupos similares, gerando um dendrograma (Kim *et al.*, 2000). Essencialmente, o dendrograma é utilizado para exibir as etapas sequenciais em algoritmos hierárquicos, porém, isoladamente, mostra-se falho na representação das posições relativas dos pontos e suas respectivas distâncias interpontos (Kim *et al.*, 2000).

Para avaliar a consistência do dendrograma foi utilizado o valor do coeficiente de correlação cofenética (*cophenetic correlation coefficient* – CCC), que mede o quão fiel o dendrograma preserva as distâncias entre os pontos dos dados originais não modulados (Saraçlı

et al., 2013). Assim, quanto maior for o valor do coeficiente, que varia de 0 a 1, menor é a distorção provocada para agrupar os dados em análise (Biagiotti *et al.*, 2013). Rohlf (1970) estabeleceu que um $CCC < 0,7$ demonstra uma inadequação do método de agrupamento representado. O índice de similaridade euclidiano foi utilizado.

A árvore de extensão mínima (*minimum spanning tree - MST*) também foi utilizada na análise *nMST*. A *MST* tem sido utilizada em conjunto com *nMDS* com a função de unir os objetos do gráfico de tal forma que a soma dos comprimentos que ligam todos os objetos seja a menor possível, sem que haja lacetes fechados (Kim *et al.*, 2000; Quinn e Keough, 2002). Desta forma, os objetos são unidos através de linhas onde os intervalos mais curtos entre os objetos são aqueles mais próximos entre si e aqueles separados por linhas mais longas estão mais afastados (Quinn e Keough, 2002).

2.7.3 Análise de similaridade por agrupamento

A análise de similaridade (*Analysis of Similarities – Anosim*) foi utilizada para avaliar se houve uma diferença significativa entre os perfis dos especialistas, e entre os níveis de importância que eles atribuíram.

Para esta análise, os especialistas foram agrupados de acordo com sua área de formação em nível de graduação. A *Anosim*, em conjunto com o *nMDS*, tem sido utilizado para testar diferenças entre escores atribuídos por especialistas (Jones *et al.*, 2015).

A *Anosim* consiste em um teste de hipótese não paramétrico, análogo a *one-way Anova* (Clarke, 1993), e utiliza uma estatística de teste (R) conforme apresentado na Equação 4 (Chapman e Underwood, 1999):

$$R = \frac{\bar{r}_b - \bar{r}_w}{n(n-1)/4} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

- \bar{r}_b é a média de todas as diferenças de *ranking* dos objetos entre grupos;
- \bar{r}_w é a média de todas as diferenças de *ranking* entre objetos dentro dos grupos;
- n é o número total de amostras sobre avaliação.

O valor de R é escalonado entre -1 a 1. Há diferenças entre os grupos quando o valor de R é maior do que zero, refletindo que os objetos são mais dissimilares entre grupos do que

dentro de grupos. Os valores negativos de R indicam que as dissimilaridades dentro dos grupos são maiores do que as diferenças entre os grupos. Já os valores $R=0$ indicam que a hipótese nula é verdadeira, ou seja, que não há diferenças entre os grupos (Clarke e Warwick, 2001; Quinn e Keough, 2002).

Desse modo, a *Anosim* assume as seguintes hipóteses (Clarke e Warwick, 2001):

- H_0 : Não há diferença entre os grupos;
- H_1 : Há diferença entre os grupos.

Onde a H_0 testa se a média do *ranking* de dissimilaridade (*Bray-Curtis*; $\alpha=0,05$) entre todos os possíveis pares de objetos, em diferentes grupos, é o mesmo que a média dos *rankings* de dissimilaridade entre pares de objetos nos mesmos grupos (Quinn e Keough, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados e discussões da pesquisa Delphi

3.1.1 Taxa de retorno do questionário

De um painel *Delphi* estruturado com 26 especialistas, 18 deles responderam o questionário, representando uma taxa de retorno de 69%. Houve ainda 3 questionários iniciados, porém não finalizados, sendo então descartados por estarem incompletos. Zamanzadeh *et al.* (2015), utilizando um painel *Delphi* com questionário virtual, obtiveram uma taxa de retorno inicial de 76% ($n=21$). Waldron *et al.* (2016) alcançaram uma taxa de retorno entre 52% e 62% ($n=21$), resultado que os autores consideraram próximos a outros estudos relacionados à área ambiental.

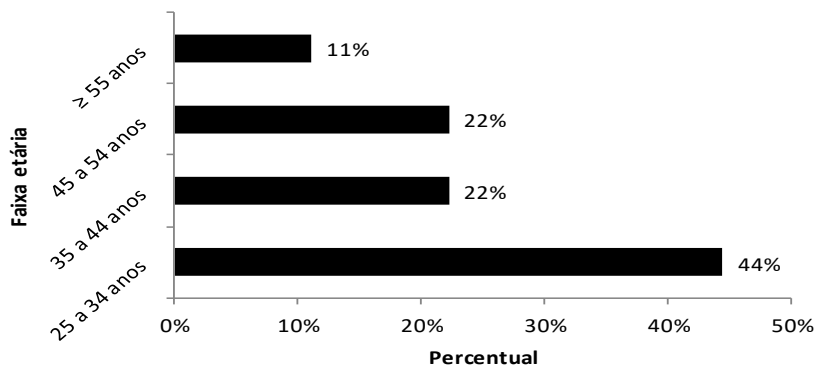
Segundo Brewer (2007), uma taxa de retorno maior ou igual a 70% é recomendado em estudos *Delphi*. No entanto, Keeney *et al.* (2011) consideram que não há uma taxa de retorno que seja considerável aceitável, uma vez que para atingir uma taxa alta (*e.g.*, ≥ 70) demanda considerável esforço do pesquisador em conseguir retorno dos especialistas consultados.

3.1.2 Descrição das informações gerais do respondente

A faixa etária (Figura 12) com maior frequência observada foi a do intervalo “25 a 34 anos”, contabilizando 8 especialistas (44,4%). A faixa etária “35 a 44 anos” e “45 a 54 anos” tiveram 4 especialistas em cada categoria, somando, juntas, 44,4% da amostra. A menor frequência observada foi a de “ \geq a 55 anos”, com 2 especialistas (11,1%). Assim, foi observada

uma maior participação de respondentes nas classes que representaram uma menor faixa etária, seguida por uma distribuição igualitária nas classes intermediárias e uma menor participação na classe com a maior faixa etária estabelecida.

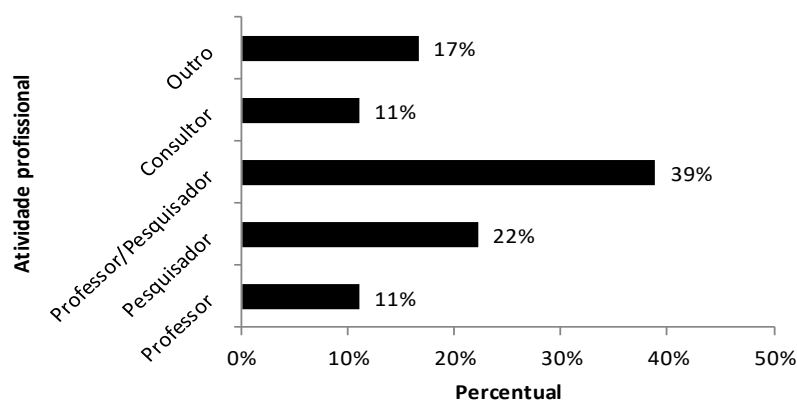
Figura 12 – Faixa etária dos especialistas consultados



Fonte: Resultados da pesquisa.

A atividade profissional “*professor/pesquisador*” (Figura 13) foi a que apresentou a maior ocorrência, com 7 especialistas (38,9%), seguida por profissionais ligados estritamente a pesquisa, com 4 especialistas (22,2%). A atividade “*professor*” e “*consultor*” compreenderam 4 especialistas, distribuídos na mesma proporção em cada categoria (11,1%). A opção “*outro*” foi selecionada por 3 respondentes, dentre os quais 2 relataram serem servidores públicos de um órgão ambiental do estado de São Paulo e 1 não especificou qual era sua principal atividade profissional.

Figura 13 – Atividade profissional dos especialistas consultados

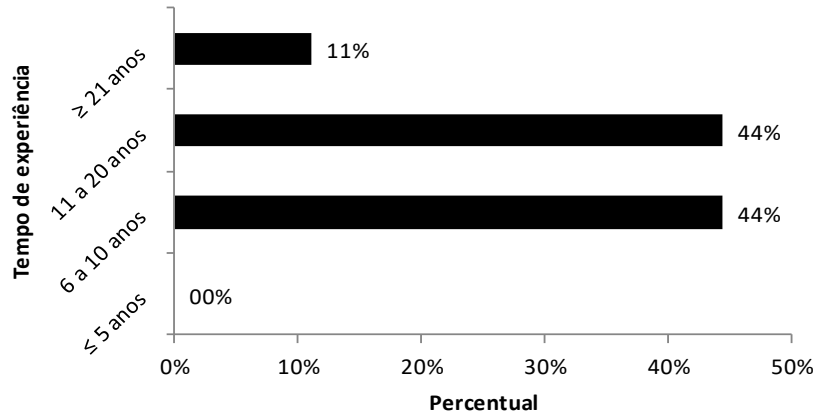


Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação ao tempo de experiência (Figura 14), a categoria de “*6 a 10 anos*” e de “*11 a 20 anos*” tiveram a mesma distribuição, com 4 especialistas em cada, somando juntas 88,8% da

amostra. A categoria “ $\geq a 21$ anos” foi representada por 2 especialistas (11,1%). Na categoria “ ≤ 5 anos” não houve nenhuma ocorrência.

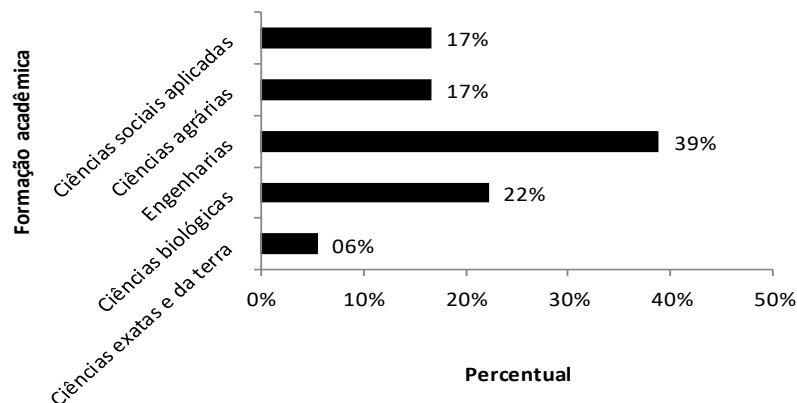
Figura 14 – Tempo de experiência profissional e/ou acadêmica na área ambiental dos especialistas consultados



Fonte: Resultados da pesquisa.

A área de formação acadêmica (em nível de graduação) dos respondentes mostrou-se heterogênea, com 5 áreas de formação observadas (Figura 15). A maior proporção foi de respondentes ligados a grande área de “*Engenharia*”, com 7 especialistas (38,9% da amostra), seguido por 4 especialistas (22,2%) ligados a área de “*Ciências Biológicas*”. Com igual proporção (16,7%), ficaram os especialistas das áreas de “*Ciências Sociais Aplicadas*” e “*Ciências Agrárias*”, com 3 especialistas em cada uma destas áreas. A menor quantidade observada foi a de respondentes ligados à área de “*Ciências Exatas e da Terra*”, da qual foi representada por 1 especialista.

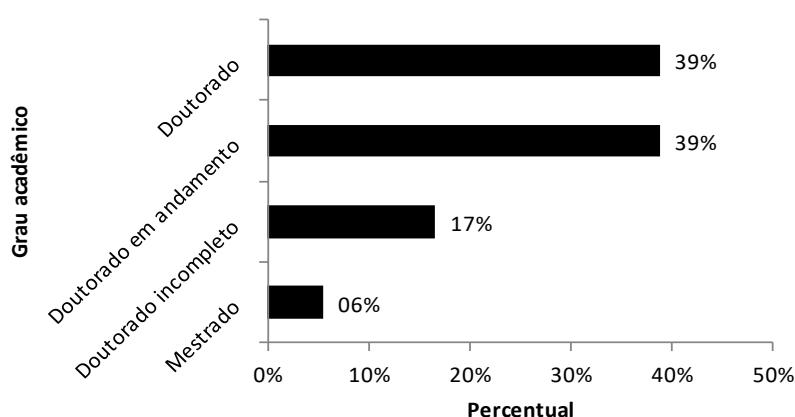
Figura 15 – Área de formação acadêmica (graduação) dos especialistas consultados



Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação ao maior grau acadêmico do especialista (Figura 16), foi observado a maior frequência do grau “doutorado” e “doutorado em andamento”, que juntos somaram 77,8% da população amostrada (*i.e.*, 7 especialistas em cada classe), seguido por 3 especialistas com “doutorado incompleto” (16,7%). O grau acadêmico “mestrado” representou apenas 1 especialista (5,6%).

Figura 16 – Maior grau acadêmico dos especialistas consultados



Fonte: Resultados da pesquisa.

3.1.3 Análise estatística dos resultados

3.1.3.1 Representação utilizada na análise *nMDS*

No Quadro 8 é apresentado a configuração utilizada para representar o painel de especialistas na análise *nMDS* e de agrupamentos, elaborada a partir dos resultados obtidos. Assim, os 18 especialistas foram divididos em grupos conforme a sua área de formação acadêmica em nível de graduação (linha A). A linha B corresponde à ordem/sequência em que foi respondido o questionário pelos 18 especialistas (*i.e.*, E₁, E₂,... E₁₇ e E₁₈). Para cada grupo de especialistas foi utilizado um símbolo específico para representá-los (linha C).

Quadro 8 – Representação utilizada para ilustrar os especialistas na análise *nMDS* e de agrupamentos

A	Ciências exatas e da terra	Ciências biológicas	Engenharias	Ciências Agrárias	Ciências Sociais
B	13	6; 12; 15; 18	14; 4; 2; 1; 11; 16; 17	3; 5; 8	7; 9; 10
C	△	●	□	◇	✱

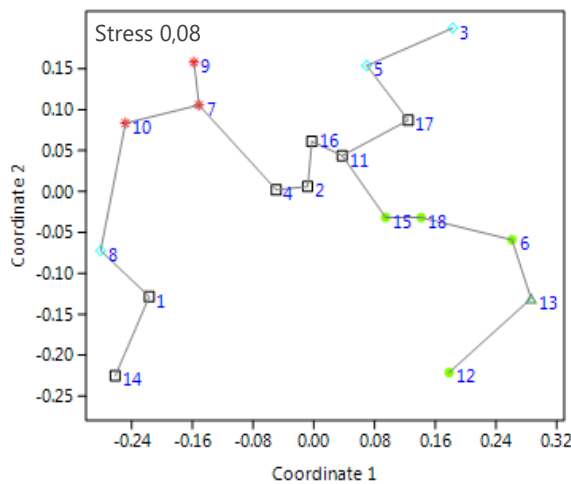
A: Área de formação; B: Ordem de resposta do especialista; C: Símbolo de representação da área de formação.

Fonte: Autoria própria.

3.1.3.2 Resultados do *nMDS* das características gerais dos especialistas

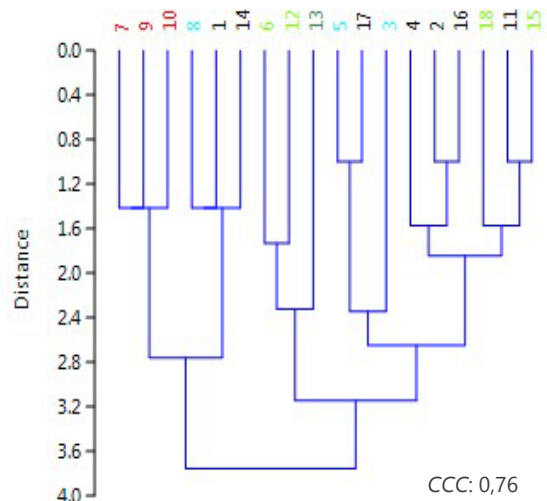
Na Figura 17 é apresentado o *nMDS* e na Figura 18 o dendrograma utilizados na análise das características gerais dos especialistas consultados (Parte B do questionário). No *nMDS* é possível observar que não houve uma aglomeração única nos pontos da representação, e sim a formação de subgrupos conforme a similaridade entre os especialistas. A *Anosim* evidenciou que houve uma diferença significativa entre o perfil dos especialistas ($R= 0,42$; $p < 0,01$). De acordo Flynn *et al.* (2013), um valor de R entre 0,25 e 0,75 indica grupos separados, embora possa existir alguma sobreposição.

Figura 17 – *nMDS* das características gerais dos especialistas do painel *Delphi*



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 18 – Dendrograma das características gerais dos especialistas do painel *Delphi*



Fonte: Resultados da pesquisa.

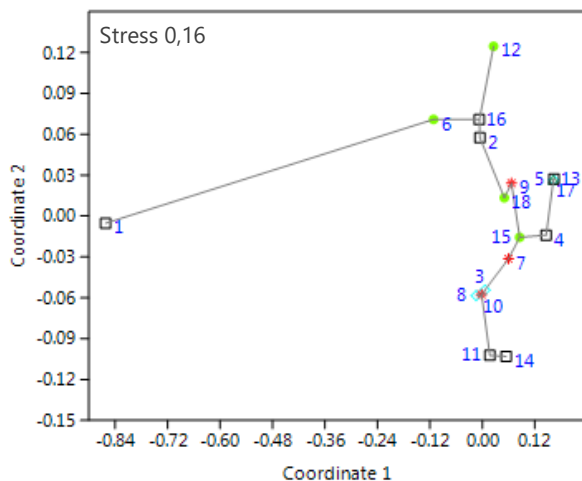
Nesse sentido, destaca-se que houve uma maior similaridade entre os seguintes especialistas: E₁₄ e E₁ (*Engenharias*) e E₈ (*Ciências Agrárias*); E₉, E₇ e E₁₀ (*Ciências Sociais*); E₂, E₄, E₁₁ e E₁₆ (*Engenharias*); E₁₅ e E₁₈ (*Ciências Biológicas*); e E₃ e E₅ (*Ciências Agrárias*).

Considerando a análise *MST*, foi possível observar ainda uma maior similaridade entre o perfil dos seguintes especialistas: E₄ e E₂; E₁₆ e E₁₁; E₁₅ e E₁₈; e E₉ e E₇. Em oposição, houve uma maior dissimilaridade entre os perfis dos especialistas situados nas extremidades da representação, ou seja: E₃, E₉, E₁₂ e E₁₄.

3.1.3.3 Resultados do *nMDS* dos indicadores de segurança hídrica

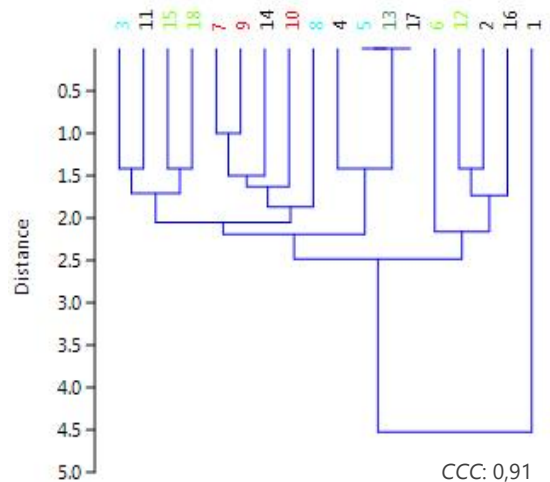
Na Figura 19 é apresentado o *nMDS* e na Figura 20 o dendrograma utilizados na análise dos InSeg (Parte D do questionário). A partir da análise *nMDS* foi possível observar que não houve uma distinção aparente entre os níveis de importância atribuídos pelos especialistas (caso seja considerado a formação acadêmica de cada um), pois não houve um agrupamento aparente de especialistas com a mesma formação na representação. Da mesma forma, a *Anosim* não mostrou diferenças significativas entre os níveis de importância atribuídos aos InSeg ($R=-0,078$; $p=0,714$).

Figura 19 – *nMDS* considerando os níveis de importância atribuídos pelos especialistas para os InSeg



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 20 – Dendrograma considerando os níveis de importância atribuídos pelos especialistas para os InSeg



Fonte: Resultados da pesquisa.

Na representação *nMDS* (Figura 19) é possível verificar que houve uma maior divergência entre os níveis de importância atribuídos pelo especialista E₁ em relação aos demais membros do painel. Tal fato está associado aos menores níveis de importância atribuídos aos indicadores Seg2 e Seg6, classificados pelo especialista como “*sem importância*”; e Seg3, classificado como “*pouca importância*”.

Tais classificações consistiram nos menores níveis de importância atribuídos a estes indicadores (*i.e.*, não se repetiu na avaliação dos demais especialistas). A *MST* demonstrou que o especialista com o padrão de resposta mais próximo do E₁ foi o E₆, sobretudo pelos menores níveis de importância atribuídos aos indicadores Seg4 e Seg5, classificados como “*pouca importância*” por este último.

Uma similaridade das respostas foi observada entre os seguintes especialistas: E₉ e E₁₈; E₃, E₈ e E₁₀; E₂ e E₁₆; E₁₁ e E₁₄. Em evidência, os especialistas E₅, E₁₃ e E₁₇ tiveram o mesmo padrão de resposta para os InSeg – embora possuíssem formações acadêmicas distintas (*Ciências Agrárias, Ciências Exatas e da Terra, Engenharias*, respectivamente), onde foi atribuído o nível de importância “ *muito importante*” para todos os indicadores apresentados.

Entretanto, é possível observar que houve um padrão de resposta similar entre os especialistas E₁₁ e E₁₄ (*Engenharias*), onde ambos se divergiram somente na atribuição de importância do indicador Seg4 (“*importante*” e “*muito importante*”, respectivamente); e entre os especialistas E₂ e E₁₆ (*Engenharias*), onde ambos consideraram o indicador Seg4 como “*pouco importante*”. Logo, nota-se ainda que houve uma polaridade de opinião entre os especialistas “E₁₁ e E₁₄” e “E₂ e E₁₆” em relação ao indicador Seg4, o que refletiu na localização destes especialistas na representação *nMDS*.

3.1.3.4 Discussão dos resultados do *nMDS*

Dado a subjetividade inerente ao método *Delphi*, Mayer e Butler (1993) consideram que o especialista pode trazer consigo prejulgamentos e/ou demonstrar ser mais crítico do que o outro membro do painel. Notadamente, foi observada uma maior dissimilaridade das respostas do E₁ se comparado com os demais especialistas, principalmente nas ponderações dos indicadores de segurança hídrica.

Entretanto, destaca-se que 75% das ponderações atribuídas por este especialista, no conjunto dos indicadores, foram classificadas como “*importante*” ou “*muito importante*”. Dessa forma, uma maior dissimilaridade de suas respostas com os demais membros do painel foi resultado de uma menor ponderação atribuída a 25% dos indicadores apresentados.

Em relação ao *nMDS* e a *Anosim*, estas análises permitiram verificar que o painel de especialistas consultados apresentaram um perfil social e profissional diversificado, advindos de um painel multidisciplinar. Nesse sentido, a multidisciplinaridade do painel propiciou uma atribuição de níveis de importância proveniente de diferentes formações acadêmicas e, consequentemente, embasadas em diferentes pontos de vista.

A qualidade do ajuste das representações *nMDS* mostrou-se adequada, de tal modo que todas as representações estiveram dentro de um nível aceitável (Figura 17 *stress* 0,08 e Figura 19 *stress* 0,16). Entretanto, foi observado um aumento do nível de *stress* na representação dos indicadores de segurança hídrica, fato do qual pode estar relacionado com o aumento dos dados empregado na análise – conforme destacado por Clarke (1993).

Níveis de *stress* entre 0,15 a 0,2 tem sido utilizados em representações *nMDS* de diversos estudos, como o de Maroneze *et al.* (2011), Friedlander *et al.* (2014) e Roberts *et al.* (2016). Jones *et al.* (2015), por meio de uma metodologia similar à adotada neste estudo, produziu um *nMDS* com nível de *stress* de 0,21 na avaliação de escores atribuídos por um painel de especialistas. Nesse sentido, Borg e Groenen (2005) consideram que o valor bruto de *stress* em si não é muito informativo, sendo que um valor alto não necessariamente indica um ajustamento inadequado.

A análise de *clusters* mostrou-se igualmente adequada, com todas as representações com um $CCC \geq 0,7$, refletindo que o dendrograma apresentado preservou as distâncias entre os pontos dos dados originais. Desse modo, os dendrogramas permitiram uma melhor interpretação da representação *nMDS*, diminuindo a subjetividade na sua interpretação.

3.1.4 Níveis de importância atribuídos e indicadores selecionados

3.1.4.1 Resultados do nível de importância atribuído pelos especialistas

Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos níveis de importância atribuídos pelos especialistas. Excetuando-se o indicador Seg5, todos os níveis de importância conferidos aos InSeg se concentram nos níveis “*importante*” e “*muito importante*”, resultando em IVCs acima de 0,89, atrelados a um nível de consenso “*alto*”.

Tabela 5 – Distribuição de frequência, nível de consenso e IVC referente aos níveis de importância atribuídos pelos especialistas

	Indicadores	Nível de importância atribuído (%) n=18				Critérios			
		SI	PI	I	MI	NC	IVC	IS	
Indicadores segurança hídrica	Seg1	Reservatórios de água	0,0	0,0	44,4	55,6	Alto	1,00	Sim
	Seg2	Transposição de água	5,6	5,6	44,4	44,4	Alto	0,89	Sim
	Seg3	Qualidade físico-química e biológica da água	0,0	5,6	22,2	72,2	Alto	0,94	Sim
	Seg4	Perdas na distribuição de água potável	0,0	5,6	27,8	66,7	Alto	0,94	Sim
	Seg5	Despesas com tratamento de água	0,0	22,2	55,6	22,2	Médio	0,78	Não
	Seg6	Oferta de água	5,6	0,0	27,8	66,7	Alto	0,94	Sim
	Seg7	Rede de distribuição	0,0	11,1	44,4	44,4	Alto	0,89	Sim
	Seg8	Políticas públicas	0,0	0,0	11,1	88,9	Alto	1,00	Sim

SI: Sem importância; PI: Pouco importante; I: Importante; MI: Muito Importante; NC: Nível de consenso; IVC: Índice Validade de Conteúdo; IS: Indicador Selecionado.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diante dos resultados, o valor médio do IVC para o conjunto de InSeg foi de $0,94 \pm 0,05$. Não houve nenhuma ocorrência para a opção “*não quero opinar*”, demonstrando, assim, que houve um notório interesse dos especialistas em expressar suas opiniões sobre os indicadores apresentados.

Os indicadores Seg3 e Seg8 tiveram, isoladamente, um nível de consenso acima de 70% na categoria “*muito importante*”, resultado que reflete a relevância imputada aos mesmos. Da mesma forma, destacam-se os indicadores Seg1 e Seg8, dos quais apresentaram um IVC igual a 1,0, representando o valor máximo do índice.

O indicador Seg5 alcançou um IVC de 0,78, sendo o menor no conjunto de indicadores apresentados. Dessa forma, o indicador Seg5 foi o único não selecionado, uma vez que ele não atendeu ao valor mínimo estabelecido para o IVC (*i.e.*, $\geq 0,9$). O NC alcançado para este indicador foi “*médio*”, nível do qual foi resultado da polarização ocorrida entre as classes “*pouco importante*” e “*muito importante*”, cuja representação foi de 4 especialistas (22,2%) para cada uma dessas classes.

Na Tabela 6 é apresentada a tabulação cruzada entre a área de formação e o indicador Seg5, onde pode ser verificado que uma menor ponderação foi dada por 2 especialistas da área de “*ciências biológicas*” e por 2 especialistas da área de “*engenharia*”. Em oposição, uma maior ponderação foi dada por 1 especialista da área de “*ciências exatas e da terra*”, 1 da área de “*ciências agrárias*” e 2 da área de “*engenharia*”.

Tabela 6 - Tabulação cruzada entre a área de formação e despesas com tratamento de água referente ao nível de importância atribuído ao indicador Seg5

A sua formação acadêmica (graduação) é em qual área?	Despesas com tratamento de água			Total
	PI	I	MI	
Ciências exatas e da terra	0	0	1	1 (5,6%)
Ciências biológicas	2	2	0	4 (22,2%)
Engenharias	2	3	2	7 (38,9%)
Ciências agrárias	0	2	1	3 (16,7%)
Ciências sociais e aplicadas	0	3	0	3 (16,7%)
Total	4 (22,2%)	10 (55,6%)	4 (22,2%)	18 (100%)

PI: Pouco importante; **I:** Importante; **MI:** Muito Importante.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Dois comentários adicionais feitos pelos especialistas sobre o indicador Seg5 refletem esta polarização. Um dos comentários enfatizou a necessidade de medidas preventivas para garantir uma boa qualidade da água e, conseqüentemente, reduzir os custos de tratamento. Já o

outro especialista destacou que este indicador é relativo, pois não há, necessariamente, uma relação direta entre custos incorridos no tratamento de água com ações de prevenção ambiental.

No Quadro 9 é apresentado os demais comentários apresentados pelos especialistas aos InSeg. Em destaque, os comentários abordaram questões como: a importância do monitoramento da qualidade da água; a transposição de água como última alternativa de gestão; eficiência na distribuição de água.

Quadro 9 – Comentários adicionais apresentados pelos respondentes para os indicadores de segurança hídrica

Indicadores de segurança hídrica	Comentários
Seg1 - Reservatórios de água	<ul style="list-style-type: none"> • Desde que devidamente monitorados quanto à sua qualidade; • Importante para abastecimento, sobretudo, em períodos de escassez prolongada, que tem se agravado como consequência de mudanças globais.
Seg2 - Transposição de água	<ul style="list-style-type: none"> • A transposição deveria ser considerada como última opção na gestão, pois outras medidas de médio a longo prazos tais como a restauração ecológica de matas ciliares, são menos impactantes e mais efetivas no aumento da disponibilidade e qualidade hídrica; • Ao mesmo tempo em que pode representar uma solução pode também causar sérios impactos quando feita sem os devidos cuidados.
Seg3 - Qualidade físico-química e biológica da água	<ul style="list-style-type: none"> • Muito importante, a qualidade é tão influente quanto à quantidade hídrica disponível.
Seg4 - Perdas da distribuição de água potável	<ul style="list-style-type: none"> • O controle adequado de perdas está diretamente relacionado à eficiência do sistema de abastecimento e da gestão dos recursos e gastos envolvidos; • Um sistema eficiente é fundamental.
Seg5 - Despesas com tratamento de água	<ul style="list-style-type: none"> • É necessário investir em medidas que aumentem a qualidade dos recursos antes de passar pelo sistema de tratamento de modo a diminuir a necessidade de aplicação de tecnologias mais caras e insumos, como a restauração ecológica de áreas ciliares e o monitoramento e controle de áreas contaminadas; • É relativo, pois gastar pouco com correção não significa que não há investimento em prevenção, logo trata-se de um parâmetro questionável ao qual não deve se dar muita importância.
Seg6 - Oferta de água	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamental.
Seg7 - Rede de distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Não basta uma rede extensa, mas pouco eficiente; • Eficiência é tudo.
Seg8 - Políticas públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Uma boa gestão é determinante.

Fonte: Resultados da pesquisa.

3.1.4.2 Discussão do nível de consenso atribuído pelos especialistas

Com base no nível de consenso atribuído pelo painel de especialistas, optou-se por não aplicar uma 2ª rodada do questionário. Esse procedimento foi adotado uma vez que na 1ª rodada já foi possível verificar uma convergência das respostas, das quais expressaram um NC e IVC que atenderam aos critérios pré-estabelecidos (ver Figura 11).

Nesse sentido, uma nova rodada poderia não originar informações e/ou mudanças significativas aos resultados já alcançados. Este mesmo critério foi adotado por Maccarthy e Atthirawong (2003), ao encerrarem uma segunda rodada de aplicação de questionário utilizando o método *Delphi*.

Keeney *et al.* (2011) destacam uma série de possíveis fatores que desestimulam a participação do especialista em um painel *Delphi*, dentre os quais a fadiga, relacionada à aplicação de múltiplas rodadas. Logo, uma nova rodada de aplicação do questionário poderia gerar cansaço e/ou redundância aos especialistas, dado a convergência das respostas já observadas. Diamond *et al.* (2014), por meio de um estudo de revisão sobre o método *Delphi*, constataram que pesquisas que utilizaram somente uma rodada de aplicação de questionário foram inicialmente planejadas para terem mais sequências, embora o nível de consenso estabelecido tenha sido alcançado logo na primeira rodada.

Casos excepcionais também podem ser encontrados, como o de Mayaka e King (2002), onde os especialistas consultados expressaram relutância em participar da segunda rodada do questionário. Embora não usual, ainda há na literatura outros exemplos de estudos que utilizaram somente uma rodada de aplicação do questionário para obter consenso (Hartman e Baldwin, 1995; Kuo e Yu, 1999; Hu *et al.*, 2007; Silveira Jr. *et al.*, 2016). Outros exemplos são descritos por Gottschalk (2000).

O alto nível de consenso obtido neste estudo pode ainda estar relacionado ao delineamento empregado no método *Delphi*, do qual se baseou em uma lista pré-selecionada de indicadores que, subsequentemente, foi submetida a um pré-teste. As descrições clássicas do método *Delphi* sugerem o uso de um questionário aberto na primeira rodada para, a partir dos resultados coletados, seja elaborado um questionário com questões fechadas (*i.e.*, com um rol de opções de respostas pré-definidas) a ser utilizado subsequentemente (Linstone e Turoff, 1975; Hsu e Sandford, 2007).

Entretanto, o uso de um questionário com questões fechadas ou semiabertas tem sido utilizado na primeira rodada, porém este procedimento deve ser alicerçado na literatura sobre o tema em estudo (Hsu e Sandford, 2007). Consoante, Mead e Moseley (2001) argumentam que o *Delphi* clássico não pode ser visto como um método rígido ou pré-determinado de se alcançar um objetivo, pois há muitas abordagens que podem ser utilizadas em seu desenvolvimento.

Estes autores ponderam ainda que a adoção de um questionário aberto na primeira rodada não é a única forma de se estabelecer padrões iniciais ao inquérito, pois há também fontes alternativas para tal fim, como: grupos focais; grupos de discussão; e *survey* com informantes. Nesse sentido, Clibbens *et al.* (2012) destacam a importância do pré-teste como um meio para

garantir maior rigor à pesquisa, pois este procedimento oferece uma orientação útil sobre as perguntas a serem utilizadas na primeira rodada.

Com base nas considerações supracitadas, a convergência das respostas logo na primeira rodada pode estar associada ao pré-teste realizado, do qual passou por um processo de revisão - inclusive em seus aspectos técnicos. Ademais, a pré-seleção dos indicadores foi feita a partir de critérios estabelecidos, o que pode ter levado a eliminação de uma possível nova rodada de avaliação.

3.1.5 Comentários gerais adicionais apresentados pelos respondentes

No Quadro 10 são apresentados os comentários gerais adicionados pelos respondentes ao final do questionário (Parte E). Os comentários abordaram questões como a relação dos InSeg e InSob com o Plano Diretor do município e a necessidade de planejamento para que atividades potencialmente poluidoras não fiquem próximas aos cursos d'água. Em especial, houve também a sugestão de indicadores relacionados à gestão de águas subterrâneas que, embora sejam de fundamental importância, não foram adotados neste estudo por razões técnicas e de disponibilidade de dados.

Quadro 10 – Comentários gerais adicionais apresentados pelos especialistas

- Verificar o recente Plano Diretor do município de Jundiaí, pois no mesmo há muitas informações das quais podem ser utilizadas em sua pesquisa.
- Poderiam ser contemplados indicadores relacionados à gestão de águas subterrâneas, à proporção de reuso, os volumes que ainda podem ser outorgados no município e medidas de incentivo ao consumo consciente.
- Creio ser muito importante a relação da segurança hídrica com os planos diretores e de zoneamento/ uso e ocupação do solo dos municípios que irão determinar como as cidades devem crescer ou permanecer, assim como os usos permitidos em cada região de um determinado município.
- Atividades com risco de contaminação, como um aterro sanitário, mineração, entre outros, não devem ficar nem próximas às áreas de proteção dos mananciais.
 - Práticas de educação ambiental podem ser incluídas.
- Estudo de caráter aplicado de fundamental importância para apoiar práticas de gestão mais eficientes, pois ainda existe uma lacuna no que se refere a transformar o conhecimento produzido no meio acadêmico em solução para os problemas existentes além dos muros da universidade. Parabéns.

Fonte: Resultados da pesquisa.

4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Um aspecto relevante no uso de modelos que favorecem a seleção e uso de indicadores ambientais são suas limitações, visto que nenhum modelo é capaz, em sua totalidade, de refletir as complexas relações homem-natureza. Logo, na sua definição deve ser considerada também, como referência, as necessidades e prioridades da pesquisa/pesquisador (Silva, 2012). Diante dessa premissa, o painel *Delphi* aplicado neste estudo permitiu atingir os objetivos pretendidos

nesta fase, dos quais se pautaram na pré-seleção e validação de indicadores ambientais de segurança hídrica. Diante dos resultados obtidos, as seguintes considerações podem ser feitas:

- A composição final do painel *Delphi* mostrou-se multidisciplinar, abrangendo 5 grandes áreas de formação (*i.e.*, ciências sociais aplicadas; ciências agrárias; engenharias; ciências biológicas; e ciências exatas e da terra). Logo, os níveis de importância observados refletiram a opinião de profissionais de diferentes áreas do conhecimento, situação necessária em estudos dessa natureza e no contexto das ciências ambientais;

- Quando agrupados pela área de formação acadêmica, excetuando-se apenas um dos especialistas (E₁), a análise *nMDS* revelou que não houve uma distinção aparente entre os níveis de importância atribuídos pelos especialistas para os indicadores de segurança hídrica;

- O uso do método *Delphi*, aliado aos critérios de seleção baseados no NC e no IVC, mostrou-se adequado para a proposta do estudo, uma vez que foi possível avaliar a convergência e a representatividade de cada nível de importância atribuído pelos especialistas. Contudo, em estudos mais específicos, novas rodadas e inserção de novos indicadores se tornam necessários, a fim de obter resultados mais robustos e abrangentes;

- Excetuando-se o indicador Seg5, todos os níveis de importância conferidos aos InSeg se concentram nos níveis “*importante*” e “*muito importante*”, resultando em IVCs acima de 0,89, atrelados a um nível de consenso “*alto*”. Logo, denota-se que os indicadores apresentados se revelaram úteis e aplicáveis no contexto pretendido;

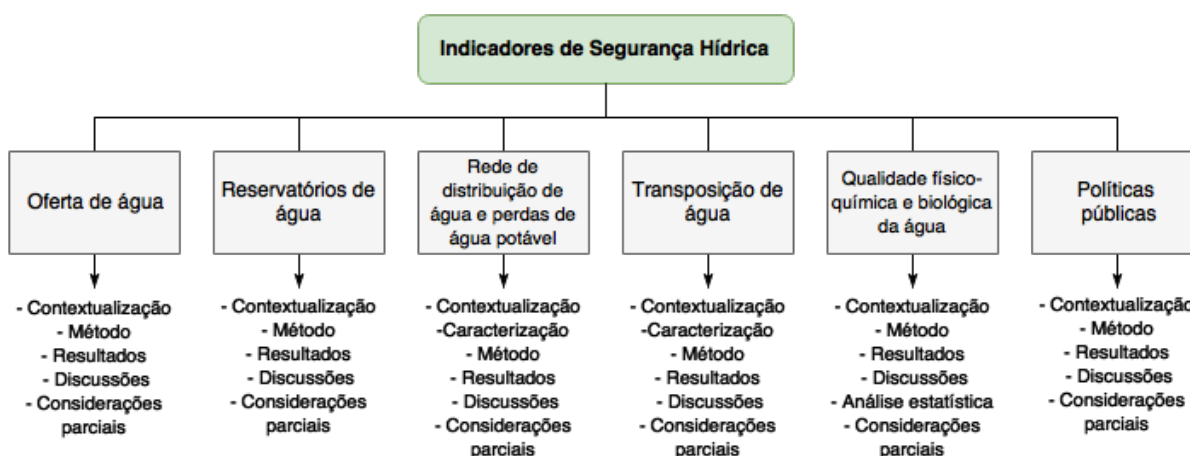
- Os comentários adicionais e gerais adicionados pelos especialistas revelaram aspectos importantes, tal como a necessidade de atenção ao Plano Diretor do município e necessidade de ações de educação ambiental. Dessa forma, foi possível obter bases para um melhor direcionamento e discussão dos respectivos indicadores.

CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA

1 INTRODUÇÃO

A partir do processo de pré-seleção e validação dos indicadores feito por meio do painel *Delphi* (Capítulo 4), neste Capítulo são apresentados e discutidos os indicadores selecionados, dos quais: oferta de água; reservatório de água; rede de distribuição; perda de água potável; transposição de água; qualidade físico-química e biológica da água; e políticas públicas. Consoante à caracterização regional e local feita no Capítulo 3, buscou-se apresentar uma discussão dos indicadores considerando os fatores endógenos e exógenos intervenientes à BH-JM. Diante desse contexto, este capítulo foi estruturado conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Estrutura de discussão dos indicadores de segurança hídrica da BH-JM



Fonte: Autoria própria.

2 DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES

2.1 Oferta de água

2.1.1 Contextualização

Estudos relacionados à oferta hídrica denotam uma série de questões que precisam ser analisadas na elaboração do planejamento hidroambiental municipal. No escopo de Jundiáí, este planejamento deve ser feito ainda considerando o cenário regional, uma vez que o município utiliza águas de outra bacia (via transposição) para complementar o seu principal sistema produtor de água, a BH-JM. Contudo, a bacia doadora de água está inserida na sub-

bacia do rio Atibaia que, assim como a bacia do rio Jundiá, apresenta também sérios problemas relacionados à disponibilidade hídrica, situação comum nas bacias PCJ.

As bacias PCJ demandaram um volume hídrico em torno de $39 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no ano de 2014 e, para o ano de 2020, o valor estimado será de $41,61 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (um incremento próximo a 7%) sendo, deste último, $22,63 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ destinados diretamente ao abastecimento humano (COBRAPE, 2010). Com uma disponibilidade hídrica de apenas $1.000,97 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no ano de 2015 (CBH-PCJ, 2016), a oferta de água na região das bacias PCJ reflete um quadro considerado de “estresse hídrico” (e já próximo ao de “escassez hídrica”), conforme classificação adotada pela ONU (Tabela 7).

Tabela 7 – Classificação de disponibilidade hídrica *per capita* conforme os critérios adotados pela ONU para situações de estresse e escassez³⁰

Disponibilidade ($\text{m}^3 \text{ habitante}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	Situação hídrica
> 1.700	Sem estresse
1.000 a 1.700	Estresse hídrico
< 1.000	Escassez hídrica
< 500	Escassez hídrica extrema

Fonte: Elaborado a partir de dados de UN-Water (2009) e Brown e Matlock (2011).

Considerando todo o estado de São Paulo, a disponibilidade hídrica apresenta um cenário mais confortável, com $2.349 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (COBRAPE, 2016). Não obstante a necessidade de uma disponibilidade hídrica superior a $1.700 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para refletir uma situação minimamente aceitável, um valor de referência utilizado pelo CBH-PCJ, para fins de classificação, seria uma oferta de água superior a $2.500 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (CBH-PCJ, 2016)³¹.

Diante desse quadro de estresse hídrico na região de Jundiá, torna-se necessário o estudo de indicadores relacionados à oferta hídrica, a fim de subsidiar o planejamento hidroambiental e, conseqüentemente, melhorar a segurança hídrica municipal. Desse modo, neste tópico é apresentado o indicador “oferta de água”, cujo propósito foi o de analisar a situação da oferta de água para consumo humano. Para este fim, foram utilizados indicadores relacionados à produção e consumo de água, dos quais foram relacionados com a evolução populacional do município.

³⁰ Esta classificação foi criada originalmente a partir de estudos de Falkenmark (1989) e, posteriormente, modificada por diversos autores, dentre os quais destaca-se Engelman e Leroy (1993). Esta classificação também é adotada pela ANA na avaliação da disponibilidade hídrica *per capita* das regiões hidrográficas brasileiras (ANA, 2005).

³¹ Conforme CBH-PCJ (2016), os valores de referência são: “boa” ($> 2.500 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); “atenção” (entre 1.500 e $2.500 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); e “crítica” ($< 1.500 \text{ m}^3 \text{ hab.}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

2.1.2 Método

2.1.2.1 Base de dados

Para analisar a situação da oferta de água em Jundiaí foram coletados dados secundários da base de dados virtual do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (SNIS, n. d.) referente a 4 indicadores, dos quais: volume de água produzido (código SNIS: AG006); volume de água consumido (código SNIS: AG010); consumo médio *per capita* (código SNIS: IN022); e população total (código SNIS: POP_TOT).

De acordo com o glossário do SNIS (2017a; 2017b), as definições adotadas para esses indicadores são (Quadro 11):

Quadro 11 – Descrição dos indicadores utilizados na análise da oferta de água

Indicador	Descrição
Volume de água produzido	Representa o volume de água tratada disponível para consumo e medido (ou estimado) na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA).
Volume de água consumido	Corresponde ao volume consumido pelos usuários e medido a partir da hidrometração.
Consumo médio <i>per capita</i>	Obtido a partir da relação entre o volume de água consumido e a população total atendida com abastecimento de água.
População total	Corresponde à contagem populacional feita pelo IBGE e divulgada também pelo SNIS.

Fonte: SNIS (2017a; 2017b).

Os dados coletados abrangeram uma série histórica de 18 anos (1998 a 2015). Foram descartados da amostra os anos de 1995 a 1997 devido à ausência e/ou falhas de dados no período. O ano de 1995 corresponde ao início dos dados disponíveis nesta base, assim como 2015 corresponde à última série de dados disponíveis e/ou lançados pelo operador até 28 de Julho de 2017 (última data verificada pelo autor).

2.1.2.2 Método estatístico

Uma medida descritiva da associação entre y e x denominada coeficiente de determinação (r^2) foi empregada a fim de aferir a proporção da variação total em y é explicada pela sua relação linear com x (Triola, 2008). A interpretação dos resultados foi feita considerando a seguinte escala (Moore *et al.*, 2013): $< 0,3$ nenhum ou muito fraca; $0,3$ a $0,5$ fraca ou baixa; $0,5$ a $0,7$ moderada; $> 0,7$ forte.

Utilizou-se ainda o coeficiente de correlação de Pearson visando identificar o grau de associação entre as variáveis analisadas. Visando atender os requisitos deste teste, foi testada a

normalidade dos dados utilizando o teste D'Agostino para $n \geq 10$ e k amostras (resultados disponíveis no Apêndice C), bem como foi verificada a ausência de *outliers*.

Satisfeitos os requisitos, a interpretação dos resultados foi feita considerando a seguinte escala (Hinkle *et al.*, 2003 *apud* Mukaka, 2012): 0,9 a 1,0 correlação muito alta; 0,7 a 0,9 correlação alta; 0,5 a 0,7 correlação moderada; 0,3 a 0,5 correlação baixa; 0,0 a 0,3 correlação insignificante.

Adicionalmente, foi utilizado o Teste-F unilateral à direita ($\alpha = 0,05$) de duas amostras para variâncias, onde foram testadas as seguintes hipóteses:

- $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (a variância do volume produzido e do volume consumido é igual);
- $H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$ (a variância do volume produzido é maior que a do volume consumido).

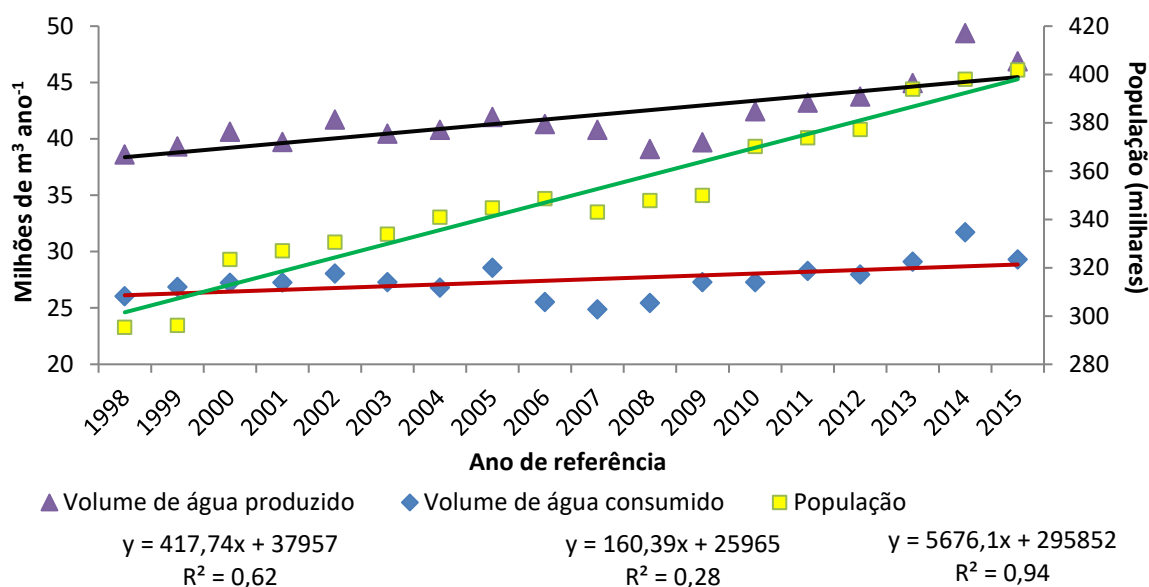
O coeficiente de determinação e o Teste-F foram realizados utilizando o suplemento de análise de dados do programa Microsoft Excel 2016 MSO (licença de usuário doméstico). O coeficiente de correlação foi realizado utilizando o programa BioEstat 5.3 (versão livre) (Ayres e Ayres Jr., 2007).

2.1.3 Resultados

2.1.3.1 Volume de água produzido e consumido

Na Figura 22 é apresentada a série histórica referente ao crescimento populacional e o volume de água potável produzido e consumido em Jundiá entre os anos de 1998 a 2015. A partir da análise gráfica dos dados apresentados é possível verificar que o volume de água produzido no município entre 1998 e 2009 foi relativamente constante, com médias próximas a 40 milhões de $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$. No entanto, a partir de 2009, nota-se um notório aumento na produção de água onde, no período de 2010 a 2015, a produção média saltou para 45 milhões de $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$.

Figura 22 – Crescimento populacional e volume de água potável produzido e consumido anualmente em Jundiáí entre os anos de 1998 a 2015



Fonte: Elaborado a partir da base de dados do SNIS (n. d.).

Esse aporte médio de 5 milhões de m³ ano⁻¹ pode ter sido impulsionado pelo crescimento populacional ocorrido a partir de 2009 no município que, conseqüentemente, demandou mais água. Esse fato justifica-se ainda em função do volume produzido de água tratada ser destinado exclusivamente ao consumo humano, não sendo direcionado, portanto, para o setor industrial. Do mesmo modo, deve ser destacado que esse aumento na produção de água está diretamente relacionado com obras de infraestrutura realizadas pela DAE visando aumentar a oferta hídrica no município (após investimentos de R\$ 18 milhões, a companhia concluiu em 2010 a ampliação da capacidade de armazenamento de água do reservatório de acumulação de 5,5 bilhões de litros para 8,3 bilhões de litros (DAE, 2016?-a)).

Ainda a partir da análise dos dados da Figura 22, nota-se que houve um pico de produção de água no ano de 2014, chegando próximo a 50 milhões m³, figurando, assim, na maior produção de água dos últimos 18 anos. Tal fato ocorrido, em plena crise hídrica das bacias PCJ (CBH-PCJ, 2015), pode estar associado à ampliação da capacidade de armazenamento aliado ao aporte de água revertida do rio Atibaia realizada, sobretudo, nos períodos de estiagem severa³².

É notório ainda que o volume efetivamente consumido foi menor que o volume produzido, fato que está relacionado, dentre outros fatores, às altas perdas de água incorridas

³² Dados acerca deste aporte de água nesse período são discutidos no tópico “transposição de água”.

ao sistema de distribuição³³, bem como ao volume de água tratada exportada. No período de 2012 a 2015, o volume médio de água exportada para outros agentes distribuidores variou de 361.000 a 731.000 m³ ano⁻¹, sendo a média de 525 mil m³ ano⁻¹ (SNIS, n. d.).

Nota-se ainda que a maior diferença entre o volume produzido e consumido foi registrado em 2014 (18 milhões de m³ ano⁻¹) – o mesmo ano de maior produção de água; a menor diferença ocorreu em 2009 (12 milhões de m³ ano⁻¹); já a diferença média geral no período foi de 14 milhões de m³ ano⁻¹.

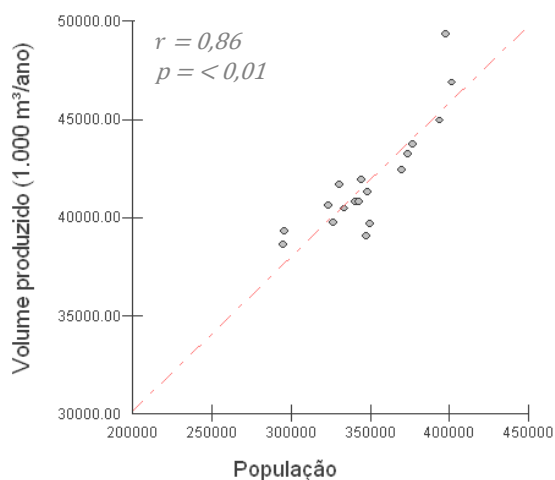
Analisando as linhas de tendências das séries apresentadas, verificou-se que há uma forte associação linear do crescimento populacional em função do tempo ($r^2 = 0,94$). Conquanto, o volume de água produzido apresentou uma tendência moderada ($r^2 = 0,62$). Já o volume consumido apresentou fraca associação, onde somente 30% da sua variação pode ser explicada em função do tempo ($r^2 = 0,28$).

Assim, observa-se que enquanto houve um crescimento linear da população ao longo do tempo, a produção de água não foi acompanhada na mesma intensidade, tampouco o volume consumido. A fraca associação deste último pode ser explicada em função da sua menor variação no período analisado, uma vez que a amplitude variou em torno de 25 a 30 milhões de m³ ano⁻¹, ao contrário do volume produzido, cuja amplitude de variação foi maior, ficando entre 38 a 50 milhões de m³ ano⁻¹.

O coeficiente de correlação de Person, onde foi relacionado o volume de água produzido com o crescimento populacional, resultou em um $r = 0,86$ ($p < 0,01$). Já a relação entre o volume de água consumido com o crescimento populacional, resultou em um $r = 0,63$ ($p < 0,01$). Assim, a correlação entre crescimento populacional e volume de água produzido foi “alta” (Figura 23); já a correlação entre o volume de água consumido mostrou-se “moderada” (Figura 24).

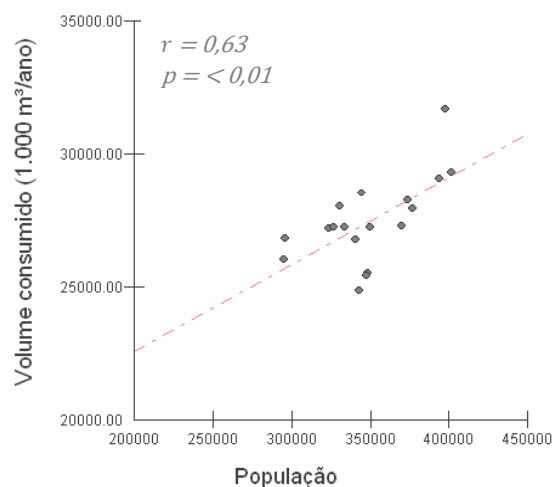
³³ Assunto detalhadamente discutido no tópico “perdas de água”.

Figura 23 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o volume produzido e a evolução populacional



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 24 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o volume consumido e a evolução populacional



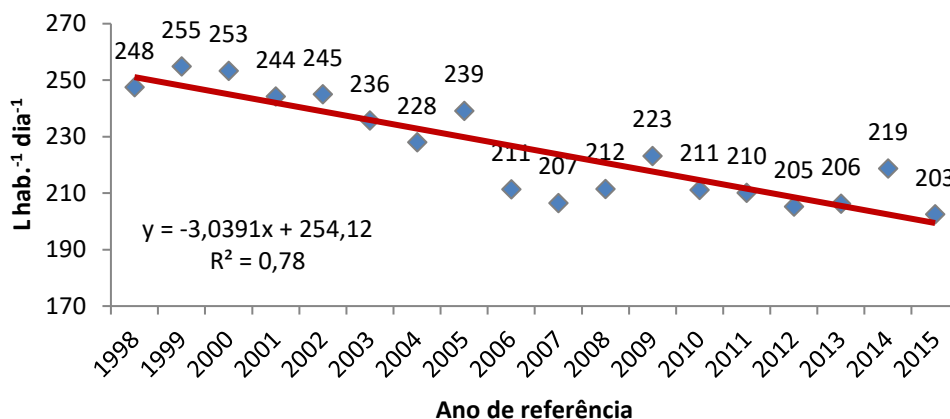
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tais assertivas relacionadas ao r^2 e r são corroboradas quando comparadas com o resultado do Teste-F, em que foi rejeitada a hipótese nula ($F: 3,09$; $F\text{-crítico}: 2,27$; graus de liberdade: 17; $p = 0,01$). Logo, verificou-se que há evidência suficiente para afirmar que a variância do volume produzido foi maior do que a variância do volume consumido.

2.1.3.2 Consumo médio *per capita*

Na Figura 25 é apresentada a série histórica do consumo médio de água *per capita* de Jundiaí, onde, no período, apresentou um consumo de 226 ± 17 L hab.⁻¹ dia⁻¹, com uma forte tendência de redução ($r^2 = 0,78$). O consumo máximo ocorreu em 1999, com 255 L hab.⁻¹ dia⁻¹. O consumo mínimo foi registrado em 2015 (203 L hab.⁻¹ dia⁻¹), fato que pode estar associado - além de fatores como crescimento populacional - aos eventos climatológicos extremos que ocasionaram uma redução no regime pluviométrico na região da BH-JM, bem como em função de uma possível conscientização da população em relação a crise hídrica vivida nas cidades da região.

Figura 25 – Consumo médio *per capita* por ano entre os anos de 1998 e 2015 em Jundiá



Fonte: Elaborado a partir da base de dados do SNIS (n. d.).

Considerando ainda os dados da Figura 25, é possível verificar que houve um aumento na demanda *per capita* de 2013 para 2014 (*i.e.*, 6,3%). Este fato pode ser reflexo das altas temperaturas climáticas associado à baixa disponibilidade hídrica que se mostrou mais intensa nesse período nas bacias PCJ, cujos registros de precipitação³⁴ foram abaixo da média histórica (CBH-PCJ, 2015). Posteriormente, de 2014 para 2015 houve uma redução de 7,9%, fato que pode ser reflexo da escassez hídrica que levou o colapso do Sistema Cantareira, notadamente em 2014 (Coutinho *et al.*, 2015). Neste período, o nível do reservatório de abastecimento de Jundiá registrou apenas 20% da sua capacidade (DAE, 2014a).

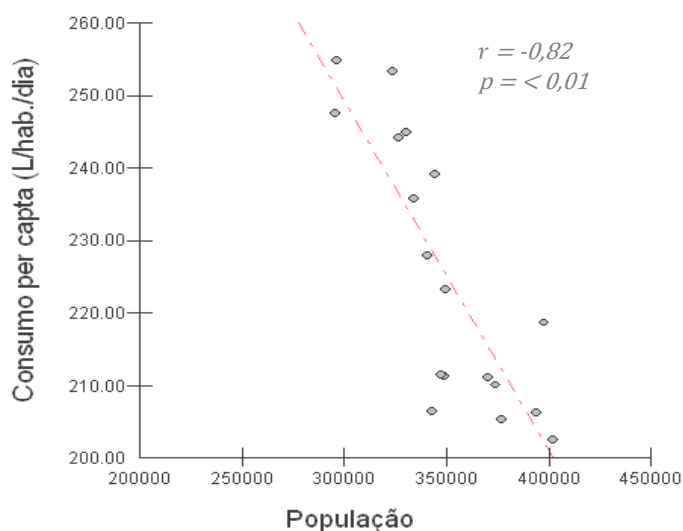
Tais fatos resultaram, por exemplo, em um maior consumo (*e.g.*, aumento do armazenamento de água a nível residencial) por parte dos munícipes devido à insegurança hídrica que ocorreu nesse período – fato amplamente noticiado pela mídia, acarretando, inclusive, diversos processos de racionamentos de água em cidades da região³⁵. Outro fato a ser considerado pode estar relacionado ao aumento da acurácia na leitura do consumo de água hidrometrada realizada neste período que, conseqüentemente, pode ter resultado no aumento do consumo *per capita*.

Na Figura 26 é apresentado o coeficiente de correlação de Pearson em que foi relacionado o consumo *per capita* e a evolução populacional. O resultado desta associação evidencia que há uma forte correlação negativa entre essas duas variáveis ($r = -0,82$; $p < 0,01$), demonstrando que, enquanto a população cresce, o consumo *per capita* diminui.

³⁴ No Brasil, variações significativas foram registradas, sobretudo no verão de 2012/2013 e 2013/2014, acarretando reduções de até 30% na precipitação pluviométrica no período (Tundisi *et al.*, 2015).

³⁵ No escopo da MMP, uma discussão aprofundada sobre a crise hídrica ocorrida nesse período e seus reflexos pode ser visto em Jacobi *et al.* (2015).

Figura 26 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o consumo *per capita* e a evolução populacional



Fonte: Resultados da pesquisa.

Considerando o cenário de disponibilidade hídrica *per capita* regional nas bacias PCJ, foi observado um declínio constante de $13,6 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ entre os anos de 2010 a 2015, e uma disponibilidade média de apenas $1.034,78 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ neste período. Além do crescimento populacional, aliado a uma oferta hídrica constante, outros fatores que colaboraram para essa diminuição nas bacias PCJ está associado ao volume destinado ao sistema Cantareira para atender a RMSP. Da mesma forma, há outros fatores como os ocasionados pela poluição dos recursos hídricos e pela variabilidade climática, que reduziu o volume de precipitação, sobretudo entre os anos de 2014-2015 (CBH-PCJ, 2015; CBH-PCJ, 2016).

2.1.4 Discussões

2.1.4.1 Análise dos resultados

Os resultados encontrados permitiram constatar que a cada ano o município está produzindo mais água em função do seu crescimento populacional, situação que foi evidenciada pela forte correlação entre o volume produzido e a evolução populacional. Entretanto, notou-se que, enquanto há um crescimento linear do volume de água produzido pelas ETAs, o volume efetivamente consumido (*i.e.*, hidrometrado) não acompanhou o mesmo ritmo. Tais resultados podem ser melhores analisados quando se considera as taxas de crescimento desses indicadores ao longo tempo.

Em relação ao crescimento populacional, notou-se que o crescimento acumulado no período analisado (*i.e.*, 1998-2015) foi de 36%, a uma taxa geométrica de 1,8% a. a. Logo, a fim de atender essa demanda hídrica, o volume de água produzido cresceu a uma taxa acumulada de 21,5% (1,2% a. a.) no mesmo período, ao passo que o volume consumido acumulou 12,5% de crescimento (0,7% a. a.). Essas diferenças entre o volume produzido e consumido foram também evidenciadas pelo Teste-F.

Essa menor taxa de crescimento do volume consumido pode estar relacionada a diversos fatores, tais como: diminuição da disponibilidade *per capita*; aumento da tarifa de água³⁶; conscientização ambiental da população; políticas públicas de redução de consumo; aumento das perdas no sistema de distribuição; aumento do consumo de água não hidrometrado; dentre outros fatores.

A partir da análise da Figura 22, é possível observar ainda que, entre 2006 e 2009, houve um ponto de inflexão no crescimento populacional, à única existente considerando toda a série histórica analisada. Nesse período, houve um crescimento de apenas 1.308 habitantes, situação que ocasionou também a redução do volume produzido e consumido. Contudo, a partir de 2009, nota-se um vertiginoso crescimento populacional de tal forma que, somente entre 2009 e 2010, houve um aporte de mais de 20 mil habitantes no município.

Embora essas situações resultem de uma série de fatores socioeconômicos, um indicador que reflete esse acentuado crescimento populacional pode estar relacionado ao setor de construção civil de Jundiaí, que estava aquecido entre os anos de 2006 e 2012. Nesse período, este setor apresentou um elevado número de contratações, apresentando, inclusive, uma variação superior ao verificado na RMSP (Tabela 8). Tais dados indicam, portanto, que houve um grande número de obras no município³⁷. Por conseguinte, deduz-se que isso resultou também em uma maior oferta de imóveis na cidade que, conseqüentemente, pode ter atraído um grande número de novos habitantes.

³⁶ Para o exercício de 2016 e 2017, foi autorizado um reajuste na tarifa de água e esgoto de Jundiaí de, respectivamente, 14,68% e 8,06%, em todas as faixas de consumo (ARES-PCJ, 2015; ARES-PCJ, 2017). Este reajuste foi superior ao do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) acumulado de 2015 (10,67%) e 2016 (6,29%) (IBGE, n. d.).

³⁷ Dentre as atividades produtivas existentes, o setor de construção civil é considerado uma das atividades que exerce maior influência nos demais setores econômicos, dado a sua extensa cadeia produtiva (SEBRAE, 2008).

Tabela 8 – Variação entre admissões e desligamentos no setor de construção civil de Jundiaí entre 2003 e 2016

Ano	Total de admissões	Total de desligamentos	Saldo	Variação	
				Jundiaí (%)	RMSP (%)
2003	2.624	2.757	-133	-5,20	-2,82
2004	2.646	2.644	2	0,08	3,39
2005	3.212	3.278	-66	-2,03	8,75
2006	5.199	4.609	590	13,64	8,22
2007	5.034	3.996	1.038	26,80	21,68
2008	6.186	5.149	1.037	19,93	13,46
2009	5.799	5.744	55	0,96	10,63
2010	7.582	6.799	783	12,31	9,10
2011	8.710	8.168	542	8,12	6,44
2012	8.721	8.478	243	3,20	3,20
2013	7.578	8.003	-425	-5,20	2,21
2014	6.627	7.124	-497	-6,35	-4,33
2015	6.447	7.322	-875	-11,53	-10,01
2016	4.257	5.347	-1.090	-16,19	-14,06

Obs.1: A variação da RMSP não está relacionada com o total de admissões e desligamentos apresentados.
Obs.2: O ano de 2003 corresponde ao início da série disponível pelo bando de dados.

Fonte: Elaborado a partir da base de dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, n. d.).

Ainda nesse contexto, outra situação peculiar de Jundiaí está relacionada à especulação imobiliária associada a ações de *marketing* ambiental. Nesse sentido, sublinha-se, como exemplo, a reportagem feita por um jornal de abrangência nacional, cuja matéria foi intitulada como: “*Crise hídrica em SP faz sobrarem vagas na construção civil em Jundiaí*” (G1, 2015). O principal fator do crescimento imobiliário de Jundiaí, retratado nesta reportagem, foi justamente a aparente situação hídrica confortável do município, condição a qual era oposta à vivida por outras cidades da região e da capital paulista em plena crise hídrica.

Destaca-se ainda que, no passado, houve uma disseminação de natureza política que Jundiaí dispunha de uma oferta hídrica confortável para o horizonte de 50 anos (DAE, 2014a; JJ, 2016b). Essa situação pode ter proporcionado uma falsa impressão de abundância hídrica, bem como pode ter contribuído para a atração de novos empreendimentos ao município. Contudo, o principal reservatório de acumulação de água do município, sob o efeito de uma estiagem severa, tem a capacidade de fornecer água por somente 60 dias – conforme enfatizado pelo diretor-presidente da DAE (JJ, 2016b).

Não obstante, em uma das maiores crises hídricas vividas no Estado – notadamente na região das bacias PCJ e Alto Tietê, esse tipo de informação ainda vem sendo veiculado mercadologicamente pela mídia, rotulando, inclusive, Jundiaí como uma ilha de abastecimento (Época, 2014) ou como o oásis do estado de São Paulo (Veja, 2015). Como resultado desse processo, verifica-se o fenômeno do crescimento induzido no município, ocasionado pelo

aumento das oportunidades econômicas decorrentes de sua situação hídrica aparentemente confortável se comparada com os municípios circunvizinhos (*i.e.*, água como produto básico atrativo para o desenvolvimento).

2.1.4.2 Análise da disponibilidade hídrica em Jundiaí

Projeções de demanda hídrica divulgadas pelo Atlas Brasil (ANA, 2010a), com base na população residente de Jundiaí em 2007 (*i.e.*, 318.408 habitantes), estimaram uma demanda hídrica de 1.023 L s^{-1} para 2015. O Plano Municipal de Saneamento Básico de Água e Esgoto de Jundiaí (COBRAPE, 2016), considerando dados de 2008, apontou uma demanda hídrica para Jundiaí de 1.391 L s^{-1} . Contudo, em 2014, a demanda hídrica alcançou o patamar de 1.600 L s^{-1} (PROEMPI, 2014), consumo médio que se mantém até o momento (DAE, 2016a).

Tais dados corroboram com os resultados encontrados, visto que foi verificado que, enquanto a população cresce, o volume de água produzido também cresce. Contudo, foi observado que esse crescimento populacional vem sendo acompanhado pela redução do volume *per capita*, do qual apresentou uma forte correlação negativa à medida que a população aumenta (*i.e.*, quanto mais a população aumenta, mais a disponibilidade hídrica *per capita* diminui).

É possível verificar ainda que o consumo *per capita* de Jundiaí, considerando a média dos anos de 2012, 2013 e 2014 ($210,1 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)³⁸, ficou acima da média nacional ($165,3 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), porém próxima a da média estadual ($186,7 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), no mesmo período. Comparando a variação do consumo de 2015 com o consumo médio do período supracitado, foi observada uma redução de 6,8% no consumo nacional; já no estado de São Paulo, a redução mostrou-se mais expressiva, com 14,7% (Brasil, 2017a). Em Jundiaí, essa redução foi de apenas 0,46%, refletindo uma situação mais confortável quando comparado com a taxa de redução ocorrida a nível estadual.

No contexto internacional, o consumo de Jundiaí mostrou-se bem abaixo da média dos maiores consumidores mundiais³⁹, como os das cidades de Washington D.C. ($631 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e Nova York ($476 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); e, por outro lado, superior ao das cidades como Amsterdã, Braga, Budapeste e Manchester, cujo consumo está na faixa de 120 a $150 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (IWA, 2016). Deve ser destacado ainda que o consumo *per capita* de Jundiaí está, no mínimo, superior a 4 vezes o limiar de pobreza hídrica adotado pela ONU (*i.e.*, $< 50 \text{ L hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), onde figura países como Quênia, Bangladesh e Moçambique (UNDP, 2006; FAO, 2014).

³⁸ Considerou-se a média do triênio 2012-2013-2014 para fins comparativos, uma vez que a fonte consultada apresenta também a média estadual e nacional baseada neste mesmo período (Brasil, 2017a).

³⁹ Ano de referência: 2014.

Contudo, destaca-se que as variações de consumo estão atreladas a diversos fatores, dentre os quais se destacam: localização geográfica; variações climatológicas; grau de urbanização; grau de industrialização; e fatores culturais intrínsecos de cada comunidade (Ways, 1999; UK-EPA, 2008). Nesse contexto, destaca-se que a variação do consumo *per capita* de Jundiaí pode estar sendo influenciado diretamente por esses fatores, mas, sobretudo também em função da sua pujança populacional e industrial ocorrida no município nas últimas décadas.

2.1.5 Considerações parciais

Os indicadores utilizados a fim de analisar a situação da oferta hídrica de Jundiaí se mostraram satisfatórios, de tal modo que as seguintes considerações podem ser feitas:

- As análises estatísticas evidenciaram o grau de associação entre os indicadores ao longo do tempo. Destarte, foi possível verificar a forte correlação positiva existente entre crescimento populacional e aumento do volume produzido;

- A análise do consumo médio *per capita* anual evidenciou a tendência já observada no âmbito das bacias PCJ, marcada pela redução do consumo *per capita* ao longo do tempo. Nesse sentido, uma forte correlação negativa entre o consumo *per capita* e a evolução populacional foi verificado;

- As altas taxas de crescimento populacional exercem pressão direta nos recursos hídricos, necessitando, assim, de cada vez mais água a fim de atender a crescente demanda. Um dos fatores impulsionadores do crescimento populacional observado em Jundiaí pode estar relacionado ao setor de construção civil, do qual apresentou um crescimento acentuado entre 2006 e 2012;

- A maior taxa de crescimento do volume de água produzido (1,2% a. a.), em relação ao volume de água consumido (0,7% a. a.), reflete uma situação hídrica aparentemente confortável de Jundiaí - ainda que momentânea. No entanto, deve ser destacado que a população cresceu a uma taxa de 1,8% a. a. no período analisado. Logo, a longo prazo, se esta taxa de crescimento populacional se manter, o município necessitará de novos mananciais a fim de atender à crescente demanda hídrica ou de novas tecnologias de oferta, armazenamento, distribuição e consumo;

- A análise da oferta hídrica no âmbito das bacias PCJ permitiu avaliar a situação hídrica regional, sobretudo na bacia do rio Atibaia. No entanto, verificou-se que esta bacia apresenta também sérios problemas relacionados ao déficit hídrico. Logo, problemas de escassez nesta

bacia podem comprometer a segurança hídrica de Jundiaí, refletindo, assim, a necessidade de uma maior vigilância nessa questão.

2.2 Reservatórios de água

2.2.1 Contextualização

Ao longo de milhares de anos os seres humanos vêm represando os cursos d'água a fim de equilibrar a demanda e a oferta. No entanto, somente no final do século XIX, e início do século XX, essa prática tornou-se mundialmente frequente, passando a ocupar extensivas áreas de terras. Contudo, os reservatórios artificiais apresentam características peculiares e se diferem sobremaneira dos lagos naturais, principalmente por afetarem diretamente as bacias de drenagem e os ciclos hidrológicos (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2012).

Os reservatórios de água são construídos ainda visando atender as mais diversas finalidades consultivas e não consultivas, das quais se destacam: fins agropecuários; usos domésticos e industriais; geração hidrelétrica; controle de inundações. Dessa maneira, o armazenamento de água visa atender as finalidades decorrentes do crescimento populacional e econômico de uma região, dos quais demandam água para consumo humano e/ou para os serviços e produtos que utilizam desse insumo em seus processos (CMR, 2000). Os reservatórios podem ainda ser construídos tendo em vista um único fim, ou simplesmente serem construídos para atender usos múltiplos, situação que denota um quadro complexo de gestão por envolver múltiplos atores (Tundisi *et al.*, 2006).

Em Jundiaí, as águas reservadas no território da BH-JM apresentam múltiplas finalidades. A reservação mais importante existente na bacia possui um propósito único e primário, que é o armazenamento de água para atender 95% do abastecimento público do município (ANA, 2010a). No entanto, este reservatório de abastecimento se destaca também por fornecer, por intermédio da companhia de saneamento, água bruta para 3 indústrias do município (COBRAPE, 2016). De forma dispersa na bacia, é possível identificar ainda reservatórios de água utilizados para irrigação de culturas, dessedentação de animais, movimentação de moinho, fins recreativos e piscicultura (Moraes, 2002; Mota *et al.*, 2014; Beghelli *et al.*, 2015).

Diante das inúmeras finalidades dos reservatórios de água, este tópico visou identificar e avaliar a evolução das áreas ocupadas por reservatórios e barramentos de água destinados ao abastecimento público, lazer, recreação e/ou fins agropecuários na BH-JM. Para atingir esse propósito, foi realizada uma análise temporal da bacia, tendo como instrumento de processamento e análise dos dados um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Buscou-se,

ainda, estabelecer uma relação entre o aumento temporal das massas d'água com o aumento do processo de antropização da BH-JM, uma vez que a construções de reservatórios e lagos estão relacionados com o crescimento populacional e econômico de uma região.

2.2.2 Método

Os dados relativos às áreas ocupadas por lagos e reservatórios na BH-JM foram obtidos por meio da base de dados cartográficos digital do projeto intitulado “*Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim*” (Moraes, 2003; Moraes, 2016a). Dessa forma, a base de dados consultada constitui-se de dados secundários, dos quais foram processados utilizando o programa de SIG ArcGIS ArcMap 10.5, licença institucional Unesp/Sorocaba. A unidade métrica utilizada para análise das áreas foi hectares (ha), por ser a mesma medida comumente utilizada nos estudos produzidos na BH-JM. As áreas ocupadas por lagos e reservatórios na BH-JM foram analisadas considerando 3 períodos disponíveis na referida base: 1972, 2001 e 2015.

Neste estudo, foi compreendido como massas d'águas todas as porções de lagos e reservatórios existentes na BH-JM. Para tal fim, considerou-se a terminologia adotada na base de dados consultada. Dessa forma, as áreas de “reservatórios” compreenderam as áreas ocupadas pelos reservatórios de captação e acumulação para fins de abastecimento público de Jundiá; as demais massas d'água foram classificadas como “lagos”, não sendo, portanto, objeto de classificação específica ou distinção entre áreas naturais ou artificiais⁴⁰.

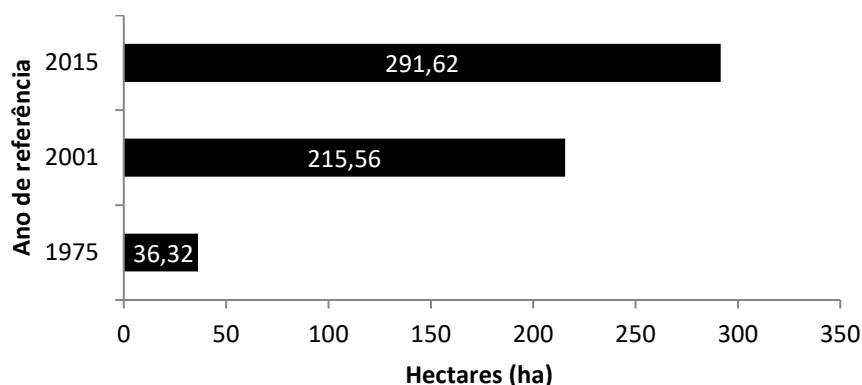
2.2.3 Resultados

Na Figura 27 é apresentada a área ocupada por lagos e reservatórios de água na BH-JM nos anos de 1975, 2001 e 2015. Em 1975, a área ocupada por lagos foi de 36,32 ha, representando 0,3% da área total da BH-JM (*i.e.*, 11.746 ha⁴¹); em 2001, a área ocupada por lagos e reservatórios abrangeu 215,56 ha (1,8% da área da BH-JM); já em 2015, a área ocupada por lagos e reservatórios abrangeu 291,6 ha (2,48% da área da BH-JM).

⁴⁰ Estudos limnológicos apresentam uma distinção entre reservatórios, lagos, lagoas, zonas húmidas, lagoas costeiras, lagoas fluviais de rios etc. Tais são classificados ainda de acordo com uma variedade de mecanismos de formação ocorridos em função da região e de processos geológicos (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2012).

⁴¹ De acordo com Moraes (2016a).

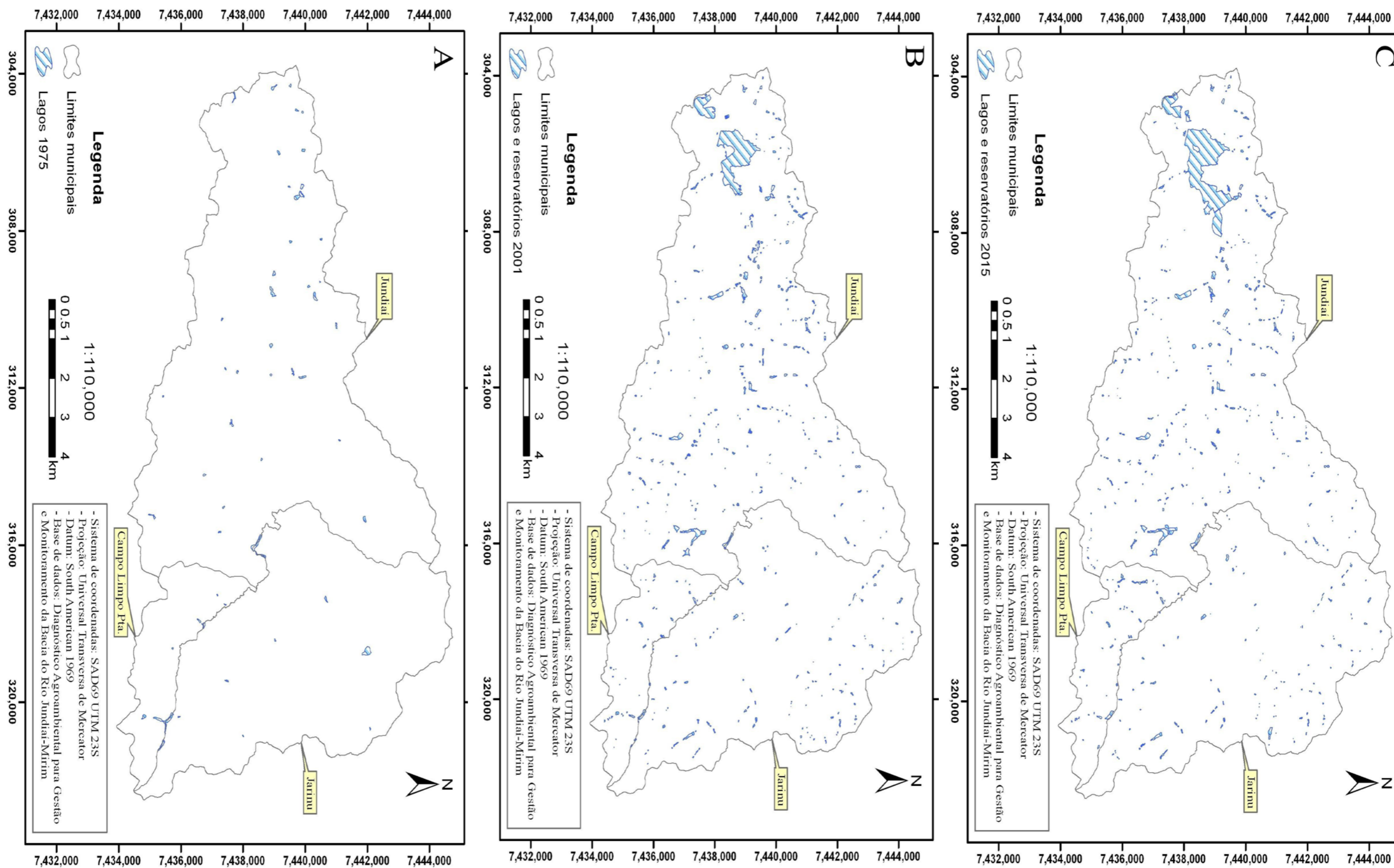
Figura 27 – Evolução temporal das áreas ocupadas por lagos e reservatórios nos anos de 1975, 2001 e 2015 na BH-JM



Fonte: Elaborado a partir da base de dados cartográficos de Moraes (2016a).

Na Figura 28 A, B e C é possível visualizar espacialmente a área ocupada por lagos e reservatórios nos anos de 1972, 2001 e 2015, respectivamente. Considerando o ano de 2015, a maior área ocupada, especificamente por reservatórios, concentrou-se em Jundiaí, em função dos reservatórios de captação e acumulação utilizados para abastecimento público do município que, isoladamente, ocuparam uma área de 192,3 ha; já as áreas de lagos ocuparam 72 ha em Jundiaí, 20 ha em Jarinu e, 7,4 ha, em Campo Limpo Paulista (Moraes, 2016a).

Figura 28 – Área ocupada por lagos e reservatórios nos anos de 1972 (A), 2001 (B) e 2015 (C) na BH-JM



Fonte: Elaborado a partir da base de dados cartográficos de Moraes (2016a).

2.2.4 Discussões

2.2.4.1 Variação temporal das áreas de lagos e reservatórios

Os dados observados evidenciaram que houve um aumento das áreas ocupadas por massas d'água entre os 3 períodos analisados, de tal modo que no intervalo de 1972 a 2001 (*i.e.*, 29 anos) houve um aumento percentual de 494%; já entre 2001 e 2015 (*i.e.*, 14 anos), o aumento foi de 35%. Considerando a área ocupada entre 1972 a 2015 (*i.e.*, 43 anos), verificou-se que houve um aumento de 703%.

Entre 1975 e 2001, o aumento das massas d'água foi mais destacado em função da criação de lagos na bacia, bem como devido à criação do reservatório de captação e acumulação, ambos destinados ao abastecimento público de Jundiaí⁴². Estes últimos, localizados na região do exutório da BH-JM (Figura 28 B e C, porção oeste), compreenderam, juntos, uma área de 119,37 ha em 2001. Dessa forma, subtraindo-se a área ocupada por estes reservatórios (*i.e.*, 119,37 ha) da área total de massas d'água (*i.e.*, 215,56 ha), as áreas de lagos aumentaram 96,19 ha no intervalo de 1972 a 2001, o que corresponde a um crescimento médio de 3,3 ha ano⁻¹.

Entre 2001 e 2015, o aumento de 35% foi decorrente, principalmente, da ampliação da área de armazenamento de água do reservatório de acumulação, que neste intervalo aumentou 74,36 ha (de 95,59 ha para 169,95 ha), ao passo que as áreas de lagos aumentaram 3,16 ha (de 96,19 ha para 99,35), no mesmo período, respectivamente, o que corresponde a um crescimento médio de 0,2 ha ano⁻¹. Dentre outros fatores, esse aumento de 74,36 ha foi decorrente de desdobramentos da Lei Municipal nº 5.221/1998 (Jundiaí, 1998b), que reclassificou e autorizou a DAE a alienar áreas públicas localizadas no entorno da represa de acumulação de Jundiaí, visando à ampliação da capacidade de acumulação de água do município.

Assim, no presente, o reservatório de acumulação possui capacidade de armazenamento de 8,3 bilhões de litros de água, e o reservatório de captação possui capacidade de 500 mil m³ (DAE, 2016?-b). No entanto, devido ao aumento da demanda e reflexos da crise hídrica vivida nas bacias PCJ (CBH-PCJ, 2015) e no Sistema Cantareira (Coutinho *et al.*, 2015), está previsto pela DAE a realização de obras de ampliação da capacidade de armazenamento do reservatório de acumulação, visando aumentar a sua capacidade para 12 bilhões de litros de água (DAE,

⁴² Segundo dados da DAE (2016?-b), a construção do reservatório de captação teve início no final dos anos 70; já o reservatório de acumulação teve início em 1995, sendo finalizado em 1998, contando com a capacidade de armazenamento de 5,5 bilhões de litros de água. O barramento do rio Jundiaí-Mirim, para a construção do reservatório de acumulação, foi aprovado pela Secretaria de Meio Ambiente (SMA) do estado de São Paulo, mediante a elaboração de estudos e emissão do relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), conforme Processo SMA 7.347/94, disponibilizado parcialmente em Jundiaí (1998a).

2014b). Tal fato, conseqüentemente, poderá implicar no aumento da área ocupada por massas d'água na BH-JM.

Contudo, destaca-se que no processo de ampliação da capacidade de armazenamento de água deve ser considerada a fragilidade dos reservatórios de acumulação e captação frente à perda de solo existente na BH-JM (Prado, 2005; Moraes, 2016a); assim como em decorrência dos processos erosivos gerados pelo aumento da vazão artificial do rio Jundiaí durante a transposição das águas do rio Atibaia (Moraes, 2003; Medeiros *et al.*, 2016).

Nesse sentido, estudos desenvolvidos por Pires *et al.* (2014) verificaram uma concentração de sólidos totais de 52,8 mg L⁻¹ nas águas do rio Jundiaí-Mirim, em um ponto localizado a montante do reservatório de acumulação⁴³. Dessa forma, considerando a vazão média de 914 L s⁻¹ do rio Jundiaí-Mirim medida por Moraes (2016a)⁴⁴, onde parte das medições tiveram influência da transposição (Moraes, 2015a), estima-se um carga de sedimentos de 4,17 t dia⁻¹ ou 1,5 mil t ano⁻¹; considerando a vazão média máxima de 1.851 L s⁻¹, essa carga pode chegar a 8,45 t dia⁻¹ ou 3,1 mil t ano⁻¹.

Dessa forma, essa carga de sedimentos - que é intensificada pelas atividades antrópicas existentes na bacia - compromete a capacidade de armazenamento de água a médio e longo prazo dos reservatórios de abastecimento, situação já amplamente relatada na literatura (Dill *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2017)⁴⁵; da mesma forma, altas concentrações de sólidos dissolvidos podem aumentar os custos de tratamento de água (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2010). Logo, tais fatos evidenciam a necessidade de medidas protecionistas preventivas na BH-JM a fim de reduzir o carreamento de sedimentos para os reservatórios de abastecimento do município.

2.2.4.2 Fatores intervenientes da variação das áreas de lagos e reservatórios

A partir da análise da Figura 28 A e Figura 28 B é possível verificar ainda que houve uma melhor distribuição geográfica das áreas de lagos na BH-JM entre 1972 e 2001. Dessa forma, é possível inferir que houve um aumento da demanda de água neste período na bacia, não só em função do consumo humano e/ou uso industrial, mas também para fins agropecuários, uma vez que as regiões norte/nordeste e regiões de cabeceira da BH-JM, que possuem um perfil mais

⁴³ Medição feita por Pires *et al.* (2014) em 24/09/2014 durante o período estiagem e sob o efeito da transposição. Coordenadas do ponto de coleta: 23°08'42.3"S 46°52'01.8"W.

⁴⁴ Considerando a média das medições realizadas por Moraes (2016a) nas datas de: 23/07/2015; 22/10/2015; 19/11/2015; 03/12/2015; 21/01/2016; 08/03/2016; e 30/03/2016.

⁴⁵ Outro impacto a ser considerado é no aspecto de segurança de barragens, uma vez que o aporte excessivo de sedimentos pode ocasionar o aumento da pressão nas paredes do barramento de água, vindo a comprometer a sua estrutura (Ghassemi e White, 2007).

agrícola (Medeiros *et al.*, 2016), também apresentaram o aumento de áreas ocupadas por massas d'água.

Destaca-se ainda que entre os anos de 1974 a 1983 foi o período de maior volume de crédito rural em nível nacional destinado a produtores e cooperativas agropecuárias (Alves *et al.*, 2008)⁴⁶, bem como foi, no final dos anos 60, que se iniciaram as atividades do Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agrônômico (CEA/IAC) em Jundiaí (IAC, 2013?). Tais fatos podem ter impulsionado o setor agropecuário na região da BH-JM à época e que, conseqüentemente, podem ter acarretado o aumento da reservação de água para suprir a demanda das atividades agropecuárias. Consoante, com base em dados de uso e ocupação das terras levantados por Fengler (2014) na BH-JM, é possível verificar que houve um aumento de 60% das áreas com culturas agrícolas entre 1972 e 2001 (*i.e.*, de 168,6 ha para 269,6 ha); da mesma forma, houve um aumento de 16,8% das áreas de pastagem no mesmo período (*i.e.*, de 331,1 ha para 386,7 ha).

Verifica-se ainda que, o aumento das áreas ocupadas por lagos, em especial entre 1972 e 2001, pode ter ocorrido em função do contexto legal existente à época. Nesse sentido, embora fosse previsto a necessidade de autorização do Poder Público para intervenção em áreas marginais de cursos d'água desde 1965, por meio do Código Florestal vigente na ocasião (Brasil, 1965), a aplicação deste dispositivo revelou-se pouco efetivo na BH-JM (Freitas *et al.*, 2013).

Da mesma forma, no Estado de São Paulo, os requisitos legais que exigiam a necessidade de outorga, em caso de intervenção em cursos d'água (*e.g.*, para fins de represamento), foram estabelecidos somente no início dos anos 90, por meio da Lei nº 7.663/1991 (SP, 1991), e em suas respectivas regulamentações. Posteriormente, questões relacionadas a esse tipo de intervenção também foram instituídas na Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), reforçando a necessidade de critérios mais rígidos para as derivações de água, colocando-as, assim, como sujeitas à outorga.

Em decorrência disso, excetuando a ampliação do reservatório de acumulação - uma obra de utilidade pública que seguiu os trâmites legais, o crescimento de apenas 0,2 ha ano⁻¹ das demais massas d'água na bacia no período de 2001 a 2015, em comparação aos 3,3 ha ano⁻¹ no período 1972-2001, pode ter sido resultado da aplicação de novos regulamentos de uso dos recursos hídricos no Estado e, conseqüentemente, também na BH-JM. Assim como, outra

⁴⁶ Considerando a série histórica de 1969 a 2006.

limitação pode ter ocorrido em função da capacidade limite da bacia no que concerne a criação de novas derivações de água, sem que comprometesse os usos múltiplos já existentes.

Assim, à luz dos requisitos legais federais e estaduais, a criação de novas intervenções tornou-se mais rígido e, conseqüentemente, pode ter limitado o aumento de áreas de massas d'água na BH-JM. Consoante a isso, destaca-se as notificações e lacrações de bombas de irrigação agrícolas devido à ausência de outorga ocorridas no município de Jundiaí em 2015 (PMJ, 2015).

Estudos desenvolvidos por Tavares *et al.* (2003) verificaram ainda que o uso da terra da BH-JM (na porção de Jundiaí) no início dos anos 2000 era composto, predominantemente, por pastagens (28%). Dentre outras classes de uso da terra identificadas pelo autor, merecem destaque: chácaras/loteamentos (9,6%); fruticultura (7,9%); e mineração (2,0%). Tais classes de uso da terra podem ter atuado como forças indutoras para o aumento das áreas de lagos na bacia no interím 1972-2001.

Nesse contexto, ressalta-se que a pecuária (pastagem) demanda água para dessedentação de animais e é uma prática comum à criação de açudes para tal fim (Palhares, 2013); da mesma forma, atividades de fruticultura (*e.g.*, videiras) demandam água para irrigação das culturas (Conceição, 2005). No caso de chácaras, lagos têm sido construídos para fins de lazer e recreação (Ferreira *et al.*, 2012), sendo na BH-JM muito frequente a presença de pesqueiros de base comercial e não comercial (Moraes, 2002). E, especificamente no caso de loteamentos, há registros na BH-JM de represas construídas a fim de atender a demanda de água para soluções individuais de abastecimento (COBRAPE, 2016).

No que concerne às áreas de mineração, na BH-JM a maior ocorrência à época era de áreas destinadas à extração de argila (Tavares *et al.*, 2003), existindo ainda áreas em atividade e abandonadas na bacia (Jundiaí, 2016b). Mechi e Sanches (2010) destacam que no Estado de São Paulo as cavas de mineração de argila e areia, geralmente realizadas em áreas de várzea, resultam na formação de lagos. Após a desativação das cavas, tais áreas são destinadas a atividades de piscicultura e/ou pesca recreativa nos planos de recuperação ou, caso não haja viabilidade técnica-econômica, são simplesmente abandonadas irregularmente (*ibid.*).

2.2.5 Considerações parciais

A partir do levantamento temporal (1972-2001-2015) das áreas ocupadas por massas d'água (lagos e reservatórios) na BH-JM foi possível tecer as seguintes considerações:

- Verificou-se um aumento das áreas ocupadas por massas d'água na BH-JM, chegando a 703% entre 1972 e 2015. Esses fatos evidenciam o processo de antropização da BH-JM em função do aumento da demanda de água, seja para fins de abastecimento público e industrial, quer seja para fins de desenvolvimento agropecuário;

- O menor desenvolvimento de áreas de lagos entre 2001 e 2015 pode ter sido em função do aparato legislativo promulgado a partir dos anos 90 a nível estadual e federal que, provavelmente, pode ter restringido o desenvolvimento de novas áreas de lagos na BH-JM devido à exigência de outorga. Tais instrumentos podem ter colaborado para deter a exploração descontrolada de áreas de reservação de água na BH-JM no período;

- A partir da análise do uso da terra existente no início dos anos 2000 (Tavares *et al.*, 2003) buscou-se elucidar o motivo do aumento mais destacado e disperso de lagos ocorrido entre os anos de 1972 e 2001. Diante disso, pode-se constatar que existia na BH-JM diferentes classes de usos existentes à época, fatos dos quais podem ter culminado na criação de lagos visando atender as diferentes demandas;

- A área ocupada pelo reservatório de acumulação vem aumentando desde a sua concepção, refletindo a preocupação constante do município no que tange a segurança hídrica. Assim como, verificou-se que há a proposição da ampliação futura do reservatório de acumulação pelos órgãos gestores de água do município, a fim de atender a crescente demanda do município. Contudo, nesse processo deve ser considerado também o aporte de sedimentos existente nos reservatórios de abastecimento, uma vez que ações corretivas de desassoreamento demandam vultosos recursos financeiros. Dessa forma, medidas protetivas em nível de bacia devem ser adotadas de maneira preventiva, de tal forma a reduzir ao máximo o aporte de sedimentos nos reservatórios.

2.3 Rede de distribuição de água e perdas de água potável

2.3.1 Contextualização

As perdas de água no sistema de distribuição é uma preocupação crescente e de difícil solução, sobretudo quando não há recursos orçamentários disponíveis para sua detecção, quantificação e implementação de ações preventivas e corretivas. Esta situação reflete, em grande parte, a realidade de muitas companhias de saneamento do Brasil (Fontana e Morais, 2016). Segundo dados do *World Bank* (WB, 2016), nos países em desenvolvimento há uma perda de água estimada em 45 milhões de m^3 dia⁻¹, representando uma perda econômica de 3 bilhões de dólares anuais. A simples redução dessas perdas, pela metade, forneceria água

suficiente para atender a demanda de pelo menos 90 milhões de pessoas (*ibid.*). Nas bacias PCJ, estima-se que há uma perda de água nos sistema de distribuição de cerca de 182 milhões de m³ ano⁻¹ (REINFRA, 2017).

No escopo da segurança hídrica, uma das diretrizes propostas pelas Nações Unidas é a melhoria dos sistemas de distribuição de água visando à redução de perdas (UN-Water, 2011). Nesse sentido, as principais causas de perdas de água no sistema de distribuição estão relacionadas à (UN-Water, 2011; Pedersen e Klee, 2013; Wang *et al.*, 2014):

- Extravasamento de reservatórios;
- Falhas de registro no consumo;
- *Flushing* desnecessários;
- Ligações clandestinas;
- Movimentos no solo que causam danos à rede;
- Práticas operacionais inadequadas;
- Pressão imprópria na rede;
- Redes de distribuição antigas e/ou deterioradas;
- Sistemas imprecisos de cobrança e hidrometração;
- Vazamentos em geral;
- Dentre outros.

Diante dessas inúmeras causas, a *International Water Association (IWA)*, juntamente com a *American Water Works (AWWA)*, desenvolveram terminologias e métodos padronizados a fim de auxiliar nos processos de auditorias dos sistemas de distribuição e identificação das diferentes origens de perdas de água (USEPA, 2013). Nesse sentido, no Quadro 12 é apresentado os componentes do balanço hídrico e suas respectivas terminologias utilizadas pela IWA/AWWA:

Quadro 12 – Componentes do balanço hídrico utilizado pela IWA/AWWA

	Consumos autorizados faturados	Consumo medido faturado		Águas faturadas
		Consumo não medido faturado (<i>i.e.</i> , estimados)		
Consumo autorizado de água	Consumos autorizados não faturados	Consumos medidos não faturados (<i>e.g.</i> , uso próprio, caminhões-pipa etc)		
		Consumos não medidos não faturados (<i>e.g.</i> , combate a incêndios, fornecimento de água em ocupações irregulares, hidrantes etc)		
Perdas de água	Perdas comerciais (aparentes)	Consumos não autorizados (fraudes)		Águas não faturadas
		Imprecisões no hidrômetro e erros de manipulação dos dados		
	Perdas reais (físicas)	Vazamentos nas adutoras e rede de distribuição		
		Vazamento e extravasamentos nos reservatórios e tanques de armazenamento das companhias		
		Vazamento nos ramais de serviço até o hidrômetro do usuário		

Fonte: Elaborado a partir de Farley *et al.* (2008) e ABES (2015).

Onde (Quadro 13):

Quadro 13 – Descrição dos principais componentes do balanço hídrico utilizado pela IWA/AWWA⁴⁷

<p>Consumo autorizado de água: consiste no volume de água medido e não medido utilizado por clientes cadastrados, dos quais estão implicitamente ou explicitamente autorizados a fazê-lo. Este consumo pode ser faturado ou não faturado, medidos ou não medidos.</p>	<p>Consumo autorizado faturado: consiste nos componentes do consumo autorizado que são cobrados e produz receita a companhia de saneamento.</p>
<p>Perdas de água: consiste na diferença entre o volume de água disponibilizado pelo sistema de abastecimento e o consumo autorizado. As perdas são subdivididas em perdas comerciais e perdas físicas.</p>	<p>Consumo autorizado não faturado: consiste nos componentes do consumo autorizado que são legítimos, mas não são faturados e, portanto, não produz receita a companhia de saneamento.</p> <p>Perdas comerciais (ou aparentes): consiste no consumo não autorizado, resultante de todos os tipos de imprecisões na medição.</p> <p>Perdas físicas (ou reais): consiste nos volumes anuais perdidos decorrentes de todos os tipos de vazamentos, rompimentos na rede, transbordamento de reservatórios até o ponto final de medição do usuário.</p>

Fonte: Elaborado a partir de Farley *et al.* (2008) e USEPA (2013).

Diante das diversas origens relacionadas às perdas de água, bem como em função do estresse hídrico vivido nas bacias PCJ e, conseqüentemente, em Jundiaí, torna-se fundamental a análise destas perdas, a fim de subsidiar ações de melhoria no sistema. Dessa forma, este tópico visou analisar as perdas de água no sistema de distribuição de Jundiaí por meio de indicadores de perdas, assim como visou obter um panorama da situação do município frente à realidade regional, estadual, nacional e internacional.

Primeiramente, é apresentada a caracterização do sistema de abastecimento e distribuição de Jundiaí, a fim de se ter um melhor entendimento deste. Posteriormente, é apresentada a metodologia e a descrição dos indicadores de perdas de água utilizados. Em seguida são apresentados os resultados e discussões e, por fim, as principais considerações sobre os resultados obtidos.

2.3.2 Caracterização do sistema de distribuição de água de Jundiaí

Em Jundiaí, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Água e Esgoto do município, o sistema de abastecimento de água é composto pela seguinte estrutura (COBRAPE, 2016, p. 30):

⁴⁷ Em Jundiaí, um exemplo de consumo autorizado não faturado foi instituído pela Lei Municipal 8.517/2015, da qual prevê a isenção de cobrança de água para residências onde se encontra municípios com necessidades especiais e/ou acamadas (Jundiaí, 2015b).

- 4 pontos de captação superficial;
- 2 estações de tratamento de água (ETA);
- 1 captação subterrânea (poço artesiano);
- Tratamento simplificado (cloração e fluoretação) para água captada do poço;
- 47 reservatórios;
- 5 elevatórias de água bruta;
- 45 elevatórias de água tratada;
- Rede de distribuição.

A companhia responsável pela operação desse sistema é a DAE S. A. Água e Esgoto, criada pela Lei Municipal nº 5.307/99 (Jundiaí, 1999). A companhia possui regime empresarial de economia mista (sociedade anônima), cuja acionista majoritária é a Prefeitura Municipal de Jundiaí (PMJ, 2015?). Além dos aspectos relacionados à distribuição de água, a DAE é responsável ainda pela área de saneamento do município, via parceria de concessão com a Companhia Saneamento de Jundiaí (CSJ) (ARES-PCJ, 2014).

A rede de distribuição de água de Jundiaí atende 393.191 habitantes ou 97,8% da sua população, abrangendo integralmente a área urbana do município, e com previsão de atendimento de 100% da população rural até 2029 (ARES-PCJ, 2014; COBRAPE, 2016).

A capacidade de produção total das ETAs de Jundiaí é de cerca de 1.300 L s^{-1} , contanto com uma capacidade instalada de 2.100 L s^{-1} (ARES-PCJ, 2014). Considerando a média dos anos de 2011 a 2015, a tarifa da água tratada pelo município é de R\$ 2,18 por m^3 , já a de esgoto é de R\$ 3,15 por m^3 (ARES-PCJ, 2017). No contexto mundial, o preço praticado é de US \$ 1 a 3 por m^3 de água (Tucci, 2017).

Nas regiões não abastecidas pela rede geral de abastecimento, há ainda a ocorrência de soluções individuais, tais como: captação superficial diretamente no corpo d'água; poços artesianos individuais; poços rasos (cisternas ou poços caipiras); e abastecimento via caminhão tanque (COBRAPE, 2016).

No município, soluções alternativas coletivas de abastecimento de água estão presentes nos condomínios denominados “Loteamento Vivendas” e “Fazenda Campo Verde”. Este último, abastecido diretamente por um afluente do rio Jundiaí-Mirim que, após ser represado, passa por um processo de tratamento feito pelo próprio empreendimento para atender 28 famílias (aproximadamente 144 pessoas) ao custo de R\$ 3,50 o m^3 (COBRAPE, 2016).

2.3.3 Método

2.3.3.1 Base de dados

A fim de analisar a rede de distribuição e as respectivas perdas de água deste sistema foram coletados dados secundários no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (SNIS, n. d.) referente a 4 indicadores, dos quais: índice de perdas de água na distribuição (código SNIS: IN049); índice de perdas de água por ligação (código SNIS: IN051); índice bruto de perdas lineares (código SNIS: IN050); e extensão da rede de distribuição (código SNIS: AG005).

Os dois primeiros indicadores apresentados foram utilizados a fim de analisar o indicador “perdas de água na distribuição de água potável”, dos quais têm sido utilizados para esse propósito (ABES, 2015; REINFRA, 2017). Já os dois últimos foram utilizados a fim de analisar o indicador “rede de distribuição”. Tais indicadores são calculados e descritos pelo SNIS conforme apresentado na Tabela 9:

Tabela 9 – Forma de cálculo utilizado pelo SNIS e descrição dos indicadores utilizados

	Forma de cálculo	Descrição	Unidade
IN049	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$	AG006: Volume de água produzido AG010: Volume de água consumido AG018: Volume de água tratada importado ¹ AG024: Volume de serviço (água utilizada nas atividades operacionais)	%
IN051	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002} \times \frac{1.000.000}{365}$	AG002: Ligações ativas de água AG006: Volume de água produzido AG010: Volume de água consumido AG018: Volume de água tratada importado AG024: Volume de serviço	L dia ⁻¹ ligação ⁻¹
IN050	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG005} \times \frac{1.000}{365}$	AG005: Extensão da rede de água AG006: Volume de água produzido AG010: Volume de água consumido AG018: Volume de água tratada importado AG024: Volume de serviço	m ³ dia ⁻¹ km ⁻¹
AG005	-	Comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, sub-adutoras e redes distribuidoras (exclui ramais prediais)	km
	¹ Recurso não utilizado ou não registrado pela DAE na base do SNIS.	IN050: Índice bruto de perdas lineares AG005: Extensão da rede de distribuição	
	IN049: Índice de perdas de água na distribuição IN051: Índice de perdas de água por ligação		

Fonte: Elaborado a partir do glossário de informações do SNIS (2017a; 2017b).

Os dados utilizados abrangeram uma série histórica de 17 anos (1999 a 2015). Foram descartados da amostra os anos de 1995 a 1998 devido à ausência e/ou falhas de dados no período. O ano de 1995 corresponde ao início dos dados disponíveis nesta base, assim como

2015 corresponde à última série de dados disponíveis e/ou lançados pelo operador até 28 de Julho de 2017 (última data verificada pelo autor).

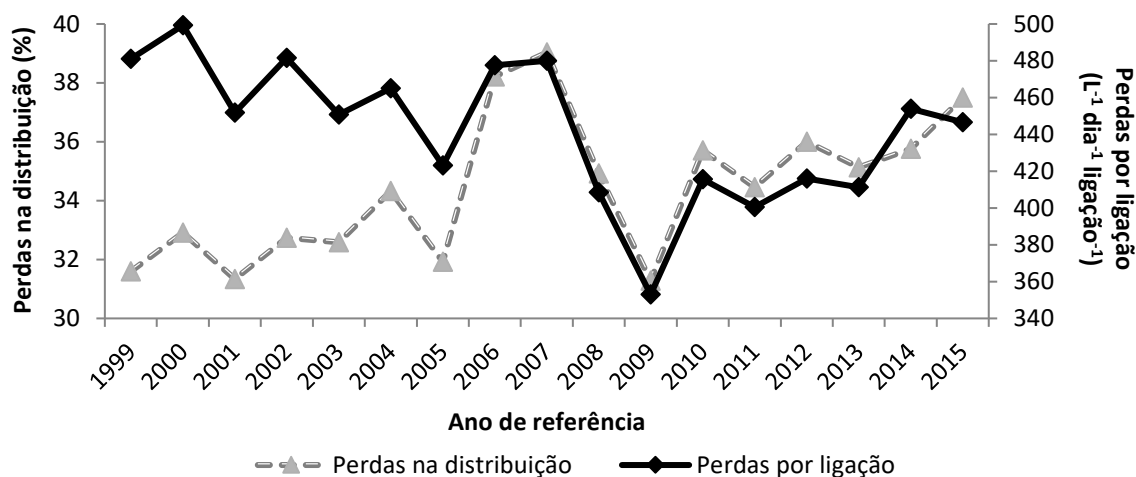
2.3.3.2 Método estatístico

O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) foi utilizado a fim de analisar a grau de associação entre as variáveis analisadas. A correlação de Spearman é empregada quando as variáveis analisadas (ou alguma delas) não apresentam distribuição normal, sendo, neste caso, mais robusta quando comparada com a correlação de Pearson (Mukaka, 2012). Das variáveis analisadas, apenas a extensão da rede e a quantidade de ligações não apresentaram distribuição normal, considerando o teste o teste D'Agostino empregado para $n \geq 10$ e k amostras (resultados disponíveis no Apêndice D).

2.3.4 Resultados

Na Figura 29 é apresentada a série histórica referente ao índice de perdas de água na distribuição e o índice de perdas por ligação em Jundiá entre os anos de 1999 a 2015. Neste período, as perdas na distribuição apresentaram média de $34,44 \pm 2,42\%$, sendo a maior perda registrada em 2007 (39,03%) e a menor em 2009 (31,28%). Já o índice de perdas por ligação apresentou uma média de $442,08 \pm 38,22 \text{ L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$, sendo a maior perda ocorrida em 2000 (499,29 $\text{L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$) e a menor perda em 2009 (352,98 $\text{L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$).

Figura 29 – Índice de perdas de água na distribuição e índice de perdas de água por ligação em Jundiá entre os anos de 1999 e 2015



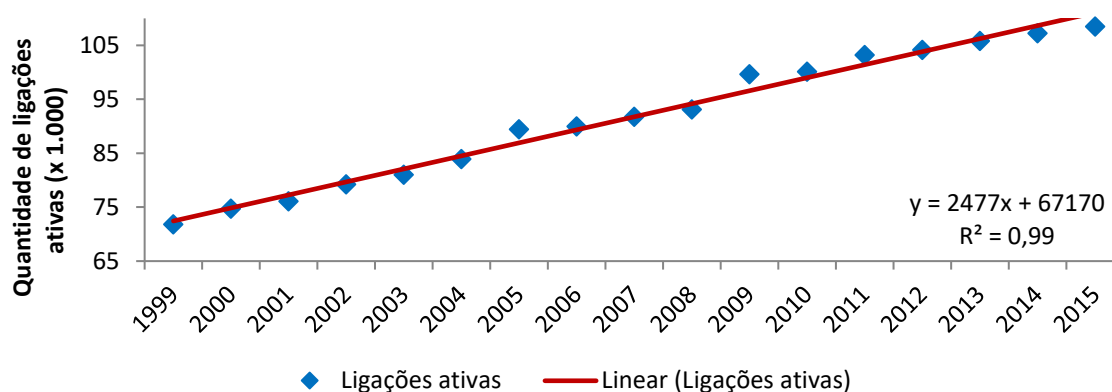
Fonte: Elaborado a partir da base de dados do SNIS (n. d.).

A partir da análise da Figura 29 é possível verificar que houve uma queda acentuada nas perdas de água na distribuição e por ligação no intervalo de 2007 e 2009. Neste período houve, respectivamente, a seguinte redução: 20% nas perdas de distribuição (*i.e.*, de 39,03 para 31,28%); 26,46% nas perdas por ligação (*i.e.*, de 479,96 para 352,98 L dia⁻¹ ligação⁻¹).

Dentre outros fatores, essas reduções podem estar associadas a ações da DAE visando à redução de perdas de água oriundas de desperdícios e fraudes em hidrômetros antigos e/ou adulterados. Nesse contexto, destaca-se que a companhia realizou, por meio de uma ação coletiva, a substituição de 1.430 hidrômetros somente em maio de 2008 (DAE, 2008a). Logo, a substituição destes dispositivos, além de ter reduzido as perdas pela falta de acurácia na hidrometração, pode também ter contribuído para ao uso mais racional da água devido a sua correta contabilização e, conseqüentemente, tarifação⁴⁸.

Verifica-se ainda que até 2006 as perdas na distribuição não teve uma variação próxima a das perdas por ligação. Tal fato pode ser melhor compreendido quando se analisa as perdas por ligação juntamente com a evolução do número de ligação ativas de água (este último, utilizado pelo SNIS como denominador para o cálculo de perdas de água por ligação). Assim, observa-se que entre 1999 e 2015 houve uma perda média na distribuição com pouca variação neste período ($32,5 \pm 1\%$), ao passo que as perdas por ligação decaíram em função do forte crescimento linear do número de ligações ativas de água⁴⁹ ($r^2 = 0,99$) (Figura 30). Após 2009, nota-se que houve novamente um equilíbrio, fato que pode estar relacionando com o aumento do volume de água produzido a partir deste ano⁵⁰.

Figura 30 – Quantidade de ligações ativas de água em Jundiá entre os anos 1999 e 2015



Fonte: Elaborado a partir da base de dados do SNIS (n. d.).

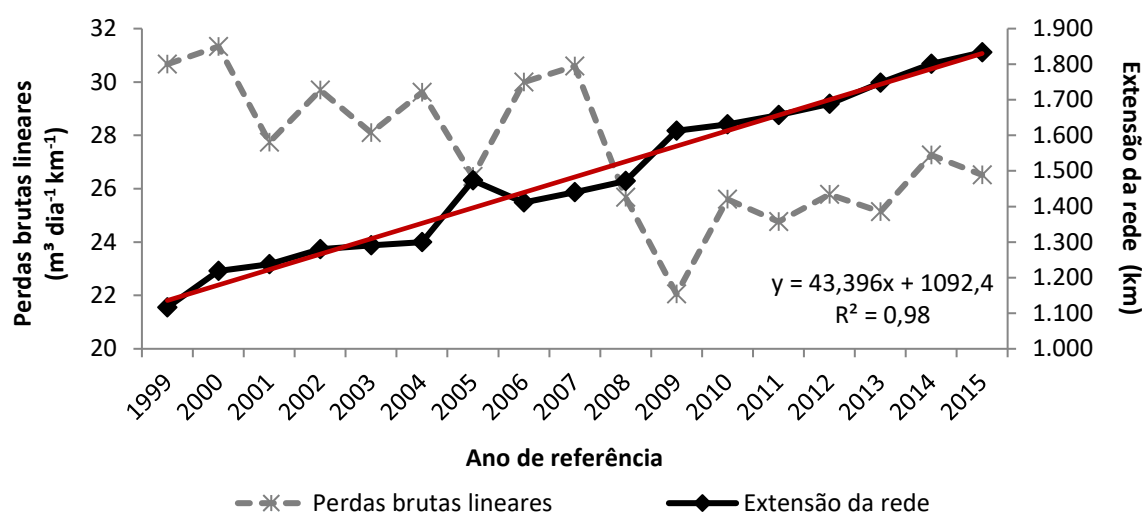
⁴⁸ Na Figura 25 pode ser observado que nesse mesmo período houve uma redução no consumo *per capita* de Jundiá, do qual foi expresso também por um ponto de inflexão no consumo entre os anos de 2005 e 2009.

⁴⁹ Elaborado a partir do indicador intitulado “quantidade de ligações ativas de água”, código SNIS AG002.

⁵⁰ Na Figura 22 pode ser observado o aumento do volume de água produzido nesse período.

Na Figura 31 são apresentados os dados relativos às perdas brutas lineares e a extensão da rede de distribuição de Jundiaí. No período analisado, a média da perda bruta linear foi de $27,47 \pm 2,56 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ km}^{-1}$, sendo a maior perda ocorrida em 2000 ($31,33 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ km}^{-1}$) e a menor em 2009 ($22,05 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ km}^{-1}$). A extensão da rede apresentou uma forte tendência de crescimento linear ($r^2 = 0,98$) somando, ao final de 2015, 1.833,44 km de extensão (um crescimento acumulado de 64% quando comparado com 1999, e uma taxa de crescimento geométrico de 3,1% a.a.).

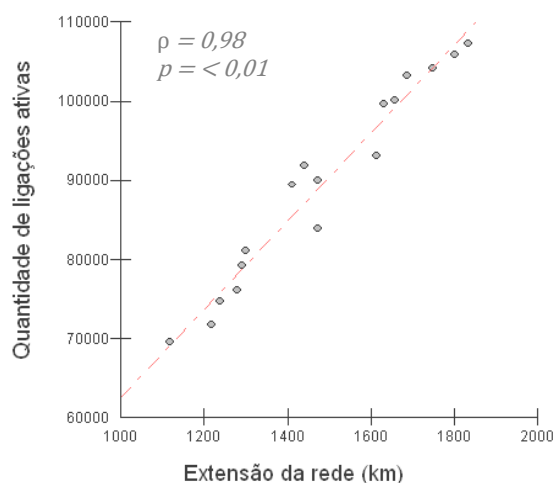
Figura 31 – Índice bruto de perdas lineares de água e extensão da rede de distribuição de água de Jundiaí entre os anos 1999 e 2015



Fonte: Elaborado a partir da base de dados do SNIS (n. d.).

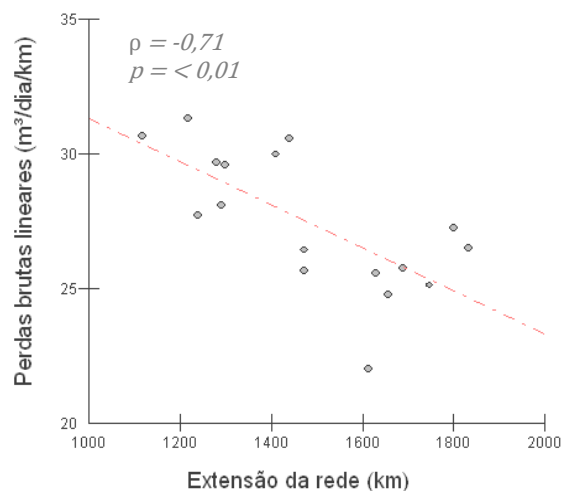
Com base nos dados apresentados na Figura 31, verifica-se que as perdas brutas lineares tiveram o mesmo padrão de variação que a quantidade de perdas por ligação (Figura 29), fato que pode ser explicado em função de ambas apresentarem o mesmo coeficiente de variação ($CV = 9\%$). Destaca-se ainda, que ambos os denominadores para o cálculo destes indicadores se mostraram diretamente correlacionados ($\rho = 0,98$; $p = < 0,01$) (Figura 32). Por outro lado, verificou-se que há uma correlação negativa entre o aumento da extensão da rede com as perdas brutas lineares ($\rho = -0,71$; $p = < 0,01$) (Figura 33).

Figura 32 – Coeficiente de correlação de Spearman entre a quantidade de ligações ativas e a extensão da rede de distribuição



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 33 – Coeficiente de correlação de Spearman entre o índice de perdas lineares e a extensão da rede de distribuição



Fonte: Resultados da pesquisa.

Do mesmo modo, a correlação entre o índice de perdas de água na distribuição com a extensão da rede de distribuição revelou uma correlação baixa entre esses indicadores ($\rho = 0,53$; $p = 0,03$). Esse resultado indica que, no período analisado, não houve um aumento destacado nas perdas de distribuição em função do aumento da rede. Verificou-se ainda que a extensão da rede de água está também diretamente correlacionada com o crescimento populacional ($\rho = 0,98$; $p = < 0,01$). Assim, a extensão da rede de distribuição mostrou-se ainda um indicador relevante na análise do crescimento e expansão do tecido urbano.

2.3.5 Discussões

2.3.5.1 Comparação das perdas de água de Jundiaí com outros municípios paulistas

A média de perda bruta linear de água no período analisado foi de $27,47 \pm 2,56 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ km}^{-1}$ em Jundiaí, valor superior ao da média de outros municípios associados a ARES-PCJ⁵¹ (i.e., $23,69 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ km}^{-1}$). O mesmo ocorre com as perdas por ligação, enquanto Jundiaí registrou uma perda de $442,08 \pm 38,22 \text{ L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$, nos municípios associados a ARES-PCJ registrou-se uma média de $321,92 \text{ L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$, uma diferença de $120,16 \text{ L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$ (ARES-PCJ, 2017).

Em relação às perdas de água na distribuição, Jundiaí apresentou uma perda média de $34,44 \pm 2,42\%$. Assim, verifica-se que houve pouca variação no período analisado, situação

⁵¹ A ARES-PCJ conta com 59 municípios associados que, juntos, somam mais de 6 milhões de habitantes. Entre os maiores municípios associados, estão às cidades de: Campinas; Sorocaba; Jundiaí; Piracicaba; Limeira; Sumaré; Americana; Araraquara; Indaiatuba; e Hortolândia (ARES-PCJ, 2017?).

expressa também pelo baixo coeficiente de variação ($CV = 7\%$). Essa perda observada foi também superior a de outros municípios paulistas com porte semelhante ao de Jundiaí, tais como: Limeira, Lins, Franca e Campinas. O mesmo ocorreu com as perdas por ligação, pois Jundiaí atingiu $411 \text{ L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$ em média, o que corresponde a 4,5 vezes mais perdas quando comparado com as perdas do município de Limeira em 2013 (*i.e.*, $98,7 \text{ L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$) (ABES, 2015; SNIS, n. d.).

2.3.5.2 Metas de redução de perdas nos sistemas de distribuição de água

Segundo consta na Deliberação CBH-PCJ nº 18 de 1994 (CBH-PCJ, 1994), à época, já era solicitado pelo CBH-PCJ, por meio da Câmara Técnica de Outorgas e Licenças (CT-OL), a redução de perdas na distribuição de água potável como um dos pré-requisitos para que o comitê submetesse ao DAEE a solicitação de ampliação da reversão de água do rio Atibaia para a BH-JM. Adicionalmente, face a criticidade hídrica, foi recomendado ainda medidas para a diminuição do consumo de água *per capita* e o reuso de água das ETAs para fins industriais.

No mesmo sentido, durante o reajuste das tarifas de água e esgoto para o exercício de 2017, foi recomendada também a DAE a ampliação de combate às perdas de água a partir de ações como: implantação de macromedidores precisos; substituição de hidrômetros com mais de 5 anos; substituição de redes antigas; e capacitação de funcionários na detecção de vazamentos (ARES-PCJ, 2017).

Em relação à substituição da rede de distribuição antiga, observa-se que há ações no município nesse sentido. Na região central da cidade houve a substituição de redes que haviam sido instaladas há mais de 40 anos. De 2013 até meados de 2015, a DAE havia substituído cerca de 70 km de redes (JJ, 2016a). Contudo, com base na série histórica utilizada (*i.e.*, até 2015), não foi possível verificar os efeitos destas substituições. No mesmo sentido, verifica-se que a DAE possui projeto de setorização com macromedidores a fim de verificar o consumo real de cada região do município (DAE, 2017c).

Apesar disso, nota-se que ações mais efetivas devem ser realizadas visando o cumprimento das metas propostas no Plano de Saneamento Básico de Jundiaí (Tabela 10). Neste Plano, a proposta é a redução de perdas de forma gradativa, de tal modo que, até 2036, as taxas cheguem a 25%. Contudo, houve pouca redução nas perdas, sendo verificado, por outro lado, um crescimento geométrico desta variável a uma taxa de 1.1% a.a. no período analisado (1999-2015).

Tabela 10 – Metas de redução de perdas de água no sistema de distribuição prevista para o horizonte 2017 a 2036 na rede operada pela DAE Jundiáí

Período de referência	Perda prevista (%)
2017-2018	38,1
2019-2021	33,0
2022-2024	30,0
2025-2027	28,0
2028-2030	27,0
2031-2033	26,0
2034-2036	25,0

Fonte: COBRAPE (2016).

No Plano das Bacias PCJ foi estabelecido uma meta que visa alcançar um percentual de perdas nos sistemas de distribuição da ordem de 25% até o ano de 2020, para todos os municípios pertencentes à bacia (COBRAPE, 2011). No entanto, verifica-se que esta meta não está alinhada com o que foi proposto no Plano de Saneamento de Jundiáí, cuja previsão é atingir perdas na ordem de 25% somente em 2036 (conforme Tabela 10 supra), 13 anos depois do estabelecido no âmbito das bacias PCJ. No estado de São Paulo, há uma perda média de 34,4%; no Brasil, 37,5% (SNIS, n. d.)⁵².

Diante dessas premissas, e considerando o volume de água produzido pelas ETAs no ano de 2015 em Jundiáí (46,9 milhões de m³ ano⁻¹), e as perdas de 37,5% incorridas no sistema de distribuição no mesmo período (SNIS, n. d.)⁵³, verifica-se que houve uma perda de água de 17,6 milhões de m³ ano⁻¹ ou 557,52 L s⁻¹. Tendo como base o preço médio de R\$ 2,18 o m³ de água praticado no município no período de 2011 a 2015 (ARES-PCJ, 2017), estima-se uma perda de R\$ 38,3 milhões ano⁻¹. Caso esse índice de perdas fosse reduzido para 25%, o volume hídrico perdido decairia para 11,7 milhões de m³ ano⁻¹ ou 371,68 L s⁻¹, representando uma perda econômica de R\$ 25,6 milhões ano⁻¹.

Logo, a redução do índice de perdas de 37,7% para 25%, considerando o volume de água produzido em 2015, resultaria em uma economia de cerca de R\$ 13 milhões ano⁻¹; da mesma forma, infere-se que esses percentuais de perdas no sistema de distribuição representam 64,8% e 43,2%, respectivamente, da vazão média de 860 L s⁻¹ das águas revertidas do rio Atibaia⁵⁴. Diante disso, a redução de perdas – e a consequente modernização do sistema de distribuição

⁵² Período de referência: média dos anos de 2010 a 2015.

⁵³ Vide Figura 22 e Figura 29.

⁵⁴ Conforme dados de vazão média disponibilizados pela ANA (2010a).

de água – poderia ainda diminuir a dependência da transposição ou mesmo contribuir para o aumento da oferta hídrica do município⁵⁵.

Evidencia-se ainda que, caso o índice de perdas fosse reduzido para 20%, o volume de perdas decairia de 557,52 L s⁻¹ para 297,35 L s⁻¹, o que resultaria em uma redução de perdas de 260,17 L s⁻¹. Essa redução revela-se próxima ao do projeto proposto pela Prefeitura Municipal de Jundiá, que visa construção de mais uma ETA integrada a um complexo de 3 novos reservatórios a fim de aumentar em 270 L s⁻¹ o volume de água tratada pelo município. Todavia, o custo deste projeto foi orçado em R\$ 300 milhões, e depende do aporte de recursos que estão sendo pleiteados no Ministério das Cidades do governo federal (PMJ, 2017d).

Nesse contexto, exemplifica-se ainda o caso do município de Poços de Caldas - MG, cuja implantação de uma Central de Controle e Operações, com a instalação de macromedidores na rede e aquisição de dados por telemetria levou a uma redução do índice de perdas de 44,6% para 41,9% (ou 2,7%) no primeiro ano de operação do sistema (Oliveira *et al.*, 2009). O custo total de implantação do sistema atingiu R\$ 577 mil em 1999⁵⁶, e a economia gerada com a redução das perdas representou R\$ 306 mil, somente no primeiro ano, o que permitiria pagar o investimento realizado em menos de dois anos (*ibid.*). Esse relato demonstra o retorno financeiro de investimentos na melhoria na rede de monitoramento, controle e manutenção da rede de distribuição de água.

Ante ao exposto, ressalta-se que a redução de perdas de água a níveis baixos não é uma tarefa de fácil execução, muito menos de curto prazo. Pelo contrário, consiste em um processo difícil, dispendioso, contínuo e de longo prazo, cuja gestão envolve 3 linhas gerais de ação: avaliação e monitoramento das perdas de água; elaboração de estratégias e planejamento técnico-econômico; e implementação de ações proativas e reativas relacionadas, principalmente, a redução de vazamentos e ligações irregulares (Al-Washali *et al.*, 2016).

⁵⁵ Nessa perspectiva, ressaltam-se os problemas ocorridos na capital da Bulgária (Sofia), onde em meados dos anos 90 o governo local propôs como solução ao déficit hídrico municipal um projeto de transposição de água. Contudo, as comunidades da bacia doadora se opuseram ao projeto, assim como grupos ambientalistas e *water experts* de Sofia; após discussões entre o governo e as partes interessadas, verificou-se que, a priori, a gestão municipal deveria centrar esforços na diminuição das altas perdas de água no sistema de distribuição existentes, bem como adotar medidas conservacionistas e de conscientização sobre o uso da água – recomendações às quais impediram o avanço do referido projeto (Clark e Wang, 2003).

⁵⁶ Destaca-se que os recursos financeiros foram obtidos por meio do Programa Pró Saneamento/Desenvolvimento Institucional, financiado pela Caixa Econômica Federal (Oliveira *et al.*, 2009). Atualmente, essa linha crédito recebe o nome de “Programa Saneamento para Todos”, e possui prazos de amortização que se estendem por até 20 anos nos projetos voltados ao Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário e Manejo de Águas Pluviais e Saneamento Integrado (Caixa, 2017?).

2.3.5.3 Perdas aparentes de água na hidrometração

Dados levantados pela Agência Reguladora das bacias PCJ (ARES-PCJ) identificou ações que podem contribuir com a redução das perdas de água e melhoria da rede de distribuição em Jundiaí, tais como: programa de trocas e aferição de hidrômetros; pesquisas de vazamentos e redução de pressão na rede; e ensaios de recebimento de novas redes (ARES-PCJ, 2014). Outras ações são apresentadas por ABES (2015), tais como: agilidade no reparo de vazamentos; melhoria do controle operacional; redução de extravasamentos; rezoneamento piezométrico; combate a fraudes na hidrometração; dentre outros.

Nesse contexto, Plessis e Hoffman (2015) discorrem da importância do uso hidrômetros eficientes, uma vez que este dispositivo representa um componente fundamental do sistema de distribuição, sendo responsável direto pela sustentabilidade de todos os serviços relacionados à oferta de água pelos municípios. Sampaio (2013) considera ainda que os hidrômetros representam um fator chave e de maior relevância nas ações de saneamento, uma vez que a hidrometração é, na realidade, um importante instrumento de gestão do consumo; logo, fundamental para redução de perdas e desperdícios.

Um estudo desenvolvido por Van den Berg (2014) apontou que as companhias de saneamento que registram as maiores perdas de água tendem a ter níveis mais baixos de hidrometração, quando comparado com as que possuem as menores perdas. Contudo, cabe destacar que, como qualquer dispositivo de medição, o hidrômetro não é capaz de registrar com exatidão a água consumida pelo munícipe (Arregui *et al.*, 2005), situação que ocasiona, por exemplo, uma quantidade significativa de perdas aparente decorrentes da submedição de água pelos hidrômetros (Fontanazza *et al.*, 2013).

Em Jundiaí, o DAE informou a ARES-PCJ que a idade média dos hidrômetros do município é de 5 anos (ARES-PCJ, 2014); valor superior ao da rede operada pela SABESP, cuja média é de 4,3 anos (SP, 2010). Em 2008, durante um programa de substituição de hidrômetros, a DAE identificou mais de 50 hidrômetros no município com idades superiores a 20 anos, dos quais ainda estavam em operação (DAE, 2008a).

Assim, embora Jundiaí possua um índice de hidrometração de 100% (COBRAPE, 2016), a idade média dos hidrômetros do município pode ser considerada relativamente alta, dado que há uma recomendação que as companhias de saneamento substituam este dispositivo em um

período não superior a 5 anos⁵⁷, conforme determinado nas especificações técnicas estabelecidas pela Portaria nº 246/2000 do INMETRO⁵⁸ (Brasil, 2000b). Contudo, dados da DAE apontam que ações estão sendo feitas, uma vez que está previsto a substituição de 20 mil hidrômetros no município até 2018 (DAE, 2017a). Tais substituições representam 18,4% das ligações ativas micromedidas existentes no município em 2015 (*i.e.*, 108.474) (SNIS, n. d.).

Não obstante ao tempo médio de uso dos hidrômetros de Jundiaí, a DAE apresenta ações de aferição dos hidrômetros do município, dispondo, inclusive, de laboratório (bancada de aferição) verificado anualmente pelo Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo (IPEM-SP) e certificado também pelo INMETRO. Nesse sentido, a DAE destaca ainda que há uma rotina de testes dos hidrômetros novos e usados (neste último caso, quando solicitado pelo município) (DAE, 2017i).

2.3.5.4 Fatores socioeconômicos relacionados à redução de perdas

Dado a abrangência de fatores que envolvem o controle das perdas de água, seja de origem física ou aparente, há de se considerar também a perda de água resultante de ocupações irregulares. Estas perdas ultrapassam o limite de competência das companhias de saneamento, e devem ser analisadas em uma perspectiva social e cultural (Arregui *et al.*, 2012). Por conseguinte, deve envolver também a participação das Prefeituras Municipais, responsáveis diretamente pelo parcelamento do uso do solo e reassentamento de comunidades irregulares (ABES, 2015).

Dados da Fundação Municipal de Ação Social de Jundiaí (FUMAS) apontam que o município apresentava 7.047 domicílios localizados em assentamentos precários em 2015 (*e.g.*, favelas, cortiços, loteamentos irregulares e áreas invadidas), localizados em bairros como: Jardim São Camilo; Vila Ana; Jardim Novo Horizonte; Jardim Vitória; Jardim Sales; Fazenda Grande; Santa Gertrudes; dentre outros. À época, tal situação ocasionava um déficit habitacional de 12.627 domicílios ao município (PMJ, 2017c).

Contudo, ações nem sempre podem ser feitas nessas áreas por razões humanitárias, de tal modo que o desligamento de eventuais ligações clandestinas pode gerar maiores transtornos a saúde pública do que benefícios diretos à companhia de saneamento. No entanto, tais denotam uma maior atenção devido aos transtornos gerados ao operador, tais como: desperdícios devido

⁵⁷ Nesse sentido, destaca-se o contrato 050/2017 do DAE, o qual destina recursos financeiros para a substituição de 20.000 hidrômetros em Jundiaí (DAE, 2017h). Este contrato reflete, assim, a necessidade de substituição destes dispositivos no município.

⁵⁸ Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

à falta de cobrança; despressurização da rede; ligações clandestinas que geram pontos de contaminação na rede; dificuldade de mensuração das perdas; dentre outros fatores (ABES, 2015).

Nesse contexto, destacam-se as ações realizadas pela Prefeitura Municipal de Jundiaí visando à regularização fundiária, de interesse social, por meio do programa federal Pró-Moradia. No bairro Vila Esperança, tais ações se iniciaram em 1994 e foram concluídas somente em 2015 (21 anos depois), onde foram construídas 102 casas e um centro comunitário durante o processo de reurbanização (PMJ, 2016c).

Ações correlatas a fim de conter os loteamentos irregulares são desenvolvidas pela unidade de Gestão de Planejamento Urbano e Meio Ambiente de Jundiaí (UGPUMA). Esta unidade possui projetos diretamente relacionados com a comunidade, como a divulgação de uma cartilha informativa para a população sobre os benefícios da regularização fundiária (PMJ, 2017a). Desse modo, além dos inúmeros benefícios sociais decorrentes do processo de reurbanização, tais ações contribuem ainda para uma melhor operacionalização de programas de redução de perdas de água no sistema de distribuição que, conseqüentemente, contribuem ainda para o uso racional da água.

2.3.6 Considerações parciais

Com base nos objetivos propostos e resultados obtidos neste tópico, as seguintes considerações podem ser feitas em relação às perdas de água de Jundiaí:

- As perdas de água na distribuição apresentaram pouca variação no período analisado ($34,44 \pm 2,42\%$; $CV=0,7$), ficando próxima a média do Estado (34,4%) e pouco abaixo da média nacional (37,5%). Contudo, a perda observada foi superior a de outros municípios paulistas com porte semelhante ao de Jundiaí;
- A quantidade de ligações ativas de água cresceu de forma linear no período analisado, chegando a quase 110 mil ligações em 2015, um crescimento acumulado de mais de 50% quando comparado com a quantidade de ligações de 1999;
- A extensão da rede de água mostrou-se diretamente correlacionada com o crescimento populacional ($\rho = 0,98$; $p = < 0,01$), fato do qual reflete o crescimento e expansão do tecido urbano de Jundiaí;
- Houve uma baixa correlação entre perdas de água com a extensão da rede de distribuição ($\rho = 0,53$; $p = 0,03$). Logo, não foi verificado se houve um aumento nas perdas de distribuição em função do aumento da rede;

- A média de perda bruta linear ($\text{m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ km}^{-1}$) e as perdas por ligação ($\text{L dia}^{-1} \text{ ligação}^{-1}$) de Jundiáí se mostraram superiores ao da média de outros municípios associados a ARES-PCJ;
- As metas de redução de perdas do Plano de Saneamento Básico de Jundiáí possuem uma defasagem de 13 anos quando comparado com as metas do Plano das Bacias PCJ. Nas bacias PCJ a proposta é uma redução gradativa a taxas de 25% até 2020, ao passo que em Jundiáí esta previsão é somente para 2036;
- Entre 2007 e 2009 houve uma redução de perdas de água no município, fato que pode estar relacionado com a substituição de hidrômetros antigos ocorrida neste período, que pode ter contribuído com as perdas aparentes de água;
- A idade média dos hidrômetros de Jundiáí em 2014 pode ser considerada relativamente alta (média de 5 anos), fato que pode comprometer a acurácia da hidrometração e, conseqüentemente, aumentar as perdas aparentes de água no município;
- Considerando o volume de água produzido e respectivas perdas de 2015, a redução do índice de perdas de 37,7% para 25% resultaria em uma economia de cerca de R\$ 13 milhões ano⁻¹. Verificou-se ainda que o volume de água perdido no referido ano representou 64,8% do volume médio da transposição de 860 L s^{-1} , refletindo uma insustentabilidade do sistema. Consoante, caso o índice de perdas fosse reduzido para 20%, o volume não perdido de $260,17 \text{ L s}^{-1}$ estaria próximo ao incremento de 270 L s^{-1} propostos pela PMJ a um custo de R\$ 300 milhões;
- As perdas de água de origem física e/ou aparente devem ser analisadas em um contexto amplo no município, uma vez que envolvem também fatores socioeconômicos, principalmente aqueles relacionados a ocupações irregulares. Dessa forma, ações de redução de perdas deve envolver a participação integrada de outros agentes públicos, a fim de solucionar problemas dessa natureza.

2.4 Transposição de água

2.4.1 Contextualização

O conceito de transposição de águas entre bacias tem se modificado ao longo do tempo, mas, em linhas gerais, pode ser entendido como um conjunto de medidas alternativas para suprir a demanda de água em regiões com menor disponibilidade hídrica (Meador, 1992). Tais medidas podem ser consideradas uma solução de engenharia visando atender as crescentes demandas de água para consumo humano, desenvolvimento econômico, produção de alimentos

e redução da pobreza (Tockner *et al.*, 2016). A transposição de água tem sido utilizada ainda para o incremento da vazão de reservatórios utilizados para a geração hidrelétrica (Quinn, 1981; Andrade *et al.*, 2011), assim como para a reabilitação de cursos d'água em áreas naturais com atividades recreacionais e paisagísticas (Akron *et al.*, 2017).

Problemas relacionados à transposição de águas entre bacias podem ocasionar um quadro complexo e, por vezes, controverso, que são intensificados quando são considerados em sua concepção fatores como: crescimento demográfico; mudanças climáticas; deterioração dos ecossistemas; perdas de oportunidades das bacias doadoras; dentre outros (Grant *et al.*, 2012; Hernández-Mora *et al.*, 2014).

À vista disso, a transposição de águas tem sido objeto de debates e conflitos no âmbito da gestão dos recursos hídricos, envolvendo resoluções complexas devido ao fato da transferência de água causar perdas e danos tanto na bacia doadora quanto na bacia receptora (Yevjevich, 2001; Tockner *et al.*, 2016). Em projetos de transposição, principalmente os de grande escala, evidencia-se ainda a complexidade envolvida na mensuração dos impactos a nível econômico, social e ambiental (Tockner *et al.*, 2016), bem como nos processos relacionados aos aspectos jurídico-normativos (Thomson, 2015).

Nesse contexto, evidencia-se ainda uma maior abrangência de estudos relacionados à transposição de água em projetos de grande escala, em contraponto aos projetos de pequena escala⁵⁹. No que tange os projetos de grande escala, enumeram-se estudos como: Wilson *et al.* (2017) que avaliaram, em uma perspectiva de sustentabilidade, o projeto *China's South-North Water Transfer*, cujo potencial de transferência de água será de até 44,8 km³ ano⁻¹ entre bacias do país; Bourblanc e Blanchon (2014) que avaliaram o contexto historiográfico e geopolítico da gestão dos sistemas de transposição existentes na África do Sul, cujo sistema reverte 4 km³ ano⁻¹ ou 40% do volume consumido no país; Andrade *et al.* (2011) que realizaram uma análise

⁵⁹ Essa situação pode ser ilustrada a partir da consulta na base de periódicos CAPES, cuja pesquisa com as palavras-chave “*interbasin water transfer*” + “*small-scale*” retorna 187 artigos, já com a substituição de “*small-scale*” por “*large-scale*” os resultados são ampliados para 653 artigos. Na base de dados do *Google Scholar*, utilizando os mesmos critérios, os resultados são similares, resultando em 219 e 662 artigos, respectivamente. Contudo, refinando-se a pesquisa por meio da análise dos resultados, verifica-se que grande parte dos resultados não tratam, especificamente, de projetos de pequena escala. Evidencia-se, ainda, a ausência de classificações na literatura nesse sentido, uma vez que a magnitude da transposição está atrelada a perspectiva e realidade de cada país. Contudo, Quinn (1981) nos anos 80, visando estabelecer critérios para o inventário canadense sobre transposição de águas, definiu como transposição somente os casos em que a transferência de água envolvesse a distância mínima de 24 km entre as bacias doadora e receptora, a água não retornasse a bacia de origem, bem como tivesse uma vazão transposta mínima de 0,7 m³ s⁻¹; o intuito do autor foi justamente eliminar pequenas e localizadas transposições. Posteriormente, Davies *et al.* (1992) argumentaram contrariamente a essa definição, sendo ressaltados pelos autores que a transposição não pode ser definida tendo como base somente os componentes de distância e vazão, uma vez que: os volumes de transferência podem variar sazonalmente; os volumes transferidos variam temporalmente e espacialmente; o volume transferido não considera a vazão da bacia receptora; o volume transposto pode ocorrer de forma contínua, intermitente ou pulsada.

crítica dos projetos de transposição do rio Paraíba do Sul ($160 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), do Sistema Cantareira ($33 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e do rio São Francisco ($127 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ - em implantação), comparando-os com os existentes nos Estados Unidos (*Colorado-Big Thompson Project*, $15,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e Austrália (*Snowy Mountains Hydroelectric Scheme*, $322,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

Ainda nessa perspectiva, o último *workshop* internacional realizado pela UNESCO sobre transposição de água entre bacias é possível verificar também o maior enfoque em estudos relacionados a projetos de grande escala (executados, em execução ou cancelados) na perspectiva de diferentes países, dos quais: África do Sul; Alemanha; Austrália; Bangladesh; Espanha; Estados Unidos; Finlândia; Índia; e Rússia (UNESCO, 1999). O mesmo ocorre em estudos de caso específicos sobre o assunto (Ghassemi e White, 2007). De acordo com observações de Slabbert (2007), a magnitude da transposição está relacionada, naturalmente, com o aumento da complexidade e consequentes discussões dos projetos – situação que pode explicitar uma maior ênfase e notoriedade em estudos de transposição de grande escala.

Contudo, a transposição de águas em pequena escala (*i.e.*, que envolvem microbacias e menores volumes e distâncias), notadamente àquelas localizadas em regiões densamente ocupadas e industrializadas, denota também a necessidade de estudos específicos. Tal necessidade se reside nas incertezas, riscos e impactos que este processo pode ocasionar, bem como em função dos variados atores envolvidos. Especificamente em Jundiaí, a transposição de água entre a bacia do rio Atibaia e a BH-JM vem sendo utilizada com o propósito de reforçar o sistema produtor de água do município, sobretudo nos períodos de estiagem (COBRAPE, 2016).

A necessidade deste reforço foi identificada ainda nos 60, em função do destacado crescimento populacional e industrial que o município vivenciava. Assim, em 1975, foi autorizada pelo governo do Estado a reversão das águas do rio Atibaia para a BH-JM (DAE, 2016?-b). Nessa época, os projetos de transposição em geral pouco consideravam os aspectos socioeconômicos e ambientais envolvidos no processo, mesmo em países desenvolvidos (Quinn, 1981; Ghassemi e White, 2007). Na atualidade, Hernández-Mora *et al.* (2014) e Kibiiy e Ndambuki (2015) discorrem que, embora tais aspectos ainda sejam considerados em projetos de transposição, a decisão final assenta-se, em grande parte, no interesse político das administrações e de setores econômicos organizados.

Diante do exposto, neste tópico é apresentado o indicador “transposição de água”, cujo propósito versou na discussão sobre o volume de água revertido, bem como na análise da dependência de águas entre bacias para a regularização da vazão do rio Jundiaí-Mirim, considerando o cenário hídrico regional. Do mesmo modo, são apresentados ainda os principais

impactos aparentes ocasionados pela transposição na BH-JM, bem como as implicações da transposição na conjuntura jurídico-político e socioeconômica das bacias PCJ.

2.4.2 Caracterização do sistema de transposição de águas de Jundiaí

As águas do rio Atibaia são captadas na altura do município de Itatiba, nas proximidades do km 95,4 da rodovia Dom Pedro I, e são revertidas⁶⁰ por bombeamento para a BH-JM por meio de 2 adutoras (uma de 700 mm e outra com 1.200 mm de diâmetro). Estas adutoras perfazem 11 km de extensão e passam sob a rodovia Dom Pedro I e pela estrada do Pinheirinho, até sua desembocadura na BH-JM (DAE, 2014?). O lançamento da água revertida ocorre na região das cabeceiras da bacia, ainda em Jarinu, no bairro Pitangal, em um afluente de nome homônimo ao bairro (DAEE, 2006; Moraes, 2006).

A captação máxima outorgada do rio Atibaia é de até 1.200 L s⁻¹ (IRRIGART, 2005; DAEE, 2017b), com média de 860 L s⁻¹ (ANA, 2010a), sendo esta última equivalente a mais que o dobro da vazão natural do rio Jundiaí-Mirim, cuja ordem é de 350-400 L s⁻¹ (Moraes, 2003; DAE, 2016?-b). Contudo, estudos recentes realizados por Moraes (2016a) retratam que o rio Jundiaí-Mirim vem descarregando, no reservatório de acumulação de Jundiaí, uma vazão estimada de 400 L s⁻¹ a 1.700 L s⁻¹, variando conforme o período seco e úmido, bem como em decorrência de estar ocorrendo ou não a reversão das águas do rio Atibaia para a BH-JM.

2.4.3 Método

O desenvolvimento metodológico do indicador “transposição de água” se deu por meio de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e levantamento de campo, onde:

- Pesquisa bibliográfica: desenvolvida, principalmente, a partir da consulta nas seguintes fontes: sítio de internet da DAE Jundiaí; Plano Municipal de Saneamento Básico de Água e Esgoto de Jundiaí (COBRAPE, 2016); e Diagnóstico Agroambiental para Gestão e Monitoramento da bacia do rio Jundiaí-Mirim (Moraes, 2003; Moraes, 2016a);
- Pesquisa documental: realizada tendo como cerne a consulta das Portarias de outorga de reversão de água do rio Atibaia para a BH-JM (DAEE, 2006; DAEE, 2017b), bem como a partir da análise de dados da vazão revertida no ano de 2014 (MPSP, 2014). Ademais, foram

⁶⁰ No contexto das bacias PCJ, ocorre ainda a reversão de 100 L s⁻¹ de água do rio Camanducaia (afluente do rio Jaguari) para a bacia do rio Mogi-Guaçu (não pertencente às bacias PCJ), captadas pelo município paulista de Serra Negra (COBRAPE, 2010).

utilizadas reportagens jornalísticas e registros fotográficos da paisagem local como fonte de documentos de primeira mão, a fim de subsidiar as discussões;

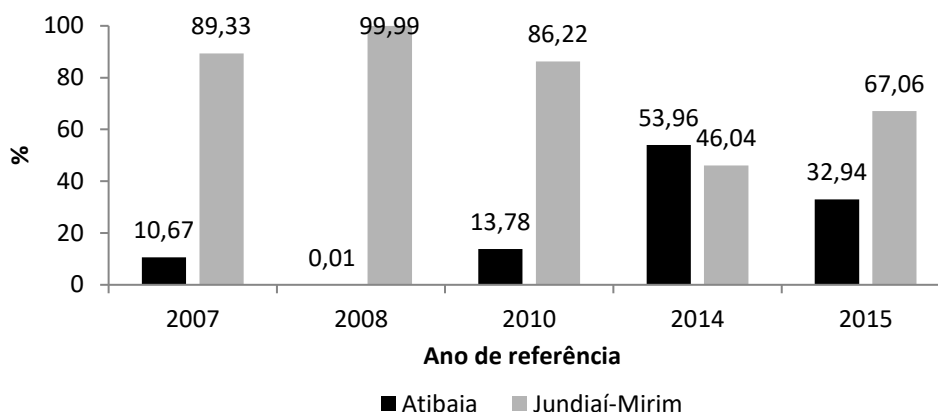
- Levantamento de campo: desenvolvido a partir de visitas *in situ* na BH-JM em agosto de 2013 (sem influência da transposição) e durante setembro de 2014 (sob influência da transposição)⁶¹; visitas das quais visaram propiciar, dentre outros fatores, um melhor entendimento observacional dos fenômenos ocasionados pela transposição. Neste processo, utilizou-se também, como subsídio para as discussões, os estudos já desenvolvidos sobre a análise da paisagem realizados na BH-JM (Machado *et al.*, 2014; Medeiros *et al.*, 2016).

2.4.4 Resultados

2.4.4.1 Representatividade e volume de água revertido do rio Atibaia para a BH-JM

Na Figura 34 é apresentada a representatividade das águas do rio Atibaia (via transposição) e do rio Jundiá-Mirim no sistema de abastecimento público de Jundiá nos anos de 2007, 2008, 2010, 2014 e 2015. A partir desta ilustração é possível observar que nos anos de 2007, 2008 e 2010 as águas do rio Atibaia apresentaram as menores contribuições como fonte de consumo do município, sendo que em 2008 atingiu o seu mínimo (0,01%). No ano de 2014 houve um significativo aumento do volume transposto, de tal modo que as águas do rio Atibaia representaram 53,96% do total utilizado por Jundiá; já no ano de 2015 houve uma redução da transposição, embora esta ainda tenha sido superior aos anos anteriores a 2014.

Figura 34 – Representatividade dos rios Atibaia (via transposição) e Jundiá-Mirim como fonte no sistema de abastecimento público de Jundiá



Fonte: Reproduzido de COBRAPE (2016).

⁶¹ Pesquisa de campo realizada no escopo dos estudos desenvolvidos por Ribeiro e Medeiros (2013) e Ribeiro e Medeiros (2014), cujo autor desta tese atuou como membro organizador das referidas obras, assim como autor (ou coautor) de parte dos estudos diagnósticos realizados na referida bacia.

Nesse contexto, destaca-se a forte estiagem ocorrida entre o final de 2013 e durante 2014 onde, dos 1.600 L s⁻¹ de água consumidos por Jundiaí, cerca de 1.200 L s⁻¹ foram oriundos do rio Atibaia durante 12 meses consecutivos, representando 80% da água consumida por Jundiaí nesse período (PROEMPI, 2014). Durante os meses de janeiro a setembro de 2015, do mesmo modo, foi necessário o reforço ininterrupto das águas do rio Atibaia (COBRAPE, 2016).

Na Tabela 11 é apresentado o volume de água efetivamente revertido durante os seis primeiros meses de 2014, cuja vazão média neste período foi de 1.105,88±149 L s⁻¹, valor superior aos 860 L s⁻¹ registrado pelo Atlas Brasil tendo como referência anos anteriores a 2010 (ANA, 2010a)⁶².

Tabela 11 – Volume mensal e vazão média de água revertida do rio Atibaia para a BH-JM nos seis primeiros meses de 2014

Mês (2014)	Volume mensal (m ³)	Vazão média (L s ⁻¹)
Janeiro	2.161.072	806,85
Fevereiro	2.682.720	1.108,90
Março	3.137.870	1.171,50
Abril	3.068.810	1.184,00
Maio	3.197.630	1.194,00
Junho	3.033.630	1.170,00
\bar{x}	2.880.289	1.105,88
S	395.579	149,47
\bar{x} = média; S = desvio padrão.		

Fonte: Elaborado a partir de dados da DAE Jundiaí fornecidos ao Ministério Público do Estado de São Paulo (MPSP, 2014).

Considerando os dados de vazão levantados por Moraes (2016a), este aporte médio representa quase 6 vezes a vazão mínima observada no rio Jundiaí-Mirim, tendo como base o registro de 19 de novembro de 2015 (*i.e.*, 200 L s⁻¹). Por outro lado, a vazão máxima do rio Jundiaí-Mirim chega a 2.230 L s⁻¹, conforme registro de 8 de março de 2016 (*ibid.*). Assim, observa-se uma variação acima de 1.000% entre a vazão mínima e máxima do rio Jundiaí-Mirim, fato ocasionado pelas variações das estações secas e chuvosas, assim como decorrentes pelo aporte artificial da água revertida do rio Atibaia.

2.4.4.2 Região de lançamento e impactos ambientais aparentes da transposição

O lançamento das águas do rio Atibaia na BH-JM ocorre na região do divisor de águas entre estas duas bacias. Ao chegar neste divisor, à tubulação adentra-se ainda cerca de 280

⁶² O Atlas Brasil de abastecimento de água foi elaborado pela ANA tendo como referência dados coletados entre os anos de 2007 a 2009 (ANA, 2010a).

metros no subsolo da BH-JM, saindo da cota de 870 metros de elevação até ser lançado na cota de 840 metros, resultando em um desnível de 30 metros. Na Figura 35 é apresentada a paisagem que circunda o ponto de lançamento (em destaque) da água revertida do rio Atibaia para a BH-JM, durante o período sem transposição. Na Figura 36 é possível visualizar o ponto de lançamento da água revertida durante a transposição, cujas águas escoam por uma escada de dissipação até alcançar o leito natural de um pequeno afluente do rio Jundiaí-Mirim. Em ambas as Figuras é possível observar o predomínio de atividades agropecuárias no entorno (em destaque: pastagens; eucalipto; e preparo do solo para plantio sem adoção de práticas conservacionistas – *e.g.*, plantio em nível).

Figura 35 – Região de lançamento da água revertida do rio Atibaia para a BH-JM e uso da terra no entorno durante o período sem transposição



Fonte: Acervo pessoal.
Data da imagem: 19 Agosto de 2013.
Coordenadas UTM: 318.379.05 E/7.444.220.70 S

Figura 36 – Ponto de lançamento (escada de dissipação) da água revertida do rio Atibaia para a BH-JM durante o período de transposição



Fonte: Acervo pessoal.
Data da imagem: 24 Setembro de 2014.
Coordenadas UTM: 318.408.00 E/7.444.300.00 S

Na Figura 37 é possível visualizar alguns impactos aparentes da transposição, como a alteração na coloração da água e a formação de bancos de areia no leito do rio Jundiaí-Mirim, indicando a perda de solo e a formação de áreas assoreadas, respectivamente. Nota-se, ainda, a presença de cobertura vegetal exótica composta por gramíneas, bambuzais e árvores ornamentais. Na Figura 38 é possível visualizar um processo de solapamento das margens agravado, sobretudo, em decorrência do aumento artificial da vazão do rio Jundiaí-Mirim durante a reversão de água do rio Atibaia. Ambas as imagens representam a região central da BH-JM, onde é possível verificar pouca presença de mata ciliar nativa na formação da paisagem (Freitas *et al.*, 2013).

Figura 37 – Ausência de mata ciliar, espécies vegetativas exóticas e assoreamento do rio Jundiáí-Mirim durante a transposição na região central da bacia



Fonte: Acervo pessoal.
Data da imagem: 03 Setembro de 2014.
Coordenadas UTM: 313.388.13E / 7.438.902.25S

Figura 38 – Solopamento das margens em decorrência do aumento da vazão durante o período de transposição na região central da bacia



Fonte: Acervo pessoal.
Data da imagem: 03 Setembro de 2014.
Coordenadas UTM: 313.362.67 E / 7.438.895.27 S

2.4.5 Discussões

2.4.5.1 Implicações técnico-políticas da transposição no contexto regional

O Plano das Bacias PCJ (2010 - 2020) tratam a transposição de águas do rio Atibaia para a BH-JM como questão estratégica para gestão, sendo recomendada sua ampliação visando o aumento da oferta hídrica em Jundiáí. Especificamente, há a proposição do incremento da água revertida do rio Atibaia para a BH-JM dos atuais 1.200 L s^{-1} para 1.700 L s^{-1} , visando atender não só Jundiáí, mas também os municípios contíguos de Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista (COBRAPE, 2010; COBRAPE, 2011).

Para Várzea Paulista, inclusive, há um protocolo de intenções firmado entre a DAE Jundiáí e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) (empresa de saneamento de Várzea Paulista), assinado em julho de 2011. Neste protocolo está previsto o fornecimento de 60 L s^{-1} (130 mil m^3 por mês), vazão que representava cerca de 5% do que era produzido à época por Jundiáí (*i.e.*, $3,2 \text{ milhões m}^3$ por mês) (DAE, 2011).

Entretanto, dentre outras implicações, deve ser destacado que a ampliação desta oferta, via reversão, está condicionada ao volume disponibilizado ao Sistema Cantareira, uma vez que a disponibilidade hídrica é influenciada pela situação deste Sistema (COBRAPE, 2010). O mesmo ocorre para os demais usuários, principalmente aqueles localizados ao longo do rio

Atibaia, uma vez que os formadores deste último são represados para atender parte da demanda hídrica da RMSP.

Dado ao estresse hídrico das bacias PCJ, agravados pela variabilidade climática que reduziu o volume de chuvas na região, houve ainda o adiamento na renovação da outorga do Sistema Cantareira, que venceria em 2014, sendo prorrogado em duas ocasiões devido à necessidade de uma maior discussão acerca do tema entre os variados atores envolvidos (CBH-PCJ, 2015; ANA, 2016?). As condições de operação deste Sistema foram concluídas somente em maio de 2017, sendo outorgado a SABESP reverter, nos limites máximos médios mensais, até $33 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na faixa 1, e até $15,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na faixa 5⁶³. Para o rio Atibaia, que atua como afluente artificial e estratégico da BH-JM via transposição, a vazão de descarga mínima instantânea a jusante dos reservatórios Cachoeira/Atibainha foram estabelecidas em $0,25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (DAEE, 2017a).

Face ao exposto, verifica-se que a bacia doadora de água para Jundiaí também apresenta uma alta demanda de água. Comumente, verifica-se na literatura que nos projetos de transposição a bacia doadora apresenta um quadro hídrico favorável e que, dado a essa característica, a torna hábil para fornecer o excedente para outras bacias. Exemplifica-se, nesse sentido, o contexto espanhol, cujos projetos de transposição se alicerçam em 2 critérios principais: a bacia receptora deve apresentar um déficit hídrico estrutural incapaz de atender a sua atual e futura demanda; e a bacia doadora deve possuir um excedente hídrico que pode ser transferido, considerando também a sua atual e futura demanda (Hernández-Mora *et al.*, 2014).

2.4.5.2 Regime de outorga da transposição e suas implicações para Jundiaí

A primeira solicitação de transposição de água do rio Atibaia para a BH-JM remota à década de 70, onde o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), autarquia do governo do estado de São Paulo, concedeu a DAE Jundiaí a reversão de 700 L s^{-1} . Contudo, já na década de 80 fez-se necessário uma nova solicitação visando o incremento de 500 L s^{-1} ao sistema, o que totalizou um volume outorgado de 1.200 L s^{-1} (DAE, 2016?-a).

Visando o uso múltiplo das águas, na década seguinte esse regime de outorga foi discutido no âmbito do CBH-PCJ a pedido do DAEE. Essa discussão culminou na promulgação da Deliberação nº 18 de 21 de dezembro de 1994, da qual à época reconheceu a dependência da reversão de águas da bacia do rio Atibaia para a BH-JM, tendo em vista a inexistência, na bacia

⁶³ O Sistema Cantareira é operado em 5 faixas, de acordo com o volume útil acumulado, dos quais: faixa 1 (normal); faixa 2 (atenção); faixa 3 (alerta); faixa 4 (restrição); e faixa 5 (especial) (DAEE, 2017a).

do rio Jundiáí, de mananciais com potencial hídrico suficiente para atender a demanda de Jundiáí e cidades circunvizinhas (CBH-PCJ, 1994).

A outorga de captação de água no rio Atibaia e a respectiva outorga de lançamento das águas na BH-JM, bem como os demais requisitos para sua manutenção, foram emitidas pelo DAEE por meio da Portaria DAEE nº 432 de 14 de março de 2006 (DAEE, 2006). De acordo com essa Portaria, a reversão de 1.200 L s^{-1} (ou $4.320 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$) pode ser realizada ao longo de todo o ano, salvo disposições ou adequações contrárias dos sistemas outorgados, durante um período de 10 anos, renováveis. A última renovação se deu pela Portaria DAEE nº 572 de 22 de fevereiro de 2017, não sofrendo alterações acerca do volume anteriormente já outorgado (DAEE, 2017b).

Uma situação a ser observada é que a outorga da água (enquanto direito de uso via concessão administrativa) está condicionada ao cumprimento pelo outorgado dos termos firmados nas referidas Portarias. Ainda, deve ser observada a disponibilidade hídrica a nível regional, uma vez que o volume outorgado pode ser revisto e/ou sofrer adequações tendo como preceito o uso múltiplo deste recurso estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997) e pelo Plano das Bacias PCJ⁶⁴ (COBRAPE, 2010), bem como por resoluções criadas a fim de atender demandas e situações específicas.

Nesse contexto, destaca-se a Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 50 de 21 de janeiro de 2015 (ANA/DAEE, 2015) que, em função da crise hídrica em curso no período da sua promulgação, estabeleceu regras e restrições de uso dos recursos hídricos dos rios Jaguari, Camanducaia e Atibaia. O prazo de validade desta Resolução foi de caráter indeterminado e aplicável quando o volume útil dos reservatórios do Sistema Cantareira estivesse abaixo de 5%.

Assim, foram definidos dois estados de vazão, conforme as situações apresentadas no Quadro 14:

Quadro 14 – Critérios de restrição de uso para captação de água superficial no rio Atibaia (porção Alta e Baixa)

Estado	Bacia	Vazões de referência ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Restrição de uso
Alerta	Alto Atibaia	< 5,0 e > 4,0	<ul style="list-style-type: none"> Não haverá restrição de uso para captação de água e o usuário de recursos hídricos deverá ficar atento para eventuais alterações do respectivo Estado de Vazões.
	Baixo Atibaia	< 5 e > 3,5	

(continua)

⁶⁴ Este Plano foi elaborado tendo em vista, prioritariamente, o atendimento ao abastecimento público (COBRAPE, 2010).

Restrição	Alto Atibaia	$\leq 4,0$	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de 20% do volume diário outorgado para as captações de água para o consumo humano ou dessedentação animal; • Redução de 30% do volume diário outorgado para captações de água para uso industrial e irrigação; • Paralisação dos demais usos, exceto usos não consutivos.
	Baixo Atibaia	$\leq 3,5$	
Obs.: Excluem-se da restrição os usos para abastecimento público outorgado pela Portaria DAEE nº 1213/04.			
<i>(conclusão)</i>			

Fonte: Elaborado a partir de dados da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 50/2015 (ANA/DAEE, 2015).

Com base nesses preceitos técnico-legais, o baixo Atibaia foi classificado como “estado de restrição” em agosto de 2015, uma vez que foi registrada uma vazão média de apenas $3,24 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Consórcio-PCJ, 2015), vazão expressivamente inferior a sua $Q_{95\%}$, de $13,57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ou sua $Q_{7,10}$ de $9,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (IRRIGART, 2005). Logo, com base nos critérios de restrições estabelecidos pela ANA e DAEE (ANA/DAEE, 2015), tornou-se necessário o órgão gestor estadual (DAEE) aplicar sanções restritivas à bacia, conforme critérios apresentados no Quadro 14 supracitado.

Dado a essa conjuntura, as restrições de captação no rio Atibaia refletiram em Jundiaí, uma vez que o município recebe as águas deste rio via reversão e, conseqüentemente, ficou sujeita às restrições – situação que foi amplamente noticiada ao público pela mídia regional do município (Jornal-Jundiaí, 2015; Rádio-Cidade, 2015; Tem-Notícias, 2015). Culminou, inclusive, na mobilização do setor industrial para discutir a questão durante um encontro promovido pelo Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (CIESP/Jundiaí), reunindo mais de 40 executivos de empresas de Jundiaí e adjacências (CIESP, 2015).

Não obstante aos fatores relacionados à redução natural da vazão devido à estiagem, devem ser considerados ainda aqueles fatores antrópicos relacionados às captações de grandes volumes de água para atender as crescentes demandas regionais. Juntos, esses fatores atuam sinergicamente para o comprometimento da vazão ecológica do rio Atibaia e, conseqüentemente, ocasionam impactos diretos na fauna aquática e na qualidade da água – efeitos, dos quais, já amplamente conhecidos e discutidos na literatura (Dewson *et al.*, 2007; Poff e Zimmerman, 2010).

2.4.5.3 Impactos ambientais aparentes da transposição na BH-JM

Estudos desenvolvidos por Moraes (2003) na BH-JM consideram que o aumento da vazão natural do rio Jundiaí-Mirim pode vir a comprometer a sua capacidade de competência, uma vez este processo acarreta diversas modificações no meio, tais como: alargamento das margens;

aumento da profundidade do canal; e aumento da velocidade de escoamento. Tais processos ocasionam, conseqüentemente, o solapamento das margens, entalhamento do fundo do canal e processos erosivos (*ibid.*).

Yevjevich (2001) e Ghassemi e White (2007) destacam ainda que estudos relacionados à estabilidade do leito de cursos d'água receptores da transposição é um problema relevante e crucial em termos de decisão em nível de engenharia, os quais devem antever à efetiva instalação de um projeto de transposição. No aspecto jurídico, restrições relativas à transposição de águas entre bacias também têm sido previstas, como no estado americano de Utah (*Utah Code Title 73*) em situações que o processo venha a alterar o fluxo natural de um curso d'água (Thomson, 2015).

Acreman e Ferguson (2010) destacam ainda que, além de aumentar o fluxo de sedimentos e processos erosivos, as alterações do regime hídrico dos cursos d'água estão relacionadas à degradação da comunidade aquática, principalmente do seu habitat físico. Em um estudo de revisão de literatura elaborado por Poff e Zimmerman (2010) foi observado que há uma associação entre alterações de grande magnitude no fluxo hídrico (aumento ou diminuição), com o aumento do risco de mudanças ecológicas na comunidade aquática (em destaque: na ictiofauna e macroinvertebrados⁶⁵).

Consoante, Davis e Grant (1993) destacam também essa problemática relacionada à degradação da comunidade aquática, bem como a severidade dos impactos da transposição em função do aumento artificial da vazão em cursos d'água receptores de pequeno porte. Este fato decorre uma vez que estes, naturalmente, não foram moldados para receberem aumentos abruptos de suas vazões, situação da qual é explícita na BH-JM (*e.g.*, o afluente do rio Jundiaí-Mirim, receptor imediato da transposição, que se configura como um curso d'água de inexpressiva vazão – conforme pôde ser observado em campo).

Ao longo do rio Jundiaí Mirim há ainda registros de processos erosivos das margens e ocorrências de solapamentos, conforme observado por Medeiros *et al.* (2016). Logo, a transposição pode ocasionar uma série de transtornos de natureza socioeconômica e ambiental decorrentes do aumento artificial da vazão na BH-JM. Tais impactos denotam ainda a necessidade de técnicas específicas de engenharia e, em especial, de bioengenharia, a fim de se buscar uma resolução para esse tipo de problema. Ademais, deve ser observada a complexidade

⁶⁵ Estudos específicos sobre os efeitos das variáveis hidráulicas sobre a comunidade de macroinvertebrados em ambientes lóticos de clima tropical e temperado podem ser obtidos em Gorbach (2012).

de problemas dessa natureza na esfera jurídico-política intermunicipal, uma vez que envolve múltiplos atores que, nem sempre, podem estar alinhados na busca de soluções comuns.

2.4.6 Considerações parciais

Considerando o cenário apresentado, denota-se um quadro complexo de ordem político-jurídico e ambiental envolvido no processo de reversão de água entre as bacias do rio Atibaia e a BH-JM, uma vez que este recurso produz efeitos diretos para a segurança hídrica dos municípios envolvidos. Segundo Yevjevich (2001), este fato decorre, principalmente, devido à perda de água da bacia doadora, que pode resultar em um quadro complexo de disputa pela água necessitando, assim, de políticas públicas que visem o fortalecimento da legislação aplicada nesse âmbito⁶⁶.

Nesse contexto, ressalta-se a cidade de Campinas, cuja transposição das águas do rio Atibaia para a BH-JM compromete diretamente a disponibilidade hídrica da cidade, que possui dependência direta do rio Atibaia para abastecer 95% da sua população (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013). Dado a essa problemática, Neves *et al.* (2007) discorrem que essa situação foi responsável ainda pelas primeiras discussões acerca deste tema no âmbito do CBH-PCJ.

Ressalta-se ainda que não foi identificada nenhuma medida compensatória feita na bacia do rio Atibaia pelo município de Jundiaí, a título indenizatório pelo déficit hídrico causado na bacia doadora - situação que tem sido comum e utilizada nestes casos em outros países (Ghassemi e White, 2007; Hernández-Mora *et al.*, 2014). No mesmo sentido, verificou-se que não há nenhuma restrição em relação ao volume máximo a ser transferido por ano, o que desfavorece a alocação do recurso hídrico não utilizado por Jundiaí para os demais usuários da bacia do rio Atibaia.

Logo, caso não haja nenhuma disposição contrária excepcional e Jundiaí manifestar interesse, o volume revertido anual poderá atingir 37,8 milhões de m³ ano⁻¹ (considerando os 1.200 L s⁻¹ outorgados durante 24 h. dia⁻¹ pela DAEE (2017b)). Dessa forma, em ambas as situações expostas, evidencia-se uma relação não harmônica entre as bacias, uma vez que há perdas de oportunidades na bacia doadora conquanto na bacia receptora auferem-se os ganhos

⁶⁶ Neste quadro de disputa pela água, destaca-se o conflito ocorrido nos Estados Unidos entre uma comunidade rural de Kinsley e a cidade de Hays (distantes cerca de 130 km). A gestão municipal de Hays adquiriu terras em Kinsley a fim de implantar um projeto de transposição no território desta comunidade, cujas águas seriam revertidas para Hays a fim de suplementar a demanda hídrica do município. Contudo, embora o projeto tenha atestado baixo impacto ambiental, a comunidade e os agricultores de Kinsley (bacia doadora) se posicionaram contra o projeto, situação que acabou inviabilizando a sua implantação. O argumento da comunidade baseou-se no direito subjetivo da água como um patrimônio/herança pertencente à comunidade local, onde o processo de transposição implicaria em mudanças nas tradições locais das presentes e futuras gerações (Solís, 2005).

decorrentes do aumento da oferta hídrica municipal. Tais situações, conseqüentemente, podem intensificar uma maior disputa pela água em um cenário de escassez hídrica, situação cada vez mais notória nas bacias PCJ.

Deve ser considerado ainda as implicações de natureza socioeconômica, uma vez que a escassez hídrica compromete o funcionamento dos processos produtivos. Como exemplo, a falta de água ocorrida entre os anos de 2014-2015, que ocasionou a paralisação de linhas de produção de grandes indústrias na região de Campinas que dependiam diretamente da água do rio Atibaia em seus sistemas produtivos - situação que foi amplamente noticiada na mídia regional (Correio-Popular, 2014; Valor-Econômico, 2014; Correio-Popular, 2015).

Em relação aos impactos ambientais ocasionados pela transposição, é perceptível que o aumento da vazão natural ocasiona alterações na geomorfologia fluvial natural do rio Jundiá-Mirim e de seus afluentes, notoriamente em função dos processos erosivos evidenciados neste tópico. Consoante, os processos erosivos decorrentes da reversão de água não se restringem somente a BH-JM, uma vez que há também a ocorrência de erosão na região do ponto de captação de água no rio Atibaia⁶⁷.

Em suma, a discussão acerca deste indicador evidenciou a importância da reversão de água entre as bacias do rio Atibaia e a BH-JM, bem como as suas implicações, sobretudo em períodos com estiagens prolongadas. Contudo, devem ser observados os impactos ambientais intermunicipais causados por este processo, bem como as inseguranças de natureza político-jurídica e socioeconômicas (uma vez que a outorga de transposição pode sofrer adequações – e restrições – de acordo com o cenário hídrico regional, fato que pode vir a comprometer a segurança hídrica de Jundiá e o comprometimento dos sistemas produtivos).

2.5 Qualidade físico-química e biológica da água

2.5.1 Contextualização

Ainda na década de 90, Meador (1992) descreveu diversos impactos decorrentes da transposição de águas entre bacias – bem como a carência de estudos existentes à época, dos quais o autor destaca: alterações no habitat; mudança do regime hídrico; alterações na qualidade química e biológica da água; e introdução de organismos exóticos. No entanto, deve ser observado que os impactos ambientais da transposição dependem do volume e da forma pela

⁶⁷ Neste ponto, foi destinado um aporte de R\$ 500 mil de recursos provenientes da DAE para obras de contenção de barranca em 2017 (ARES-PCJ, 2017).

qual a água é transposta. Contudo, estudos sobre aspectos ecológicos têm sido comumente relacionados a impactos adversos, em contraponto aos impactos benéficos (Berbel *et al.*, 2016).

A transposição de águas entre bacias tem sido relacionada ainda com a perda de biodiversidade, alterações na biogeografia dos cursos d'água e interações adversas no fluxo gênico da comunidade aquática (Snaddon e Davies, 1998; Grant *et al.*, 2012; Berbel *et al.*, 2016). Do mesmo modo, Leuven *et al.* (2009) identificaram um aumento de macroinvertebrados no rio europeu Reno devido ao aumento de conectividade entre as bacias por meio de canais e atividades econômicas fluviais.

Diante de tais fatos, medidas têm sido adotadas em projetos cuja transferência de água entre bacias é feito por meio de tubulações. Em Israel, por exemplo, utilizam-se elementos filtrantes e aplicação de radiação ultravioleta (UV), a fim de se evitar a introdução de espécies exóticas e contaminações de origem biológica (Akron *et al.*, 2017).

Ainda no contexto internacional, destaca-se o Plano Nacional Hidrológico da Espanha, o qual visava interligar todas as principais bacias hidrográficas da Península Ibérica. No entanto, o mesmo foi rejeitado pela comissão ambiental da União Europeia devido aos inúmeros impactos potenciais do projeto (Munoz *et al.*, 2010). Como alternativa, o governo local criou novas políticas com foco no aumento da dessalinização de águas e melhoria na gestão dos recursos hídricos, investimentos em obras de infraestrutura, bem como no reuso de água (*ibid.*).

Na cidade espanhola de Cáceres os impactos da transposição se mostraram mais complexos, pois envolveu a contaminação de origem radioativa no reservatório de abastecimento público do município (apesar das concentrações estarem dentro dos limites legais do país). O problema apontado residiu no fato das águas da bacia doadora ser utilizada no resfriamento de plantas nucleares que, posteriormente, eram revertidas para a bacia receptora – sendo, nesta última, constatada a contaminação radioativa por trítio oriundo das plantas nucleares (Baeza *et al.*, 2002).

No contexto nacional, destaca-se os projetos de transposição de águas de grande escala, como o projeto de transposição do rio São Francisco, considerada a maior obra de infraestrutura hidráulica da história do país (Roman, 2017). Entretanto, este projeto também vem sendo alvo de diversos estudos que apontam uma série de impactos ambientais desde as suas discussões iniciais a nível legislativo (Pereira Jr., 2005), bem como ao longo de sua implantação (Andrade *et al.*, 2011; Stolf *et al.*, 2012; Berbel *et al.*, 2016; Roman, 2017).

Assim, embora a transposição de águas entre bacias seja uma solução mundialmente conhecida a fim de aumentar a oferta de água em regiões com déficit hídrico, tais projetos tem sido objeto de debates e conflitos na gestão deste recurso, pois envolve soluções complexas e

podem causar perdas e danos tanto nas bacias receptoras quanto nas bacias doadoras (Yevjevich, 2001).

Dessa forma, e diante dos inúmeros impactos ambientais decorrentes da transposição de água entre bacias relatadas na literatura supracitada, este tópico visou avaliar as alterações e eventuais impactos da transposição na qualidade da água na BH-JM. Para atingir esse propósito foi analisada a variação dos parâmetros físico-químicos, biológicos e presença de herbicidas nas águas da BH-JM em amostragens feitas em dois períodos distintos: sem e com a influência da transposição do rio Atibaia.

2.5.2 Método

2.5.2.1 Análises de qualidade de água realizadas

Para ambos os períodos (sem e com transposição) foram coletadas amostras⁶⁸ de água de subsuperfície em frascos de polietileno e mantidas em abrigo protegido contra a luz e o calor até o processamento em laboratório de 15 parâmetros de qualidade de água (Quadro 15).

Quadro 15 – Parâmetros de qualidade de água analisados, equipamentos utilizados e respectivos métodos de referência

Parâmetros	Equipamento/Procedimento	Método de referência
Cl ⁻ (4)	Titulação (nitrato de prata)	Método argentométrico 4500 B (APHA, 2012)
Cl-a (1,4)	Espectrofotômetro Micronal AJX-1900	Wetzel e Likens (2000) e método 10200 H (APHA, 2012)
COD (4) COT (4)	Analyzer multi N/C 3100	Método de combustão catalítica a alta temperatura 5310B (APHA, 2012)
CE (2)	Condutivímetro HI98304 DiST® 4 EC Tester Hanna	-
Herbicidas (3,4)	Cromatografia líquida de alta performance Varian® Pro Star	-
MD (4) MT (4)	Inductively Coupled Plasma (ICP-OES) Agilent Technologies 700	Método de digestão ácida 3005A (USEPA, 1992)
NT (4) PT (1,4)	Espectrofotômetro Hach DR3900 Benchtop VIS	Método de Digestão de Persulfato 3500 B (APHA, 2012)
OD (2)	Oxímetro Digimed DM-4P*	-
pH (2)	pHmetro Instrutherm PH-1900	-
Temp. (2)	pHmetro Instrutherm PH-1900	-
Turb. (2)	Turbidímetro Quimis Q279P	-

(continua)

⁶⁸ As amostras foram coletadas e analisadas no escopo dos trabalhos desenvolvidos por Ribeiro e Medeiros (2013) e Ribeiro e Medeiros (2014) na BH-JM durante os períodos sem e com transposição, respectivamente, cujo autor desta tese atuou como membro organizador das referidas obras, assim como autor (ou coautor) de parte dos estudos diagnósticos realizados na referida bacia.

Legenda: Cl: cloreto; Cl-a: clorofila-a; COD: carbono orgânico dissolvido; COT: carbono orgânico total; CE: condutividade elétrica; MD: metal dissolvido; MT: metal total; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total; OD: oxigênio dissolvido; pH: potencial hidrogeniônico; Temp.: temperatura; Turb.: turbidez.

Metais analisados: Al (alumínio), As (arsênio), Cd (cádmio), Cu (cobre), Fe (ferro), Mg (magnésio), Mn (manganês), Ni (níquel) e Pb (chumbo).

Obs.1: ¹ Utilizado na composição do índice de estado trófico (IET); ² Medição *in situ*; ³ Atrazina e Simazina; ⁴ Análises realizadas nos laboratórios do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS/UNESP).

(conclusão)

Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados de PT e Cl-a foi calculado o IET a fim de classificar os pontos amostrados de acordo com o seu grau de trofia. Esse procedimento foi feito utilizando a metodologia proposta por Carlson (1977) e modificada por Cunha *et al.* (2013a) para ambientes tropicais e subtropicais. Na Tabela 12 são apresentadas as condições laboratoriais referentes aos limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) utilizados na determinação dos metais e dos herbicidas atrazina e simazina:

Tabela 12 – Limites de detecção e quantificação do método utilizado na determinação dos metais e herbicidas

Limites	Parâmetros										
	Metais ($\mu\text{g L}^{-1}$)									Herbicidas ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	
-	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Atrazina	Simazina
LD	25,17	14,78	0,95	0,74	2,44	2,57	0,31	5,13	24,32	0,21	0,18
LQ	83,90	49,27	3,18	2,48	8,12	8,58	1,04	17,11	81,08	0,71	0,60

LD: Limite de detecção; **LQ:** Limite de quantificação.

Fonte: Dados fornecidos pela seção técnica do laboratório de química UNESP/Sorocaba.

Os resultados obtidos foram comparados com os valores de referência de enquadramento para Classe 1 (enquadramento do rio Jundiáí-Mirim) da resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005). Para os parâmetros que não possuíam limites legais estabelecidos, os resultados foram comparados com os padrões descritos por CETESB (2015) para CE e Cl. Para COT, os resultados foram comparados com os descritos por Libânio *et al.* (2000) para ambientes tropicais. Para a análise de herbicidas foi apenas verificada a concentração desses elementos dentro das condições laboratoriais utilizadas, uma vez que não há limites legais para esse parâmetro.

2.5.2.2 Caracterização dos pontos amostrados

As amostras de água foram coletadas em dois esforços amostrais em 5 pontos selecionados ao longo da bacia do rio Jundiáí-Mirim. A seleção dos pontos visou abranger toda

a extensão da bacia (*i.e.*, região da cabeceira, central e do exutório) (Figura 39), onde foi considerada ainda a acessibilidade aos locais amostrados. As campanhas amostrais foram realizadas durante a estação seca (CEPAGRI, n. d.), onde:

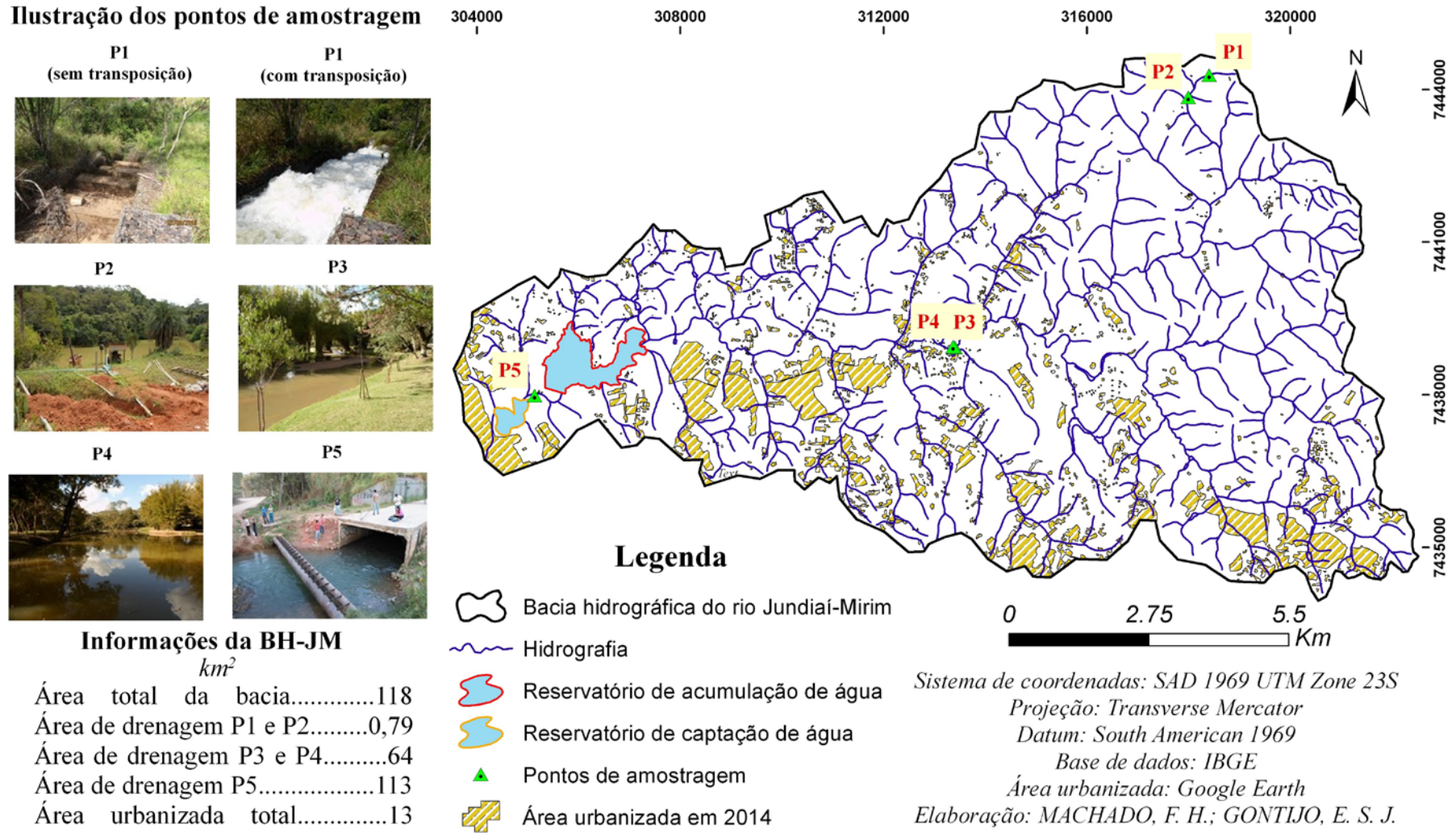
- 1ª amostragem (sem transposição): efetuada no dia 02 de setembro de 2013 (pontos P1-N, P2-N, P3-N, P4-N e P5-N);
- 2ª amostragem (com transposição): efetuada no dia 24 de setembro de 2014 (pontos P1-Y, P2-Y, P3-Y, P4-Y e P5-Y).

Em relação ao regime de precipitação, nos 15 dias que antecederam a 1ª coleta houve apenas um registro de precipitação de 3,4 mm no dia 27 agosto de 2013; na 2ª coleta houve apenas um registro de 7 mm no dia 20 setembro de 2014 (DAE, 2014c).

Dos 5 locais amostrados, somente no P1 não foram realizadas todas as análises na 1ª amostragem, visto que este local é o ponto de recebimento da água transposta do rio Atibaia e, neste período, não ocorreu tal evento – conforme foi ilustrado no detalhe da (Figura 39). Já na 2ª amostragem foram realizadas todas as análises para este ponto, uma vez que ocorreu a transposição de água.

O P2 é um reservatório artificial utilizado para irrigação de culturas agrícolas, situado próximo a plantações de hortaliças e pomares de frutas cítricas. O P3 e P4 estão situados em uma área particular, nas proximidades de um empreendimento gastronômico e são paralelos entre si, sendo o primeiro representando um ambiente lótico e o segundo um ambiente lêntico (reservatório de água utilizado para aproveitamento hidráulico para mover um moinho de milho). O P5 está localizado na região do exutório da bacia, a jusante do reservatório de acumulação de Jundiáí, na proximidade da saída de um canal de concreto armado.

Figura 39 – Localização, ilustração e área de drenagem dos pontos de amostragem durante o período sem e com transposição na BH-JM



Fonte: Autoria própria.

2.5.2.3 Método estatístico

Aplicou-se o teste *Shapiro-Wilk* ($\alpha = 0,05$) visando analisar a normalidade dos dados, onde se verificou que 32% das amostras não atenderam este requisito (Apêndice E). Considerando ainda o número de pontos de amostragem utilizados (*i.e.*, 9 pontos no total) e tamanho desiguais das amostras, optou-se assim pela aplicação do teste univariado não paramétrico *Mann-Whitney*⁶⁹ para $n_1 + n_2 \leq 30$, onde n_1 e n_2 assumem amostras independentes (Brewer, 2007). Desse modo, as hipóteses testadas ($\alpha = 0,05$) para mediana foram: $H_0: n_1 = n_2$ e $H_1: n_1 \neq n_2$. O teste *Mann-Whitney* é obtido por meio da Equação 5:

$$z = \frac{S_n - \frac{n(n+m+1)}{2}}{\sqrt{\frac{mn(m+n+1)}{12}}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

- m e n representam o tamanho das amostras de cada grupo;
- S_n é a soma de classificação (*rank*) para a amostra n .

O teste de similaridade *Anosim*⁷⁰ ($\alpha = 0,05$) foi também utilizado a fim de verificar se houve diferenças significativas entre os dois períodos analisados. Esta análise consiste em um teste de hipótese não paramétrico, baseado em uma estatística de teste (R)⁷¹, cuja rotina é análoga a *one-way* Anova (Clarke, 1993). Neste procedimento, os dados foram agrupados em dois grupos: sem transposição e com transposição; sendo utilizado o índice de similaridade Euclidiana. Do mesmo modo, foi elaborado um dendrograma a fim de verificar a formação de *clusters*, procedimento do qual foi elaborado utilizando o método de Ward.

Por fim, foi utilizada a análise de correspondência destendenciada (DCA), que consiste em uma análise multivariada de ordenação não paramétrica. A aplicação DCA visou reduzir a dimensionalidade dos dados, tornando-se possível analisar quais parâmetros ambientais que eventualmente contribuíram com os padrões de associação dos pontos amostrados. Procedimento similar foi também utilizado por Cate *et al.* (1993), Vegas-Vilarrúbia e Laseras (2008) e Hu *et al.* (2016).

Para ambos os testes estatísticos supracitados foi utilizado o programa de licença livre Past versão 3.15 (Hammer *et al.*, 2001). Para a elaboração da análise *Anosim*, dendrograma e

⁶⁹ O teste *Mann-Whitney* (ou teste U) é uma opção robusta ao teste paramétrico t de *Student* (Brewer, 2007).

⁷⁰ Destaca-se que a *Anosim* tem sido comumente utilizada visando identificar diferenças entre grupos de amostras em função da variação dos padrões bióticos e abióticos de qualidade da água (Sawall *et al.*, 2012; Filho e Aviz, 2013; Douterelo *et al.*, 2014; Palaniswamy *et al.*, 2015).

⁷¹ Vide Equação 4.

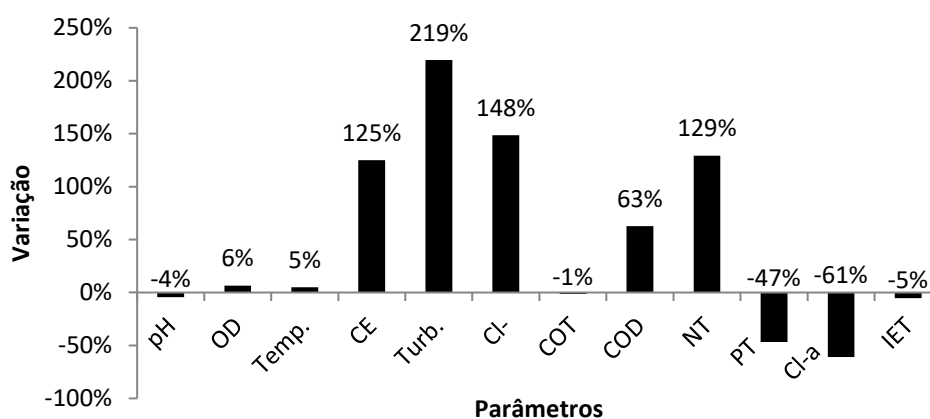
DCA os dados foram normalizados em escore Z em função das diferentes escalas dos parâmetros analisados.

2.5.3 Resultados gerais das variáveis físico-químicas, hidrobiológicas e herbicidas

Na Tabela 13 são apresentados os resultados das análises realizadas sem e sob o efeito da transposição na BH-JM. Considerando os limites de referência utilizados para corpos d'água Classe 1 (Brasil, 2005), sem o efeito da transposição, os seguintes pontos não se enquadraram na referida classe: P5-N para OD, e todos os pontos para PT. Durante a transposição, os seguintes pontos não se enquadraram: P1-Y, P2-Y, P3-Y e P4-Y para CE⁷²; P3-Y e P4-Y para turbidez; P4-Y para NT; e todos os pontos para PT. Diante desses resultados, verificou-se que sem o efeito da transposição, 12% das amostras não se enquadraram na Classe 1; já sob o efeito da transposição, o percentual subiu para 22%.

Na Figura 40 é apresentada a variação percentual ocorrida em função da introdução das águas do rio Atibaia na BH-JM, da qual foi elaborada a partir da média de cada parâmetro apresentado na Tabela 13. Dos 12 parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos analisados, 7 (58%) apresentaram aumento na concentração média (OD, Temp., CE, Turb., Cl⁻, COD e NT) em função da transposição; em contraponto, 5 (42%) apresentaram redução (pH, COT, PT, Cl⁻a e IET).

Figura 40 – Variação percentual média dos parâmetros analisados entre os períodos sem e com transposição na BH-JM



Fonte: Elaborado a partir dos estudos de Ribeiro e Medeiros (2013), Ribeiro e Medeiros (2014) e Machado *et al.* (2018).

⁷² Conforme padrão estabelecido pela CETESB (2015).

Tabela 13 – Variáveis limnológicas e Índice de Estado Trófico sem e com influência da transposição na BH-JM

Período	Pontos	Ambiente	pH	OD	Temp.	CE	Turb.	Cl ⁻	COT	COD	NT	PT	Cl-a	IET
			-	mg L ⁻¹	°C	µS cm ⁻¹	NTU	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹
Sem transposição (02/09/2013)	P1-N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P2-N	Lêntico	7,7	7,5	22	40	29,30	0,74	5,39	1,57	*	<u>0,43</u>	2,14	61
	P3-N	Lótico	7,6	7,6	20	40	21,40	2,87	2,74	1,79	0,80	<u>0,39</u>	0,27	53
	P4-N	Lêntico	7,3	7,4	21	50	26,90	2,58	2,10	2,10	0,30	<u>0,91</u>	8,55	67
	P5-N	Lótico	7,5	<u>5,1</u>	20	60	16,90	3,71	4,20	2,52	0,90	<u>0,34</u>	0,80	56
	\bar{x}		7,5	6,9	20,8	47,5	23,63	2,48	3,61	2,00	0,50	0,52	2,94	59,3
	S		0,17	1,20	0,96	9,57	5,57	1,25	1,48	0,41	0,42	0,26	3,82	6,1
	<i>C_v</i> (%)		2,3	17,4	4,6	20,2	23,6	50,6	41,0	20,7	84,9	51,1	130	10,3
Com transposição (24/09/2014)	P1-Y	Lótico	6,7	7,2	22	<u>115</u>	6,60	5,95	4,36	3,79	1,20	<u>0,29</u>	0,67	55
	P2-Y	Lêntico	7,0	7,2	23	<u>109</u>	16,90	6,45	3,89	3,64	0,95	<u>0,27</u>	2,67	61
	P3-Y	Lótico	7,4	8,5	21	<u>105</u>	<u>165</u>	5,95	3,3	3,26	1,13	<u>0,39</u>	0,62	55
	P4-Y	Lêntico	7,5	6,8	22	<u>108</u>	<u>186</u>	6,45	3,52	2,99	<u>1,30</u>	<u>0,36</u>	0,89	57
	P5-Y	Lótico	7,4	7,0	21	97	2,90	5,95	2,73	2,56	1,15	<u>0,07</u>	0,89	53
	\bar{x}		7,20	7,34	21,80	106,8	75,48	6,15	3,56	3,25	1,15	0,28	1,15	56,2
	S		0,34	0,67	0,84	6,57	91,75	0,27	0,61	0,50	0,13	0,13	0,86	3,0
	<i>C_v</i> (%)		4,7	9,1	3,8	6,2	121,6	4,5	17,2	15,3	11,2	45,4	74,9	5,4
Teste Mann-Whitney p-valor			0,14	0,71	0,16	0,02**	0,81	0,02**	0,90	0,02**	0,01**	0,08	0,90	0,54
Valores de referência			6 a 9 ¹	> 6 ¹	-	< 100 ²	< 40 ¹	< 250 ¹ < 15 ²	1 a 20 ³	-	< 1,27 Lêntico < 2,18 Lótico	< 0,02 Lêntico < 0,1 Lótico	<10 ¹	-

Legenda: pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; Temp.: temperatura; CE: condutividade elétrica; Turb.: turbidez; Cl⁻: cloreto; COT: carbono orgânico total; COD: carbono orgânico dissolvido; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total; Cl-a: clorofila-a; IST: índice de estado trófico; NTU: unidade nefelométrica de turbidez; \bar{x} : média; S: desvio padrão; *C_v*: coeficiente de variação; XX: Resultados em desacordo com os valores de referência; * < Limite de detecção; ** Significativo a 5%.

Valores de referência: ¹ Brasil (2005); ² CETESB (2015); ³ Libânio *et al.* (2000).

Fonte: Elaborado a partir dos estudos de Ribeiro e Medeiros (2013), Ribeiro e Medeiros (2014) e Machado *et al.* (2018).

Assim, ainda com base nos resultados apresentados na Figura 40, verificou-se acréscimos de mais de 60% para CE, Cl⁻, COD e NT, chegando a um percentual de mais de 200% para turbidez – este último influenciado, principalmente, pelos pontos P3-Y e P4-Y. Dessa forma, excetuando-se a turbidez que apresentou uma situação peculiar, o teste *Mann-Whitney* ($\alpha=0,05$) reforçou tais resultados, apontando que houve diferenças significativas para CE ($p = 0,02$), Cl⁻ ($p = 0,02$), COD ($p = 0,02$) e NT ($p = 0,01$).

Em relação à análise de atrazina e simazina, não foi detectado a presença desses herbicidas nos pontos amostrados durante a transposição – considerando as condições cromatográficas e laboratoriais utilizadas. Oliveira (2013), utilizando as mesmas condições laboratoriais e pontos de amostragem deste estudo, também não verificou a presença desses herbicidas nas águas da BH-JM em um período sem transposição.

2.5.4 Discussões das variáveis físico-químicas e hidrobiológicas

2.5.4.1 pH

O valor médio de pH sem transposição foi de $7,53 \pm 0,17$ e, sob o efeito da transposição, o valor foi de $7,2 \pm 0,34$. Estes resultados apontam que houve pouca variação entre os dois períodos analisados, situação que pode ser observada também pelo baixo *CV* em ambos os períodos. Em média, os resultados ficaram dentro dos limites de enquadramento para pH (*i.e.*, 6 a 9 para a Classe 1). Em estudos feitos por Moraes (2003) na BH-JM, a variação do pH também ficou dentro desse intervalo. Já dados da ANA (2010b) apontaram, em 2010, concentrações médias de 6,98 em um ponto a jusante do P5 utilizado neste estudo.

Verificou-se ainda uma elevação do *CV* do pH de 2,3% para 4,7% em decorrência da transposição. Esse aumento pode estar associado ao P1-Y, que foi o único ponto que apresentou $\text{pH} < 7$, sendo caracterizado por ser o ponto de transposição que recebe somente água do rio Atibaia. No mesmo ponto P1 deste estudo, durante o período com transposição, Moraes (2003) encontrou valores de pH de 6,94 (em 2002) e de 6,02 (em 2003) sugerindo, assim, que a água recebida do rio Atibaia tende a ser levemente mais ácida quando comparada com as águas da BH-JM.

Ao longo dos demais pontos analisados durante a transposição, verificou-se que houve um aumento gradativo do pH, fato que pode ter ocorrido em função da mistura das águas do rio Atibaia com as águas da BH-JM que apresenta, sem influência da transposição, valores de pH acima de 7. Os resultados apontaram ainda que a transposição reduziu em 4,6% o pH médio do rio Jundiá Mirim, porém, em ambos os períodos, a variação do pH seguiu o intervalo observado

por outros autores em cursos d'água no âmbito das bacias PCJ (Martinelli *et al.*, 1999; Medeiros *et al.*, 2009; Medeiros *et al.*, 2017).

2.5.4.2 Oxigênio dissolvido (OD)

Na BH-JM, a análise de OD indicou concentrações acima de $6,0 \text{ mg L}^{-1}$ para todos os pontos, independente da transposição. A única exceção foi o P5-N, localizado a jusante do reservatório de acumulação, indicando a influência deste no período sem transposição. A menor concentração de OD neste ponto pode estar relacionada ainda com processos de decomposição de matéria orgânica, uma vez que há a ocorrência de crescimento excessivo de macrófitas aquáticas no reservatório de acumulação (DAE, 2017d; DAE, 2017f).

Análises da qualidade da água em microbacias urbanizadas localizadas no âmbito das bacias PCJ indicaram concentrações médias de OD inferiores a $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ (Ometo *et al.*, 2000; Daniel *et al.*, 2002; Medeiros *et al.*, 2009; Medeiros *et al.*, 2017), enquanto que em áreas rurais esses valores se revelam superiores a $7,0 \text{ mg L}^{-1}$ (Ometo *et al.*, 2000; Daniel *et al.*, 2002). Em média, o OD aumentou 6,4% durante a transposição ($6,90 \text{ mg L}^{-1}$ para $7,34 \text{ mg L}^{-1}$), fato que pode estar associado com o aumento da vazão e, conseqüentemente, ao aumento da turbulência da água do rio Jundiáí-Mirim – situação esta observada durante a coleta das amostras.

2.5.4.3 Temperatura (Temp.)

A temperatura da água apresentou valores médios bem próximos em ambas as situações, com variação de apenas 1°C entre as duas medições (sem transposição $20,8^\circ\text{C}$ e com a transposição $21,8^\circ\text{C}$). Assim, a temperatura da água apresentou uma variação média de 1°C ou 5,1% entre as duas medições realizadas, seguindo a mesma tendência da temperatura média do ar observada na data de amostragem, da qual atingiu $21,7^\circ\text{C}$ em 2013 (sem transposição) e $22,8^\circ\text{C}$ em 2014 (com transposição).

Considerando isoladamente o P1-Y, verificou-se ainda que a temperatura da água neste ponto não divergiu expressivamente dos demais pontos sem ou com o efeito da transposição. Este fato poderia ocorrer em função da reversão via bombeamento das águas do rio Atibaia, da qual percorre 11 km de extensão por meio de tubulações até seu lançamento na BH-JM e, neste percurso, poderia vir a sofrer alguma interferência externa.

2.5.4.4 Condutividade elétrica (CE)

A CE média dos pontos amostrados foi de $47,5 \pm 9,57$ e $107 \pm 6,57 \mu\text{S cm}^{-1}$, sem e com transposição, respectivamente. Logo, notou-se que houve um aumento médio na CE em decorrência da transposição, assim como foi observado um menor C_V neste período. Considerando os padrões estabelecidos pela CETESB (2015), excetuando-se o P5-Y, todos os demais pontos amostrados durante a transposição apresentaram resultados superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$, situação que reflete uma degradação da qualidade da água nesse período.

Em relação à diferença média entre os dois períodos, verificou-se que houve um aumento de 125% em função da transposição, situação que evidencia a introdução de íons das águas do rio Atibaia na BH-JM. Nesse sentido, a maior concentração foi observada no ponto P1-Y, cuja CE atingiu $115 \mu\text{S cm}^{-1}$. Moraes (2003), no mesmo ponto P1 deste estudo, observou uma condutividade elétrica média de $66,38 \mu\text{S cm}^{-1}$ (em 2002) e de $77,30 \mu\text{S cm}^{-1}$ (em 2003) durante o período com transposição, valores dos quais se mostraram inferiores aos verificados neste estudo.

A transposição ocasionou ainda diferenças na tendência da CE de montante a jusante na BH-JM, quando comparado os dois períodos analisados. Em 2013, a CE aumentou em 50% da área rural (P2-N) para a área urbanizada (P5-N), destacando o efeito do uso e ocupação do solo. No entanto, em 2014, a CE reduziu 15,6% da área rural (P1-Y) em direção à região urbanizada (P5-Y), fato que pode estar relacionado com o aumento da vazão e, conseqüentemente, da maior diluição ao longo do curso d'água.

Nesse contexto, Daniel *et al.* (2002) analisaram a CE em 10 pontos localizados em áreas urbanas e rurais nas bacias PCJ. Nos pontos localizados em áreas urbanizadas e sem tratamento de efluentes domésticos, a CE média variou de $131 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $598 \mu\text{S cm}^{-1}$. Nas bacias localizadas em áreas rurais e com pouca ou nenhuma urbanização, juntamente com o tratamento de efluentes domésticos, a CE média variou de $53 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $159 \mu\text{S cm}^{-1}$ (*ibid.*).

Ometo *et al.* (2000) observaram resultados semelhantes em cursos d'água nas bacias PCJ, onde a CE variou de $55,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ na região rural, para até $271,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ nas áreas urbanizadas. Desse modo, os resultados da CE média obtidas neste estudo indicaram que a concentração deste parâmetro na BH-JM se aproximou dos valores regionais para áreas rurais, independentemente da transposição.

2.5.4.5 Turbidez (Turb.)

O valor médio observado para turbidez foi de $23,63 \pm 5,57$ UNT sem transposição e, com transposição, foi de $75,48 \pm 91,75$ UNT. Assim, uma maior concentração média foi observada durante a transposição, assim como houve uma maior variação neste período ($C_v=121,6\%$). Essa maior variação foi reflexo, principalmente, dos pontos P3-Y e P4-Y, dos quais apresentaram, respectivamente, 165 e 186 UNT, valores expressivamente superiores ao observado nos demais pontos. Além disso, estes foram os únicos pontos de amostragem que não se enquadram em águas Classes 1 ou 2, em ambos os períodos.

Houve ainda um aumento médio de 219% em decorrência da transposição. Durante esse período, observou-se ainda que houve um incremento de 2.718% do ponto P1-Y (6,6 UNT) para o P4-Y (186 UNT), refletindo um aumento gradativo deste parâmetro ao longo do curso d'água. Nesse contexto, Medeiros *et al.* (2016) verificaram a ocorrência de processos erosivos e solapamento nas margens do rio Jundiaí-Mirim durante a transposição na região dos pontos P3 e P4 utilizados neste estudo, situação a qual contribui diretamente com o aumento da turbidez.

Por outro lado, foi constatada uma redução da turbidez de 98,4% do ponto P4-Y para o P5-Y, situação que pode estar associada com os processos de sedimentação propiciada pelo reservatório de acumulação, localizado entre esses dois pontos. Desse modo, o aumento gradativo da turbidez verificada na BH-JM sucinta ainda investigações mais específicas, não só de natureza ambiental, mas também de natureza econômica. Nesse sentido, Emelko *et al.* (2011) enfatizam que os altos valores de turbidez se relacionam diretamente com os requisitos de infraestrutura e consumo de produtos químicos, afetando diretamente no aumento de custos de tratamento da água.

2.5.4.6 Cloreto (Cl^-)

Os efluentes das regiões metropolitanas representam ainda uma importante fonte de Cl^- , cuja concentração pode exceder 200 mg L^{-1} (Ometo *et al.*, 2000; Rose, 2007; Kelly *et al.*, 2010). Dado a essas características, a concentração de Cl^- tem sido utilizada como um indicador de contaminação por esgoto nos sistemas aquáticos (Vengosh e Pankratov, 1998; Zeng e Wu, 2015).

Em média, sem a transposição, a concentração de Cl^- na BH-JM foi de $2,48 \text{ mg L}^{-1}$ (C_v 50,6%) e, sob influência da transposição, $6,15 \text{ mg L}^{-1}$ (C_v 4,45%). Desse modo, nenhum ponto foi verificado concentrações superiores ao limite de referência utilizado (*i.e.*, 15 mg L^{-1}).

Contudo, deve ser considerado que o aumento abrupto de Cl^- de até 5 mg L^{-1} pode estar relacionado com o lançamento de esgoto (CETESB, 2015). Dados da ANA (2010b) indicaram um valor intermediário no reservatório de captação da bacia, cuja concentração média anual registrada foi de $3,65 \text{ mg L}^{-1}$.

Destaca-se ainda que o padrão organoléptico de potabilidade estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo de 250 mg L^{-1} de Cl^- na água potável como padrão de aceitação de consumo (Brasil, 2011), pois concentrações acima desse limite confere sabor detectável à água (WHO, 2003). Esse limite é o mesmo utilizado para o enquadramento das águas Classe 1 a 3 (Brasil, 2005). Portanto, em ambos os períodos analisados, os resultados foram expressivamente inferiores.

Verificou-se também que a concentração de Cl^- aumentou em média 148% durante a transposição, mudando sua tendência de variação ao longo do rio. Em 2013, sem transposição, a concentração de Cl^- aumentou 250% das áreas rurais (P2-N) para as áreas mais urbanizadas (P5-N). Este fato indica a influência antropogênica, provavelmente devido ao lançamento clandestino de efluentes domésticos ou devido ao uso de fertilizantes (Kelly *et al.*, 2010).

Por outro lado, em 2014, sob efeito da transposição, a concentração de Cl^- variou de $5,95$ para $6,45 \text{ mg L}^{-1}$, não refletindo uma relação direta com o uso da terra. Comparando esses resultados com os realizados por outros autores no âmbito das bacias PCJ, pode-se observar que, nas áreas urbanizadas, uma fonte clara de Cl^- são os efluentes domésticos não tratados (Ometo *et al.*, 2000). Martinelli *et al.* (1999) encontraram uma média de Cl^- no rio Atibaia e Jaguari de $3,65 \text{ mg L}^{-1}$ nas regiões menos poluídas das bacias PCJ.

Portanto, com base nos valores regionais de Cl^- , podemos inferir que a transposição alterou a qualidade da água do rio Jundiá-Mirim. Contudo, tais alterações foram inferiores a 200 mg L^{-1} , um limiar no qual a biota começa também a ser afetada (Kelly *et al.*, 2010).

2.5.4.7 Carbono orgânico total (COT) e dissolvido (COD)

Na BH-JM, o COT ficou dentro da faixa normal de variação em águas naturais, cuja concentração comumente está entre 1 a 20 mg L^{-1} (Libânio *et al.*, 2000). Sem a transposição, o valor médio de COT e COD foi de $3,61 \text{ mg L}^{-1}$ e 2 mg L^{-1} , respectivamente; já com a transposição, as médias foram de $3,56 \text{ mg L}^{-1}$ e $3,25 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente.

Verificou-se ainda que a transposição reduziu o COT médio em 1,4%. Porém a tendência desse parâmetro foi distinta em ambos os períodos. Em 2013, a maior concentração do COT foi no P2-N ($5,39 \text{ mg L}^{-1}$), fato que pode estar relacionado com as atividades agrícolas existentes próximas a este ponto. Em 2014, a maior concentração de COT foi observada nas águas

provenientes do rio Atibaia, logo no ponto de entrada da água revertida (P1-Y: COT = 4,36 mg L⁻¹).

Em relação ao COD, este é um parâmetro que também tem sido utilizado na avaliação do impacto ambiental nos corpos d'água superficiais nas bacias PCJ, principalmente em estudos relacionados ao lançamento de efluentes não tratados (Martinelli *et al.*, 1999; Ometo *et al.*, 2000). Na BH-JM, a transposição acarretou um aumento médio de 63% na concentração de COD, indicando a influência das águas do rio Atibaia. Além disso, a tendência na variação do COD do rio Jundiá-Mirim diferiu quando comparado os dois períodos. Em 2013 (sem transposição), a concentração COD seguiu a mesma tendência do Cl⁻ e da CE, ou seja, aumentou do P1-N em direção ao P5-N, representando um aumento de 61%.

No entanto, em 2014, com a transposição, as águas do rio Atibaia apresentaram uma concentração de COD mais alta, ocorrendo uma redução de 32,5% do P1-Y para o P5-Y. Ometo *et al.* (2000) mediram uma faixa média de COD entre 2,6 a 3,0 mg L⁻¹ e 5,1 a 10,5 mg L⁻¹ em cursos d'água rurais e urbanizados, respectivamente. Essa mesma tendência foi observada nos estudos de Martinelli *et al.* (1999) e Daniel *et al.* (2002) no âmbito das bacias PCJ. Logo, o intervalo de COD verificado na BH-JM, em ambos os períodos, correspondeu ao monitorado também por outros autores nas bacias PCJ.

Análises feitas nos rios Atibaia e Piracicaba apresentaram valores médios de COD de 2,7 mg L⁻¹ para pontos considerados não poluídos e de 3,4 mg L⁻¹ para os pontos considerados poluídos (Martinelli *et al.*, 1999; Daniel *et al.*, 2002), valores dos quais estão próximos aos encontrados na BH-JM durante o período com transposição. Estudos feitos por Del Grande *et al.* (2003) no rio Atibaia, no ponto de captação de água de Campinas, encontraram a concentração de COT de 7,4 mg L⁻¹, valor superior ao encontrado neste estudo.

Assim, embora as concentrações de COT e COD tenham apresentados resultados dentro dos limites para águas naturais, o seu monitoramento é de fundamental importância, pois uma fração do COD pode ainda reagir com o cloro no processo de tratamento de água, resultando compostos orgânicos cancerígenos (Rocha e Rosa, 2003). Além disso, o carbono orgânico também é fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais (CETESB, 2015).

2.5.4.8 Nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT)

O nitrogênio e o fósforo são caracterizados como nutrientes primários, dos quais estão envolvidos diretamente na eutrofização de corpos aquáticos lênticos e lóticos. As altas concentrações destes nutrientes podem estar relacionadas à poluição difusa provenientes de áreas agrícolas, assim como pelas fontes pontuais de efluentes domésticos e industriais (Ometo

et al., 2000; Medeiros *et al.*, 2009; Medeiros *et al.*, 2017). Na BH-JM, o uso de fertilizantes sintéticos a base de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) tem sido comum na cultura de uva, pêssegos, nectarina e ameixa, sendo encontradas concentrações de fósforo disponível de até 500 mg kg⁻¹ em até 30 cm de profundidade do solo (Campos, 2001). Logo, este elemento torna-se uma fonte potencial de contaminação dos recursos hídricos da bacia.

Nas análises de NT na BH-JM, o valor médio no período sem transposição foi de 0,5 mg L⁻¹. Com a transposição, a concentração mais que dobrou, atingindo 1,15 mg L⁻¹. Contudo, para ambos os períodos, os resultados permaneceram dentro do limite de enquadramento para Classe 1. Já o valor médio para PT, sem transposição, foi de 0,52 mg L⁻¹ e ,com a transposição, 0,28 mg L⁻¹.

Verificou-se, ainda, que em ambos os casos apenas o ponto P5-Y ficou dentro dos limites de enquadramento da Classe 1 para PT, ficando os demais pontos com concentrações superiores ao estabelecido para as Classes 1 e 2, inclusive. Em um ponto a jusante do P5 deste estudo, dados de monitoramento da ANA (2010b) apontaram uma concentração média de PT de 0,31 mg L⁻¹ em 2010, resultado próximo ao verificado durante a transposição.

Houve também um aumento de 129% da média de NT durante a transposição, situação que evidencia uma influência negativa da transposição na qualidade da água da BH-JM. Em contraponto a tendência do NT, a transposição reduziu em 46,1% a concentração média do PT, fato que pode estar relacionado com a diluição ocasionada pelo aumento da vazão nesse período.

2.5.4.9 Clorofila-a (Cl-a)

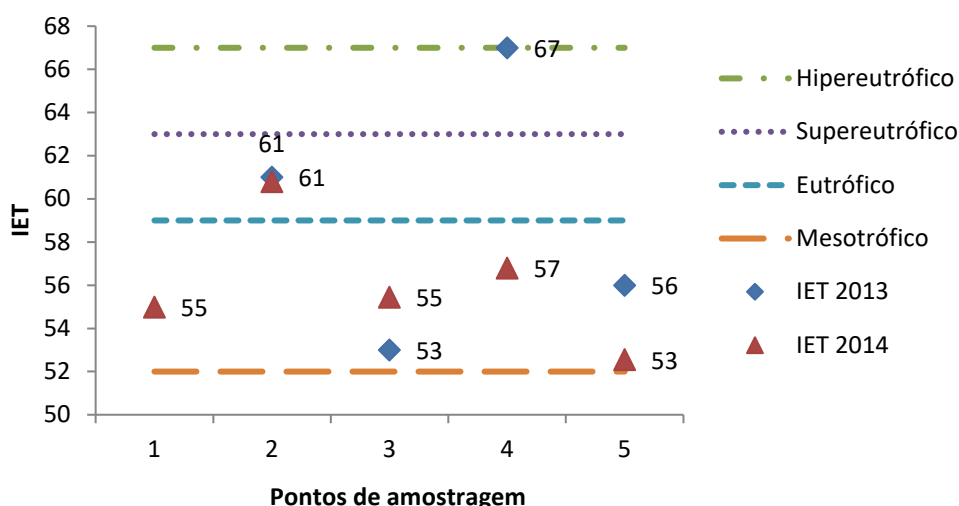
Em relação a Cl-a, este parâmetro tem sido amplamente utilizado como indicador do estado trófico em ambientes aquáticos (Cunha *et al.*, 2013a; Beghelli *et al.*, 2015; Zeng *et al.*, 2015). Em ambas as situações, as concentrações verificadas na BH-JM ficaram abaixo do limite máximo de enquadramento para corpos d'água Classe 1 (< 10 µg L⁻¹). O valor médio de concentração sem a transposição foi de 2,94 µg L⁻¹; já sob o efeito da transposição foi menor, com 1,15 µg L⁻¹.

Considerando este parâmetro isoladamente, a transposição teve um efeito positivo, pois reduziu a média da Cl-a em 61%, quando comparado os dois períodos. Este fato pode estar relacionado também com o aumento da vazão que, conseqüentemente, tende a reduzir o tempo de detenção dos nutrientes nesses ambientes. Nesse contexto, estudos apontam que eventos de *flushing* pode ser uma opção favorável de manejo na prevenção e/ou controle da eutrofização e poluição, sobretudo em ambientes lênticos (Padovesi-Fosneca *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2013).

2.5.4.10 Índice de estado trófico (IET)

Em relação ao IET, do total de 9 pontos amostrados sem e com transposição, 6 pontos (67%) foram classificados como mesotróficos ($52 < \text{IET} \leq 59$), 2 pontos (22%) como eutróficos ($59 < \text{IET} \leq 63$) e 1 ponto (11%) no limite máximo da classe hipereutrófica ($63 < \text{IET} \leq 67$) (Figura 41). Portanto, não foi encontrado nenhum ponto classificado como oligotrófico ($47 < \text{IET} \leq 52$) ou ultraoligotrófico ($\text{IET} \leq 47$). Nos pontos P2 e P4, ambos ambientes lênticos, foram os que apresentaram maiores níveis de trofia. Destaca-se ainda o ponto P4-N, visto que o IET deste atingiu 67, o que corresponde ao limite máximo da classe hipereutrófica (*i.e.*, $\text{IET} > 67$). Contudo, neste mesmo ponto, o IET reduziu para 57 durante a transposição, refletindo um impacto ambiental positivo da transposição.

Figura 41 – Classificação trófica dos pontos amostrados na BH-JM



Fonte: Resultados da pesquisa.

Em média, sem a transposição, o IET foi de 59; já sob o efeito da transposição, o IET foi de 56. Essa redução está também associada com o aumento da vazão que, conseqüentemente, pode ter reduzido o tempo de detenção de PT e Cl-a nesses ambientes, tendo em vista que estes parâmetros sofreram uma redução durante transposição. Considerando os resultados regionais, o relatório mais recente do comitê das bacias PCJ apontou que as maiores ocorrências na bacia são de pontos mesotróficos, representando 38% dos pontos amostrados (de um total de 84). Nas adjacências imediatas a BH-JM, as maiores ocorrências são de pontos considerados mesotróficos e oligotróficos (CBH-PCJ, 2016). Logo, excetuando-se os pontos P2-N, P2-Y e P4-N (ambientes lênticos), todos os demais refletiram os padrões observados nas bacias PCJ.

2.5.5 Resultados gerais da análise de metais

Na Tabela 14 são apresentados os resultados da análise de metais totais e dissolvidos em 2013 (sem transposição) e em 2014 (com transposição). Considerando os limites de enquadramento estabelecidos pela CONAMA 357/05 para rios Classe 1 (Brasil, 2005), durante o período sem transposição, somente a concentração de Mn no P3-N ($103,2 \mu\text{g L}^{-1}$) ficou levemente acima do limite estabelecido ($<100 \mu\text{g L}^{-1}$). Considerando o período com transposição, houve concentrações acima dos limites de enquadramento Classe 1 para os seguintes metais: Al dissolvido (P1-Y, P3-Y, P4-Y e P5-Y); Cd total (todos os pontos); e Fe dissolvido (todos os pontos).

Em ambos os períodos, não foi detectado a presença de As, Ni dissolvido e Pb em nenhum dos pontos amostrados. Contudo, no que concerne ao As, estudos específicos devem ser realizados, uma vez que Campos (2002) identificou a contaminação por esse elemento em pontos amostrados situados em áreas de fruticultura da BH-JM. As concentrações identificadas pela autora na água subterrânea variaram de 0,13 a 0,17 mg L^{-1} ⁽⁷³⁾; já em até 30 cm de profundidade do solo as concentrações foram de $9,82 \pm 0,02 \text{ mg kg}^{-1}$. Em ambos os casos, a contaminação por As foi relacionada ao uso de fertilizantes.

Com base na concentração média de cada elemento apresentados na Tabela 14, verificou-se que a transposição ocasionou um aumento percentual na concentração dos seguintes metais: Al total (2.357%); Al dissolvido (1.233%); Cu total (992%); Fe total (79%); e Fe dissolvido (739%). Em oposição, houve uma redução da concentração de: Mg total (-37,3%); Mg dissolvido (-29,8%); Mn total (-55,6%); e Mn dissolvido (-0,8%).

Dos metais totais e dissolvidos analisados por meio do teste *Mann-Whitney* (*i.e.*, Al, Fe, Mg e Mn – este último, apenas na fração total), os resultados apontaram que houve diferenças significativas para Al total ($p = 0,02$), Al dissolvido ($p < 0,01$), Mg total ($p = 0,02$) e Mg dissolvido ($p = 0,02$).

⁷³ Segundo os padrões de enquadramento da Resolução CONAMA 357/05 para águas Classe 1, a concentração máxima de As é de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ (Brasil, 2005).

Tabela 14 – Concentração de metais totais e dissolvidos durante os períodos sem e com transposição na BH-JM

Período	Pontos	Ambiente	Al	Al	Cd	Cd	Cu	Cu	Fe	Fe	Mg	Mg	Mn	Mn
			T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D
$\mu\text{g L}^{-1}$														
Sem transposição (02/09/2013)	P1-N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P2-N	Lêntico	63	22,6	*	*	*	*	156	45	2.880	2.220	15	*
	P3-N	Lótico	103	6,8	*	*	*	*	1.394	100	2.179	1.832	103	10,0
	P4-N	Lêntico	93	11,0	*	*	*	*	1.266	70	2.130	1.747	89	17,0
	P5-N	Lótico	58	34,6	*	*	1,9	*	155	48	2.802	2.298	38	*
	\bar{x}		79	19	-	-	-	-	743	66	2.498	2.024	61	14
	<i>S</i>		22	12	-	-	-	-	680	25	398	275	42	5
<i>C_v</i> (%)		28	67	-	-	-	-	92	38	16	14	68	37	
Com transposição 24/09/2014)	P1-Y	Lótico	379	228	2,3	1,8	9,0	8,5	1.246	1.169	1.538	1.481	23	7,5
	P2-Y	Lêntico	593	70	2,7	*	9,6	7,3	671	308	1.452	1.428	13	2,1
	P3-Y	Lótico	3.878	376	2,6	1,5	10,2	7,6	2.047	423	1.614	1.603	58	41,6
	P4-Y	Lêntico	4.457	340	2,7	2,5	3,6	2,7	2.305	483	1.579	1.562	28	9,6
	P5-Y	Lótico	451	236	3,5	2,8	8,1	7,8	391	376	1.652	1.030	13	6,4
	\bar{x}		1.951	250	2,8	1,8	8,1	6,8	1.332	552	1.567	1.421	27	13
	<i>S</i>		2.035	120	0,5	0,9	2,6	2,3	835	351	77	229	18	16
<i>C_v</i> (%)		104	48	16	48	32	34	63	64	5	16	68	119	
Limite máximo ¹			-	100	1,0	-	-	9	-	300	-	-	100	-
Mann-Whitney <i>p</i> -valor			0,02**	<0,01**	-	-	-	-	0,39	0,18	0,02**	0,02**	0,18	-

Legenda: Al: Alumínio; Cd: Cádmio; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mg: Magnésio; Mn: Manganês; T: total; D: dissolvido; \bar{x} : média; *S*: desvio padrão; *C_v*: coeficiente de variação; XX: Resultados superiores aos limites máximos de referência; * < Limite de detecção; ** Significativo a 5%.

¹ Limite superior estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas Classe 1 (Brasil, 2005).

Fonte: Elaborado a partir dos estudos de Ribeiro e Medeiros (2013), Ribeiro e Medeiros (2014) e Machado *et al.* (2018).

2.5.6 Discussões relativas aos metais

2.5.6.1 Alumínio (Al)

A concentração de Al dissolvido nas águas superficiais varia substancialmente, uma vez que depende de fatores físicos, químicos e geológicos. Contudo, sua concentração varia de 1 a 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ em pH próximo de 7 (WHO, 1997). A contaminação artificial por Al, em geral, tem como principais fontes a liberação de efluentes domésticos e industriais (como na fabricação de produtos farmacêuticos e produtos metálicos), bem como estão presentes na composição de alguns agroquímicos (Yokel e Mcnamara, 2001; Bogle *et al.*, 2006).

Na BH-JM, em média, a concentração de Al dissolvido sem a transposição foi de 19 $\mu\text{g L}^{-1}$ e, com a transposição, 250 $\mu\text{g L}^{-1}$. Esta última concentração superou, inclusive, o limite estabelecido para rios de Classes 3 e 4 da resolução CONAMA 357/05 (*i.e.*, < 200 $\mu\text{g L}^{-1}$). Em 2009, em um ponto de monitoramento da CETESB localizado no reservatório de captação do município, a média anual de Al total foi de 340 $\mu\text{g L}^{-1}$ (ANA, 2010b), concentração inferior a observada no P5-Y (451 $\mu\text{g L}^{-1}$).

O relatório de qualidade da água da CETESB (2015) apontou que 67% das análises de Al dissolvido feitas no rio Atibaia entre 2009 e 2013 - em um ponto⁷⁴ localizado a montante do local de transposição - não apresentaram conformidade com os padrões de qualidade aplicados ao rio. Ademais, no ano de 2014, este mesmo relatório apontou que 100% das amostras para Al dissolvido - em um ponto de monitoramento⁷⁵ localizado entre o P4 e P5 deste estudo - também não apresentaram conformidade com os limites estabelecidos. Destaca-se, neste último caso, que foi o mesmo ano que houve a reversão de um grande volume de água na BH-JM⁷⁶. Já considerando a média de 2009-2013, para este mesmo ponto, o percentual de não conformidade foi reduzido para 67%.

Assim, em decorrência da transposição, verificou-se que houve um aumento médio do Al total e dissolvido de 2.370% e 1.216%, respectivamente. Com base nos resultados de Al total, dois fatores podem ter influenciado na diferença entre os dois períodos analisados: o primeiro pode estar relacionado com a alta concentração de Al total, do qual foi introduzida a partir da reversão de água do rio Atibaia; o segundo pode estar relacionado com o aumento da vazão, que promoveu o solapamento das margens, assim como a ressuspensão de sedimentos.

⁷⁴ Ponto ATIB02010 (23° 06' 12" S 46° 32' 42" W).

⁷⁵ Ponto JUMI00500 (23° 08' 43" S 46° 51' 04" W).

⁷⁶ Conforme pode ser verificado na Tabela 11 deste estudo.

Destaca-se ainda que os solos em ambientes tropicais possuem uma alta concentração desse metal, fato que pode ter contribuído para o aumento gradativo da concentração desse elemento em 1.076% do ponto P1-Y em direção ao P4-Y. Entre os pontos P4-Y para o P5-Y, localizados entre o reservatório de acumulação de Jundiáí, o Al total foi reduzido em 89,8%. Já esta situação, provavelmente, pode ter ocorrido em função de processos relacionados à decantação, mais evidente em ambientes lênticos.

2.5.6.2 Ferro (Fe)

O Fe total apresentou uma média de $743 \mu\text{g L}^{-1}$ sem a transposição e, sob o efeito da transposição, a média subiu para $1.332 \mu\text{g L}^{-1}$. Contudo, para ambos os casos, o C_V foi alto, de 92 e 391, respectivamente. Esta situação foi influenciada diretamente pelos pontos P3 e P4, os quais apresentaram concentrações expressivamente superiores aos demais pontos, em ambos os períodos. Em relação ao Fe dissolvido, a média sem transposição foi de $66 \mu\text{g L}^{-1}$ e, sob o efeito da transposição, $552 \mu\text{g L}^{-1}$. Destaca-se que o P1-Y foi o que apresentou a maior concentração dentre todos os pontos ($1.169 \mu\text{g L}^{-1}$).

Desse modo, o comportamento do Fe foi semelhante ao do Al, uma vez que também foi verificada a entrada desse metal na BH-JM devido à reversão das águas do rio Atibaia. Além disso, foi constatada uma maior concentração de Fe e Al nos pontos de amostragem P3 e P4, possivelmente devido à influência antrópica existente na região desses pontos (*e.g.*, presença de ambientes construídos, processos erosivos e mata ripária escassa) – situação observada também por Medeiros *et al.* (2016).

Observa-se ainda que maioria do Fe total pode ter sido depositada no reservatório de acumulação, provavelmente na fração particulada ($> 0,45 \mu\text{m}$), o que explica porque os níveis de Fe total são menores no ponto P5. Situação similar pode ser verificada também com o Fe dissolvido na rede de monitoramento da CETESB, visto que no ano de 2014 - entre dois pontos localizados a montante e a jusante do reservatório de acumulação de Jundiáí⁷⁷ - o percentual de não conformidade para Fe dissolvido foi de 50% e 25%, respectivamente (CETESB, 2015).

2.5.6.3 Cádmiio (Cd) e Cobre (Cu)

No período sem transposição não houve detecção de Cd, porém, com a transposição, o metal foi detectado em todos os pontos com média de $2,8 \mu\text{g L}^{-1}$ para Cd total, e $1,8 \mu\text{g L}^{-1}$ para

⁷⁷ Ponto localizado à montante do reservatório de acumulação: JUMI00500 (23° 08'43" S 46° 51'04" W). Ponto localizado à jusante do reservatório de acumulação: JUMI00800 (23° 09' 30" S 46° 54' 34" W).

Cd dissolvido. Em relação ao Cu, sem o efeito da transposição houve detecção somente de Cu total no P5-N ($1,9 \mu\text{g L}^{-1}$); já sob o efeito da transposição houve detecção deste elemento em todos os pontos amostrados, cuja média de Cu total e dissolvido foi de $8,1 \mu\text{g L}^{-1}$ e $6,8 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente.

Järup (2003) destaca que a contaminação por Cd tem sido relacionada, principalmente, ao lançamento de efluentes industriais, bem como por poluição difusa causada por substâncias presentes na composição de alguns fertilizantes sintéticos. Nesse sentido, estudos desenvolvidos por Campos (2001) na BH-JM constatou a presença de Cd e Cu no solo (até 30 cm) a taxas de até $121,7 \text{ mg kg}^{-1}$ e $70,3 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente; concentrações das quais foram relacionadas a aplicação de fertilizantes em áreas com presença de cultivares frutíferos. Consoante, Valladares *et al.* (2009) também verificaram o aumento artificial destes elementos nos solos da BH-JM em razão do cultivo de videiras manejadas com agroquímicos.

Dados de monitoramento da CETESB (2015) não apontaram nenhuma contaminação por Cd total ou Cu dissolvido na BH-JM em 2014; contudo, houve a detecção destes elementos na BH-JM entre os anos de 2009-2013, assim como na bacia do rio Atibaia⁷⁸. Destaca-se que a detecção por Cd total e Cu dissolvido pela CETESB foi registrada somente em um ponto⁷⁹ localizado em uma região mais urbanizada da BH-JM, na região do bairro Caxambu (Jardim Molinari), já no exutório da bacia.

Considera-se ainda que o aumento da vazão no rio Jundiaí-Mirim devido à transposição pode ter ocasionado, provavelmente, a ressuspensão de alguns metais presentes nos sedimentos, situação da qual pode explicar a maior concentração de Cd e Cu nesse período. Diante dos resultados observados, a concentração de Cd e Cu em alguns pontos durante a transposição superou os limites de enquadramento para cursos d'água Classe 1 (*i.e.*, Cd total $< 1,0 \mu\text{g L}^{-1}$; Cu dissolvido $< 9 \mu\text{g L}^{-1}$). Todavia, esses resultados se mostraram próximos aos obtidos por outros autores que analisaram ambientes lênticos e lóticos em áreas urbanizadas localizadas nas bacias PCJ, tais como nos estudos de Moreira e Fazza (2008) e Medeiros *et al.* (2013).

2.5.6.4 Magnésio (Mg) e Manganês (Mn)

Os resultados apontaram que houve uma redução da concentração média de Mg total (de $2.498 \mu\text{g L}^{-1}$ para $1.567 \mu\text{g L}^{-1}$) e Mg dissolvido (de $2.024 \mu\text{g L}^{-1}$ para $1.421 \mu\text{g L}^{-1}$) em decorrência da transposição. Esse fato pode ter ocorrido em função da menor concentração

⁷⁸ Ponto ATIB02010 ($23^{\circ} 06' 12'' \text{ S } 46^{\circ} 32' 42'' \text{ W}$), localizado a montante do ponto de reversão de água do rio Atibaia para a BH-JM.

⁷⁹ Ponto JUMI00500 ($23^{\circ} 08' 43'' \text{ S } 46^{\circ} 51' 04'' \text{ W}$).

desse metal nas águas do rio Atibaia, situação que pode ter promovido à redução da concentração desse elemento na BH-JM.

Essa afirmativa pode ser corroborada quando os resultados obtidos são comparados com os resultados de Mg total levantados pela CETESB (2015). Na BH-JM, entre os anos de 2009 e 2013, 83% das amostras apresentaram não conformidade em um ponto localizado cerca de 3 km a jusante do P1 utilizado neste estudo, percentual do qual foi reduzido expressivamente nos demais pontos de monitoramento da CETESB localizados a jusante deste.

Por outro lado, em um ponto de monitoramento da CETESB, localizado a montante do local de captação da transposição no rio Atibaia, foi registrado que 38% das amostras apresentaram não conformidade para Mg total (CETESB, 2015). Logo, tais resultados indicam que a concentração de Mg total nas águas do rio Atibaia é inferior a encontrada nas águas da BH-JM, haja vista ainda que, nesta última, houve uma maior ocorrência de não conformidades deste elemento na região das cabeceiras da bacia.

No que concerne ao Mn total, à concentração ao longo da BH-JM variou de $13 \mu\text{g L}^{-1}$ (P2-Y) a $103 \mu\text{g L}^{-1}$ (P3-N) nas amostras coletadas em ambos os períodos, porém as concentrações foram mais elevadas também sem a transposição. Considerando o aspecto legal, em ambos os períodos, os resultados observados atenderam o enquadramento estabelecidos para cursos d'água Classe 1 (*i.e.*, $< 100 \mu\text{g L}^{-1}$).

Do mesmo modo, verificou-se que os resultados permaneceram em quantidades normalmente encontradas em águas superficiais, cuja concentração deve ser inferior a $200 \mu\text{g L}^{-1}$ (CETESB, 2015). Moraes (2003) determinou, em pontos próximos ao P3 e P4 deste estudo, concentrações médias de Mn de $190 \mu\text{g L}^{-1}$ (em 2002) e de $260 \mu\text{g L}^{-1}$ (em 2003), concentrações superiores à média do período sem transposição ($61 \mu\text{g L}^{-1}$) e do período com transposição ($27 \mu\text{g L}^{-1}$).

Destaca-se que aumentos atípicos de Mg e Mn podem estar relacionados ainda com atividades agrícolas existentes na BH-JM, principalmente àquelas relacionadas a nutrição de videiras e a fertilidade do solo na produção de uva - onde Jundiaí e Jarinu figuram como grandes produtores do Estado (Bardin-Camparotto *et al.*, 2013). Nesse sentido, elementos como o Mg e Mn são considerados, respectivamente, macro e micronutriente essenciais às videiras (Tecchio *et al.*, 2012b).

Ademais, a carência de Mg na região de Jundiaí é bastante comum, principalmente no final do ciclo da cultura de uva (Tecchio *et al.*, 2012b), tornando-se necessário a pulverização foliar de sulfato de magnésio (MgSO_4), a fim de suprir a deficiência deste elemento (Terra, 2003 apud Tecchio *et al.*, 2012b). Do mesmo modo, o Mn está presente também nos defensivos

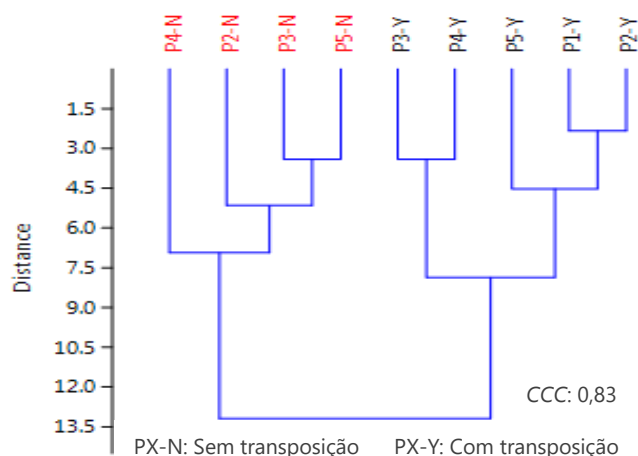
de aplicação foliar que, após a degradação da matéria orgânica, acaba retornando ao solo (Tecchio *et al.*, 2012a).

Nesse contexto, Tecchio *et al.* (2012a) avaliaram as características do solo das plantações de videiras em Jundiá, onde foi verificado teores elevados de Mg e Mn devido ao excesso de calagem e adubação realizada sem critérios técnicos. Logo, tais resultados evidenciam que há um aporte de origem antrópica desses elementos no solo que, sob efeitos das intempéries, podem estar promovendo o aumento da concentração de Mg e Mn nas águas da BH-JM. No entanto, verificou-se que, sob o efeito da transposição, a concentração desses elementos nas águas da BH-JM foi reduzida, provavelmente, devido à diluição ocasionada pelas águas do rio Atibaia.

2.5.7 Análise estatística entre os dois períodos

A análise *Anosim* apontou que houve diferenças significativas entre os dois períodos sem e com o efeito da transposição ($R = 0,91$; $p < 0,01$). Isoladamente, esta análise apontou também que houve diferenças significativas quando considerado somente os parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos ($R = 0,68$; $p < 0,01$), bem como quando foram analisados somente os resultados para metais ($R = 0,65$; $p < 0,01$). Essa diferença entre os dois períodos pode ser observada ainda a partir da análise do dendrograma apresentado na Figura 42. Nessa Figura pode ser visualizado que houve a distribuição em dois *clusters* principais, dos quais: sem transposição e com transposição.

Figura 42 – Dendrograma elaborado a partir dos resultados das análises físico-químicas, hidrobiológicas e de metais na BH-JM

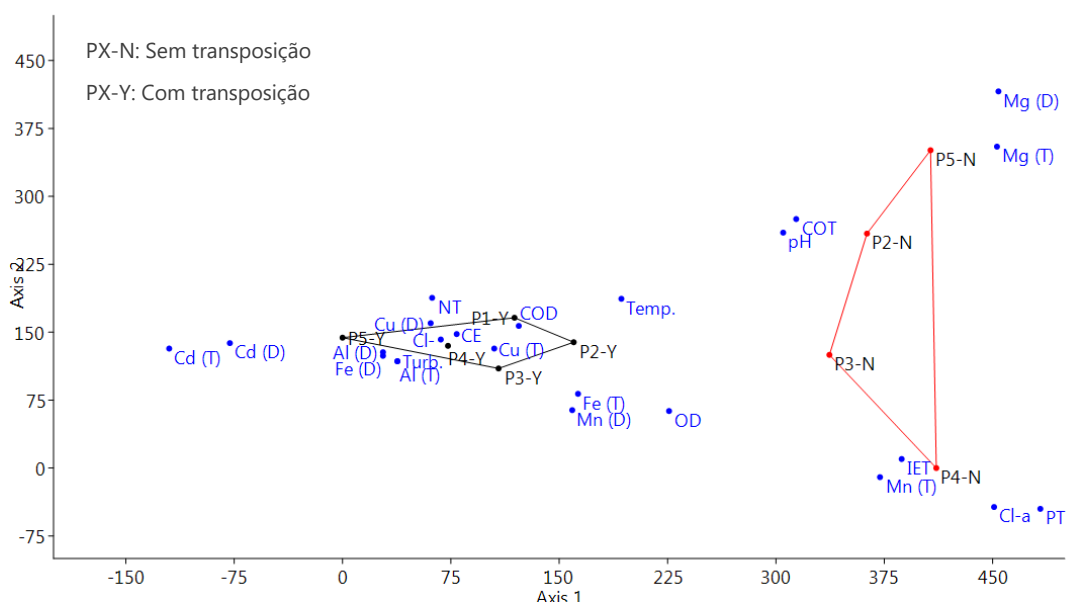


Fonte: Resultados da pesquisa.

Ainda a partir dos dados apresentados na Figura 42 foi possível verificar que, durante o período sem transposição, os pontos P3-N e P4-N tiveram uma maior similaridade entre si; já sob o efeito da transposição, uma maior similaridade foi observada imediatamente entre os pontos P1-Y/P2-Y e P3-Y/P4-Y. Logo, sob o efeito da transposição, observou-se que houve uma maior homogeneidade dos padrões de qualidade de água analisados, provavelmente devido a maior vazão propiciada pelas águas do rio Atibaia.

A partir da redução da dimensionalidade dos dados apresentados na Tabela 13 e Tabela 14, elaborada por meio da ACD (Figura 43), foi possível verificar os parâmetros que contribuíram com a formação dos 2 principais *clusters* observados na Figura 42. Para o *cluster* relacionado aos pontos sem transposição, os principais parâmetros foram: Mg total e dissolvido (maiores concentrações no P5-N); COT (maior concentração no P2-N); pH (maior pH no P2-N); Mn total (maiores concentrações no P3-N e P4-N); e IET, Cl-a e PT (maiores concentrações no P4-N). Para o *cluster* relacionado ao período com transposição, todos os demais parâmetros analisados – excetuando a temperatura e OD, dos quais apresentaram uma contribuição intermediária para ambos os períodos. Nesse sentido, destaca-se que a formação deste último foi influenciada, diretamente, pelos aumentos de Cd, Cu, Fe, Al, turbidez e CE; e, por outro lado, pelas menores concentrações dos elementos descritos no primeiro *cluster*.

Figura 43 – Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) dos pontos amostrados e respectivos parâmetros que contribuíram para suas distribuições



Fonte: Resultados da pesquisa.

2.5.8 Considerações parciais

A partir da avaliação dos parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos da água superficial da BH-JM, sem e com a influência da transposição, foi possível verificar efeitos benéficos e adversos da reversão das águas do rio Atibaia para o rio Jundiá-Mirim. Não obstante, uma maior abrangência de pontos de monitoramento e periodicidade de coleta torna-se ainda necessário a fim de obter resultados mais conclusivos⁸⁰. Contudo, no escopo desta pesquisa, as seguintes considerações podem ser feitas:

- Sem o efeito da transposição, 12% dos padrões físico-químicos e hidrobiológicos analisados não se enquadraram na Classe 1; já sob o efeito da transposição, o percentual subiu para 22%. Logo, verificou-se um aumento de parâmetros não enquadrados na Classe 1 durante a transposição;

- Dos 12 parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos analisados, 7 (58%) apresentaram aumento na concentração média (OD, Temp., CE, Turb., Cl⁻, COD e NT) em função da transposição; em contraponto, 5 (42%) apresentaram redução (pH, COT, PT, Cl-a e IET). Destes, o teste *Mann-Whitney* ($\alpha=0,05$) apontou que houve diferenças significativas para CE, Cl⁻, COD, e NT;

- Não foi detectada a presença dos herbicidas atrazina e simazina na BH-JM durante a transposição. Do mesmo modo, Oliveira (2013) também não verificou a contaminação por estes herbicidas no período sem transposição na BH-JM, nos mesmos pontos utilizados neste estudo;

- Em ambos os períodos avaliados e considerando as condições laboratoriais utilizadas, não foi detectado a presença de As, Ni dissolvido e Pb em nenhum dos pontos amostrados;

- Durante o período sem transposição, somente a concentração de Mn no P3-N (103,2 $\mu\text{g L}^{-1}$) ficou levemente acima do limite da Classe 1 ($<100 \mu\text{g L}^{-1}$). Considerando o período com transposição, houve concentrações acima dos limites de enquadramento Classe 1 para os seguintes metais: Al dissolvido (P1-Y, P3-Y, P4-Y e P5-Y); Cd total (todos os pontos); e Fe dissolvido (todos os pontos);

- A transposição ocasionou o aumento da concentração de Al total e dissolvido, Cu total e Fe total e dissolvido. Em oposição, houve uma redução da concentração de Mg total e dissolvido e Mn total e dissolvido. Dos metais totais e dissolvidos analisados por meio do teste

⁸⁰ Nesse contexto, Beghelli *et al.* (2016) demonstrou que análises baseadas em um único esforço amostral podem produzir resultados robustos quando se utiliza variados indicadores de qualidade de água.

Mann-Whitney ($\alpha=0,05$), os resultados apontaram que houve diferenças significativas para: Al total e dissolvido; e Mg total e dissolvido;

- A análise *Anosim* apontou que houve diferenças significativas entre os dois períodos sem e com o efeito da transposição ($R= 0,91$; $p < 0,01$), sendo possível verificar ainda, por meio do dendrograma, a formação de 2 *clusters* relativos aos períodos sem e com transposição;
- Os impactos ambientais positivos foram observados durante a transposição devido à redução da eutrofização (resultado das menores concentrações de Cl-a e PT) e diminuição da concentração de Mg e Mn, fatos do quais podem estar relacionados ao aumento artificial do fluxo hídrico;
- Os impactos ambientais negativos observados estão associados à introdução de íons das águas do rio Atibaia e a formação de processos erosivos que ocasionaram uma maior concentração de alguns metais (*e.g.*, Al e Fe), associado ainda a ressuspensão de sedimentos. Os processos erosivos também refletiram na maior concentração da CE e Turb., sobretudo na região dos pontos P3 e P4.

2.6 Políticas públicas

2.6.1 Contextualização

O município de Jundiaí evidenciou um visível crescimento econômico e populacional nas últimas décadas. Dentre outros indicadores desse crescimento, destaca-se o PIB *per capita* municipal (R\$ 94 mil ano⁻¹) (SEADE, 2014) e a taxa média de crescimento anual (1,07% a.a.) (SEADE, 2016), cujos resultados se revelam superiores ao do Estado. No Brasil, o crescimento econômico e populacional sem o devido planejamento denota inúmeras externalidades, principalmente àquelas relacionadas à degradação ambiental, exigindo, portanto, ações concretas da administração pública no tange a proteção ambiental⁸¹ (Mello e Sathler, 2015). Nessa perspectiva, os estudos relacionados a políticas públicas ambientais representam instrumentos importantes de análise, uma vez que estes fornecem uma regulamentação governamental necessária à melhoria da qualidade ambiental (Revesz e Stavins, 2007).

De acordo com Souza (2006), o estudo de políticas públicas emerge da necessidade de entender as razões e circunstâncias as quais os governos determinam e direcionam suas ações. Na formulação das políticas públicas os governantes traduzem e executam seus propósitos por

⁸¹ A proteção ambiental refere-se a qualquer atividade voltada a manutenção ou restauração da qualidade ambiental e envolve, dentre outros fatores, a prevenção à degradação das paisagens e ecossistemas (UN, 1997). Nessa concepção, a proteção ambiental foi entendida neste estudo como ações relacionadas a medidas preservacionistas e conservacionistas do meio ambiente.

meio de planos, programas e projetos (*i.e.*, colocam o governo em ação), resultando, assim, em eventuais benefícios aos governados. Souza (2006) resumiu ainda os principais elementos que constituem as políticas públicas, dentre os quais: o que o governo intenta fazer e o que, de fato, faz; envolve múltiplos atores formais e informais; não se limita a criação de leis e regras; baseia-se em objetivos e, essencialmente, é de longo prazo – apesar de resultar benefícios de curto prazo.

Ante ao exposto, verifica-se a abrangência teórico-conceitual das políticas públicas, bem como a infinidade de elementos que podem compô-las. Neste estudo, pautou-se em discutir as políticas públicas materializadas por meio de atos normativos - embora, conforme destacado acima, tais não se limitam somente a esse aspecto.

Dessa forma, este tópico visou identificar e discutir as políticas públicas de natureza legal de proteção ambiental relacionadas à BH-JM. Para este fim, foram levantados atos normativos na base legislativa estadual (São Paulo) e municipal (Jundiaí). Assim, primeiramente é apresentado a metodologia adotada e respectivos critérios de pesquisa; posteriormente são apresentados os resultados e discussões relativas aos atos normativos identificados; e, por fim, são apresentadas as principais considerações finais frente aos resultados encontrados.

2.6.2 Método

O desenvolvimento metodológico do indicador “políticas públicas” se deu por meio de pesquisa bibliográfica e documental, onde foi utilizada uma abordagem histórico-descritiva do aparato legislativo ambiental aplicável à BH-JM. A pesquisa documental foi realizada por meio da consulta de atos normativos (em vigor) relativos a medidas protecionistas da BH-JM; já a pesquisa bibliográfica visou identificar bibliografias a fim de subsidiar as discussões.

Desse modo, foram consultadas as bases de dispositivos legais apresentadas no Quadro 16, cujas palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: Jundiaí-Mirim; Jundiaí Mirim; Jundiaí Mirim; e bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim. Na pesquisa, devido ao município possuir um bairro homônimo, foi excluído todos os resultados que retomassem a essa informação.

Quadro 16 – Base de dados consultados no levantamento do aparato legislativo-ambiental da BH-JM

Base	Sub-base	Filtros utilizados	Fonte
Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP)	Base de Legislação do Estado de São Paulo	<ul style="list-style-type: none"> • Leis Ordinárias; • Leis Complementares; • Emenda Constitucional; • Resoluções da ALESP; <ul style="list-style-type: none"> • Resoluções; • Decretos do Executivo; • Decretos Legislativos; <ul style="list-style-type: none"> • Decretos-Leis; • Decretos-Leis Complementares; • Atos e Decisões da ALESP. 	ALESP (n. d.)
Prefeitura Municipal de Jundiaí (PMJ)	Unidade de Gestão de Planejamento Urbano e Meio Ambiente	Leis Ambientais; Atos Normativos.	PMJ (2016?-b)
	Departamento de Licenciamento de Obras e Instalações (DELOI)	Legislação.	PMJ (2016?-a)
Câmara Municipal de Jundiaí (CMJ)	OpenLegis - Sistema Aberto de Gestão Legislativa	Normas Jurídicas; Ato Legislativo; Decreto do Executivo; Decreto Legislativo; Emenda à Lei Orgânica; Lei; Lei complementar; Portaria; Resolução.	CMJ (n. d.)
DAE Jundiaí	Legislação	Legislação Municipal; Legislação Estadual; Portarias DAE; Normas Técnicas.	DAE (2016?-c)

Fonte: Autoria própria.

2.6.3 Resultados

A partir dos critérios estabelecidos foi possível identificar 14 medidas legais em vigor aplicáveis direta ou indiretamente à BH-JM, sendo 9 normas municipais (das quais: 8 Leis e 1 Resolução) e 5 estaduais (das quais: 1 Lei; 3 Decretos; e 1 Resolução). No Quadro 17 são apresentadas as políticas públicas (medidas legais) identificadas relacionadas à proteção da BH-JM, assim como seus respectivos propósitos:

Quadro 17 – Políticas públicas (medidas legais) de proteção ambiental relacionadas à BH-JM

Políticas públicas (medidas legais)	Principais propósitos	Fonte
Lei Municipal nº 2.405, de 10 de Junho de 1980 (Lei de proteção aos mananciais - atualizada até a Lei 7.503 de 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Disciplinou o uso do solo visando à proteção das coleções hídricas de Jundiaí; • Estabeleceu como área de proteção ambiental a BH-JM da barragem de captação até os limites municipais, incluindo todos os afluentes do rio Jundiaí-Mirim; • Estabeleceu que projetos de urbanização ou qualquer atividade econômica na BH-JM devem ter anuência dos órgãos competentes municipais, inclusive do DAE S.A. Jundiaí; <ul style="list-style-type: none"> • Uso prioritário das águas da BHJM para o abastecimento público; • Proibiu a pesca, esportes náuticos ou outras atividades que possam prejudicar a qualidade da água dos reservatórios de abastecimento públicos localizados na BH-JM; • Proibiu empreendimentos que possuam efluente líquido que possam afetar a qualidade das águas protegidas pela Lei; <ul style="list-style-type: none"> • Restringiu à expansão de empreendimentos existentes anteriores a Lei de proteção dos mananciais. 	Jundiaí (1980)
Lei Estadual nº 4.095, de 12 de junho de 1984 (atualizada até a Lei nº 12.290, de 02 de março de 2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Declarou a Área de Proteção Ambiental (APA) a região urbana e rural de Jundiaí, incluindo toda a área de drenagem da BH-JM; <ul style="list-style-type: none"> • Restringiu atividades e obras de terraplanagem que podem provocar a acelerada perda de solo. 	SP (1984)
Decreto Estadual nº 24.839, de 06 de março de 1986	<ul style="list-style-type: none"> • Enquadrou o rio Jundiaí-Mirim e seus afluentes em cursos d'água Classe 1. 	SP (1986)
Lei orgânica do município de Jundiaí, de 05 de abril de 1990 (atualizada até 22 de dezembro de 2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Estabeleceu a BH-JM como área de proteção ambiental; • Proibiu o lançamento de resíduos industriais e orgânicos na BH-JM. 	Jundiaí (2015c)
Lei Municipal nº 3.522, de 06 de abril de 1990	<ul style="list-style-type: none"> • Proibiu o lançamento de qualquer substância poluidora oriunda de atividades econômicas nas águas da BH-JM; <ul style="list-style-type: none"> • Estabelece sanções pecuniárias aos infratores. 	Jundiaí (1990)
Lei Municipal nº 5.032, de 08 de setembro de 1997	<ul style="list-style-type: none"> • Autorizou o DAE Jundiaí a fornecer água não tratada do rio Jundiaí-Mirim a empresas que utilizam este recurso em seus processos produtivos. 	Jundiaí (1997a)

(continua)

Decreto Estadual nº 43.284, de 03 de julho de 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Estabeleceu a Zona de Conservação Hídrica a fim de proteger em termos qualitativos e quantitativos os cursos d'água mananciais da APA Jundiá e, especificamente, a BH-JM. 	SP (1998)
Lei Municipal nº 5.221, de 31 de dezembro de 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Autorizou o DAE alienar áreas públicas para implantação de equipamentos recreativos e urbanização no entorno da represa de acumulação de Jundiá. 	Jundiá (1998b)
Decreto Municipal nº 18.148/2001	<ul style="list-style-type: none"> • Destacou a necessidade, a nível municipal, da rigorosa observância as normas estaduais e federais na delimitação de áreas de preservação ambiental situadas ao longo dos cursos d'água, lagoas, nascentes e reservatórios. 	Jundiá (2001)
Lei Municipal nº 8.203, de 28 de abril de 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Incluiu investimentos financeiros para obras de complementação da barragem do rio Jundiá-Mirim no Plano Plurianual Municipal. 	Jundiá (2014b)
Resolução Estadual Conjunta SMA/SSRH nº 001, de 05 de junho de 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Destinou a BH-JM (e outras bacias) recursos financeiros a fim da recuperação de suas matas ciliares e à recomposição da vegetação. 	SP (2014b)
Lei Municipal nº 8.607, de 16 de março de 2016	<ul style="list-style-type: none"> • Criou o programa "Nascentes de Jundiá" visando à conservação, recuperação e proteção dos mananciais; • Autorizou o poder executivo prestar apoio financeiro e/ou técnico aos proprietários rurais que aderirem ao programa. 	Jundiá (2016d)
Lei Municipal nº 8.673, de 15 de junho de 2016	<ul style="list-style-type: none"> • Instituiu, nas datas comemorativas ambientais do município, o dia do rio Jundiá-Mirim. 	Jundiá (2016c)
Lei Municipal nº 8.683, de 07 de julho de 2016	<ul style="list-style-type: none"> • Institui o Plano Diretor do Município de Jundiá; • Criou a Zona de Proteção e Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Jundiá- Mirim e Capivari e Ribeirão Cachoeira/Caxambu. 	Jundiá (2016b)

(conclusão)

Fonte: Resultados da pesquisa.

2.6.4 Discussões

2.6.4.1 Leis gerais municipais relacionadas à proteção do meio ambiente e recursos hídricos

Na Lei Orgânica do Município de Jundiáí (Jundiáí, 2015c), que rege as regras básicas de funcionamento da administração pública local, foi possível constatar medidas legais protecionistas relacionadas diretamente à BH-JM e demais cursos d'água mananciais da cidade, como o córrego do Moisés e ribeirão Caxambú (declarados como áreas de proteção ambiental na referida Lei). Do mesmo modo, no capítulo IV (do Meio Ambiente) desta Lei é destacado que as nascentes localizadas no território do município devem ser protegidas pelo Poder Público, assim como as suas paisagens notáveis.

Por sua vez, o Decreto Municipal nº 18.148/2001 (Jundiáí, 2001) aborda sobre o compromisso do município com as normas estaduais e federais relativas à criação de faixas de proteção ambiental, situadas às margens dos cursos d'água, lagos, nascentes e reservatórios. Logo, não traz nenhuma nova regulamentação, porém reforça o compromisso do município em atender rigorosamente às disposições estabelecidas por estas normas externas ao município. Este Decreto reforçou ainda a necessidade de licenciamento ambiental quando os dispositivos legais estaduais e federais não puderem ser atendidos nas referidas áreas.

A Lei Municipal nº 2.405/1980 (Jundiáí, 1980), também intitulada como Lei de Proteção aos Mananciais, proibiu na BH-JM a implantação de sistemas de tratamento de resíduos sólidos, bem como estabeleceu que todo o resíduo sólido gerado na bacia deve ser retirado das áreas protegidas. Assim como, estabeleceu que as edificações, não ligadas à rede pública de esgotamento sanitário, deveriam possuir fossas sépticas.

A Lei de Proteção aos Mananciais (Jundiáí, 1980) definiu ainda a competência dos órgãos vinculados a Prefeitura Municipal de Jundiáí na análise dos aspectos relacionados às edificações e empreendimentos econômicos na BH-JM; já no que tange a análise da proteção hídrica da bacia, esta ficou sob a competência direta da DAE Jundiáí. Desse modo, todos os processos de licenciamento ambiental de atividades econômicas nas áreas de proteção expressas por esta Lei devem, primeiramente, passar pelos órgãos da Prefeitura e da DAE antes de serem avaliados por outros órgãos públicos.

Nesse sentido, e em observância a subordinação aos órgãos estaduais e federais, coube a PMJ e a DAE⁸² fiscalizar e aplicar sanções relativas às áreas protegidas nos seguintes aspectos (Jundiaí, 1980, art. 5.1):

- I – condições de passagem de canalização;
- II – condições de coleta, transporte e destino final de esgotos e resíduos;
- III – condições e limites quantitativos de produtos nocivos que poderão ser armazenados, sem riscos para a qualidade dos recursos hídricos;
- IV – emprego de defensivos e fertilizantes e prática de atividades agrícolas e de criação de animais, que deverão ser limitadas às formas que não contribuam para a deterioração dos recursos hídricos;
- V – exigências a serem cumpridas pelas indústrias existentes ou em construção e o plano de remanejamento das que não puderem permanecer;
- VI – ampliação e aumento de escala de produção dos estabelecimentos industriais;
- VII – movimentação de terra;
- VIII – desmatamento;
- IX – uso das coleções de água;
- X – pavimentação e impermeabilização do solo;
- XI – uso do solo;
- XII – demais atividades que possam vir a interferir na qualidade das coleções de água.

Diante das leis elencadas, verifica-se que há um aparato jurídico básico (e amplo) relativo à proteção ambiental e, especificamente, dos recursos hídricos do município, que remota aos anos 80. Nota-se ainda o compromisso firmado pelo município no cumprimento dos requisitos legais ambientais, assim como a competência dada a PMJ e a DAE, a nível municipal, nas questões relativas de fiscalização e aplicação de sanções aos agentes que causem degradação ambiental.

2.6.4.2 Legislações relativas à APA Jundiaí e medidas protecionistas concernentes a BH-JM

A criação e gestão de uma APA denotam ações específicas dos órgãos gestores estaduais e municipais, uma vez que se trata de uma unidade de uso sustentável que já possui certo nível de ocupação antrópica, constituídas de propriedades públicas e privadas (Brasil, 2000a). Fundamentalmente, visando à sustentabilidade do uso dos recursos naturais, os órgãos gestores competentes devem estabelecer normas que limitam ou proíbam nas APAs (Brasil, 1981, art. 9º):

⁸² A DAE possui em sua estrutura interna a gerência de Proteção de Mananciais, encarregada de fiscalizar as 16 sub-bacias da BH-JM, bem como outras áreas estratégicas fora desta bacia, como o córrego da Estiva. Entre outubro de 2016 e junho de 2017 foram emitidas 32 notificações pela fiscalização, bem como foi avaliado mais de 225 processos relacionados a atividades econômicas nas regiões de manancial de Jundiaí (DAE, 2017b).

- a) A implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais de água;
- b) A realização de obras de terraplenagem e a abertura de canais, quando essas iniciativas importarem em sensível alteração das condições ecológicas locais;
- c) O exercício de atividades capazes de provocar uma acelerada erosão das terras e/ou um acentuado assoreamento das coleções hídricas;
- d) O exercício de atividades que ameacem extinguir na área protegida as espécies raras da biota regional.

Dentro dessas premissas foi criado a APA Jundiaí, por meio da Lei Estadual nº 4.095/1984 (SP, 1984), da qual enfatizou, explicitamente, como área de proteção ambiental toda a área de drenagem da BH-JM. Contudo, inicialmente esta Lei descrevia somente como APA a porção de terra localizada nos limites municipais de Jundiaí, redação da qual foi alterada somente 22 anos depois por meio da Lei 12.290/2006 (SP, 2006) - momento do qual foram incluídas também as porções de terras da BH-JM localizadas em Jarinu e Campo Limpo Paulista. Assim, de forma integrada e articulada entre esses municípios, uma governança intermunicipal⁸³ pode ser articulada a fim de evitar e/ou impedir atividades degradadoras do meio ambiente na bacia.

Posterior a Lei Estadual nº 4.095/1984 (SP, 1984) foi promulgado o Decreto Estadual nº 24.839/1986 (SP, 1986), do qual enquadrou o rio Jundiaí-Mirim e todos os seus afluentes em cursos d'água Classe 1⁸⁴. Dessa forma, constitui-se, a partir deste Decreto, um importante instrumento de gestão para o monitoramento da qualidade da água da BH-JM. Especificamente, denota-se ainda um avanço legislativo no que diz respeito à preservação das águas da BH-JM, uma vez que esse tipo de classificação, a nível nacional, foi estabelecido somente anos depois a partir da Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005).

O Decreto Estadual nº 43.284/1998 (SP, 1998) visou regulamentar a Lei Estadual nº 4.095/1984 (SP, 1984). Nesta regulamentação foram reforçados os propósitos iniciais da criação da APA Jundiaí, principalmente no que tange a proteção dos recursos hídricos, sendo então instituída a zona de conservação hídrica, da qual abrangeu toda a extensão da BH-JM. Ao mesmo tempo foram ainda estabelecidas ações a fim de se evitar processos erosivos, seja por meio de planos específicos de manejo do solo agrícola ou na exigência de licenciamento ambiental em projetos urbanísticos na BH-JM.

⁸³ Nesse contexto, outro fator a ser considerado na governança intermunicipal da BH-JM foi à criação da Aglomeração Urbana de Jundiaí (AUJ) (SP, 2011b) e a criação do Circuito das Frutas (SP, 2002), onde ambos instituem preceitos de sustentabilidade, bem como favorecem o diálogo entre os municípios integrantes.

⁸⁴ Segundo o Decreto Estadual nº 8.468/1976 (SP, 1976b, art. 7, inc. 1), que classificou as águas interiores do Estado em classes de usos progressivas, as águas Classe 1 são aquelas “destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção”. Este Decreto estabeleceu ainda as Classes 2, 3 e 4, sendo a Classe 4 representativa das águas com usos menos exigentes e/ou que necessitam de um tratamento avançado para consumo o humano.

Nos anos 90, frente aos problemas relacionados à poluição causada por indústrias situadas nas proximidades do rio Jundiá-Mirim, a Lei Municipal nº 3.522/1990 (Jundiá, 1990) foi promulgada a fim de vetar qualquer lançamento de substâncias poluidoras nos cursos d'água oriundas das atividades econômicas. Logo, verifica-se que, à época, a BH-JM já apresentava problemas relacionados à expansão industrial do município. Destaca-se, ainda a importância dada à matéria, haja vista que o Projeto de Lei 4.949/1989 (Jundiá, 1989) foi recomendado pelas Comissões competentes da Casa Legislativa e aprovado por unanimidade pela Câmara de Vereadores de Jundiá (*ibid.*), refletindo, assim, uma preocupação em proteger a bacia.

Em 2004 foi criado o Sistema de Proteção das Áreas da Serra do Japi, por meio da Lei Municipal Complementar 417/2004 (Jundiá, 2004), onde foi restringida qualquer nova ocupação na Reserva Biológica da Serra do Japi, bem como foi estabelecido padrões rígidos de ocupação nas áreas de amortecimento da Reserva⁸⁵. Fanelli e Santos Junior (2013) discorrem que com a restrição de ocupação na região da Serra do Japi, que ocupa cerca de um terço do território de Jundiá, houve uma grande ocupação nas demais áreas do município – culminando, inclusive, nos processos de conurbação entre os municípios de Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista.

Nesse sentido, essa problemática pode ser melhor compreendida quando se analisa o macrozoneamento vigente em Jundiá, onde pode ser observado a abrangência e dispersão da Zona de Estruturação e Qualificação Urbana do município e seus respectivos fragmentos na Zona de Proteção Ambiental, Hídrica e Desenvolvimento Rural. Por outro lado, nota-se uma menor ocorrência desta zona de estruturação na zona de proteção da Serra do Japi, dado a maior restrição existente nessa área. Logo, observa-se um problema decorrente da criação de áreas protegidas em regiões de grande crescimento e adensamento populacional, suscitando a necessidade de ações concretas da gestão municipal na criação e efetivação de políticas públicas de controle e direcionamento do tecido urbano, principalmente nas áreas de produção hídrica.

2.6.4.3 Lei municipal de autorização de comercialização de água do rio Jundiá-Mirim

A Lei nº 5.032/1997 (Jundiá, 1997a) autorizou a DAE a fornecer água bruta a empresas que utilizam os recursos hídricos como insumo em seus processos produtivos. Dessa forma, foi permitido a DAE fornecer água não tratada para empresas do município, mediante cobrança.

⁸⁵ No entorno da Reserva Biológica do Japi foram estabelecidas as seguintes zonas de amortecimento: Ermida; Malota; e Terra Nova (Jundiá, 2004). Além destas, ainda há a zona de preservação, restauração e recuperação ambiental localizada no entorno da Reserva, cuja área foi estabelecida durante seu tombamento pela CONDEPHAAT (SP, 1983).

Esse fornecimento ficou condicionado ainda à autorização *ad referendum* da Câmara Municipal, para novas empresas ou para aquelas que desejem aumentar o fornecimento já concedido (*ibid.*). Diante disso, verifica-se a importância dos recursos hídricos da BH-JM à economia do município, mérito que pode ser também verificado pelos pareceres das Comissões avaliadoras⁸⁶ que aprovaram, por unanimidade, o Projeto de Lei 7.109/97 (Jundiaí, 1997b) - da qual derivou a referida Lei (Jundiaí, 1997a).

Nessa conjuntura, Coates *et al.* (2012) ressaltam de forma reflexiva a reciprocidade envolvida no crescimento econômico ancorado no aumento do uso industrial da água, onde: enquanto as forças econômicas ocasionam uma pressão nos recursos hídricos, a disponibilidade e o estado deste recurso também influenciam e/ou limitam as atividades econômicas. Do mesmo modo, deve ser considerado o viés político-econômico envolvido no processo de fornecimento de água, uma vez que eventuais liberações de consumo das águas da BH-JM, por intermédio dos entes aludidos, possam vir a ser avaliados sem considerar critérios estritamente técnico-ambientais, assim como, com base nos usos preponderantes deste recurso, sobretudo em situações de déficit hídrico⁸⁷.

2.6.4.4 Lei municipal de alienação de área pública

A Lei Municipal nº 5.221/1998 (Jundiaí, 1998b) reclassificou e autorizou a DAE a alienar áreas públicas localizadas no entorno da represa de acumulação de Jundiaí, na região do bairro Jardim Florestal. Dentre outros fatores, o propósito foi o de permitir a companhia à implantação de espaços e estabelecimentos sujeitos ao cumprimento de normas e critérios específicos, tais como aqueles voltados à preservação cultural e ambiental (*e.g.*, monumentos históricos, proteção hídrica e áreas de valor paisagístico).

A referida Lei estabeleceu alguns requisitos a serem cumpridos pelo alienador, dos quais se destacam (Jundiaí, 1998b):

- Implantação de faixas de preservação permanente;
- Implantação de bosques;
- Realocação de interceptores de esgotos;

⁸⁶ Este Projeto de Lei teve parecer favorável das seguintes Comissões: Justiça e Redação; Economia, Finanças e Orçamentos; Obras e Serviços Públicos; e Defesa do Meio Ambiente (Jundiaí, 1997b).

⁸⁷ Nessa perspectiva, ressalta-se a apuração feita pelo Ministério Público de São Paulo (MPSP) a fim de verificar o volume de água bruta fornecido pela DAE a uma indústria de refrigerantes do município, sendo verificado que a companhia fornecia o volume mínimo anual de 2,5 mil m³ anuais ou cerca de 80 L s⁻¹ (MPSP, 2014). Esta vazão corresponde a 20% da vazão média do rio Jundiaí-Mirim informado pelo DAE (*i.e.*, 400 L s⁻¹) (DAE, 2016?-a).

- Fechamento do perímetro com alambrado e vegetação (cerca viva);
- Controle de acesso público à área;
- Implantação de arruamentos;
- Uso mínimo de áreas impermeabilizadas.

Contudo, por ser tratar de um projeto urbanístico localizado em uma área de relevante interesse ambiental⁸⁸ (Jundiaí, 1980; Jundiaí, 2015b; Jundiaí, 2016b), houve a propositura de o alienador apresentar a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) – conforme preconizado na Resolução CONAMA nº 01/86 (Brasil, 1986)⁸⁹, assim como em atenção a Lei Orgânica Municipal (Jundiaí, 2015c)⁹⁰. Contudo, a Casa Legislativa rejeitou essa propositura, conforme pode ser verificado na Emenda nº 1 do Projeto de Lei 7.441/98 (Jundiaí, 1998a); o que reflete, assim, uma eventual flexibilização no processo de implantação do projeto.

Assim, embora os estudos ambientais apresentados atestassem a viabilidade ambiental das intervenções propostas, bem como aludido os benefícios sociais da implantação de equipamento recreativos na área (Jundiaí, 1998a), deve ser ressaltado o baixo benefício ecossistêmico propiciado pela área em termos de proteção dos recursos hídricos e da fauna e flora.

Na Figura 44 (A, B, C e D) são apresentadas imagens da área em tela, onde é possível verificar a baixa representatividade de exemplares da mata nativa local, bem como ausência de recomposição ciliar arbustiva, medidas das quais reduziriam os impactos de borda do reservatório de acumulação.

⁸⁸ Área classificada pelo Plano Diretor de Jundiaí de 2016 como uma Zona Especial de Proteção Ambiental (Jundiaí, 2016b).

⁸⁹ A Resolução CONAMA nº 01/1986 estabeleceu a exigência da elaboração de EIA/RIMA em diversas situações e, para o caso em questão: “projetos urbanísticos, acima de 100 ha ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) e dos órgãos estaduais ou municipais” (Brasil, 1986, art. 2º, inc. XV).

⁹⁰ A Lei Orgânica de Jundiaí estabelece que “nos serviços públicos prestados pelo Município e na sua concessão, permissão e renovação deverão ser avaliados os serviços e seu impacto ambiental (Jundiaí, 2015c, art. 166)”.

Figura 44 – Imagens do Parque da Cidade⁹¹ localizado na margem esquerda (sentido Jundiaí-Itatiba) do km 66 da rodovia João Cereser, em Jundiaí - SP



Fonte: Acervo fotográfico público da Prefeitura Municipal de Jundiaí (PMJ, entre 2005 e 2009).

Assim, a partir das análises das imagens supracitadas, verifica-se que houve a criação de uma área cujo paisagismo foi elaborado nos moldes dos jardins europeus, em oposição à criação de uma área cujos moldes deveriam refletir, por razões ecossistêmicas, o bioma local. Não obstante, deve ser considerado que a criação de um parque nesta área veio a contribuir com a redução de especulações imobiliárias, assim como para evitar ocupações irregulares⁹² – tal como as ocorridas às margens dos reservatórios de abastecimento da capital paulista (Fontana *et al.*, 2014; Pires *et al.*, 2015).

2.6.4.5 Lei municipal para investimentos na barragem do rio Jundiaí-Mirim

A Lei Municipal nº 8.203/2014 (Jundiaí, 2014b) incluiu investimentos financeiros para obras de complementação da barragem do rio Jundiaí-Mirim no Plano Plurianual Municipal 2014-2017. A justificativa, expressa nesta Lei, foi à preservação de área ambiental e proteção

⁹¹ O Parque da Cidade foi inaugurado em 21 de abril de 2004 e conta com uma área de 500 mil m² (PC, 2015?).

⁹² Esta situação é destacada também na descrição do Parque da Cidade, onde é abordada a importância da área para a proteção do reservatório de acumulação frente a possíveis ocupações irregulares (PC, 2015?).

de mananciais. No entanto, os investimentos de 4 milhões previstos (Jundiaí, 2014b) foram direcionados a obras de alteamento da represa de acumulação e desapropriações⁹³ de imóveis localizados nas imediações (Jundiaí, 2014a). Dados do Ministério do Planejamento apontam ainda que entre 2007 e 2010, por meio Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), houve um aporte de quase R\$ 18,7 milhões (em estágio concluído) de recursos voltados à complementação da represa de Jundiaí (Brasil, 2017b).

Assim, verifica-se que há uma notória preocupação do município e respectivos órgãos gestores na ampliação da capacidade de armazenamento de água no município sem, no entanto, explicitar a execução de ações destinadas à produção de água na BH-JM. Nesse sentido, considera-se ainda que, embora haja um aumento da área útil de armazenamento de água, esta pode ser reduzida ao longo do tempo se ações diretas na bacia também não forem executadas. Nessa perspectiva, devem ser ressaltados os problemas relacionados aos processos erosivos existentes na BH-JM (Moraes, 2003; Freitas *et al.*, 2013; Medeiros *et al.*, 2016; Moraes, 2016a; Machado *et al.*, 2018), dos quais intensificam o carreamento de sedimentos para o reservatório de acumulação e captação.

Tais processos erosivos incorrem ainda em custos diretos e onerosos na manutenção da capacidade de armazenamento de água em reservatórios (Liu *et al.*, 2017). Nesse sentido, em 2008 a DAE investiu cerca de R\$ 1,5 milhão em obras de desassoreamento no reservatório de acumulação, onde foi retirado mais de 100 mil m³ de detritos acumulados (DAE, 2008b). Já em 2017 a companhia destinou cerca de R\$ 4,5 milhões para obras de desassoreamento do reservatório (DAE, 2017g). Ainda no aspecto econômico, outro fator a ser observado é o aporte excessivo de nutrientes, responsável pela proliferação descontrolada de macrófitas aquáticas em reservatórios de abastecimento (Pompêo, 2017). Esta situação já foi registrada nos reservatórios de Jundiaí, onde estudos apontaram a necessidade da retirada de 80% das macrófitas presente no reservatório de acumulação (DAE, 2017d), a um custo próximo a R\$ 1,1 milhão (DAE, 2017e).

Similarmente, destacam-se ainda os investimentos previstos pela DAE para o período de 2017-2018. Neste período, é relacionada uma série de investimentos em obras e serviços para o sistema de abastecimento de Jundiaí, cuja montante chega a 25 milhões (ARES-PCJ, 2017). Contudo, verifica-se que, dos 67 itens de investimentos, não há nenhum diretamente relacionado a ações voltadas à redução de processos erosivos, assim como à preservação e/ou

⁹³ Nesse escopo, destaca-se a Lei 5.037/1999 de criação da DAE, que autorizou a companhia “a promover, amigável ou judicialmente, desapropriações de bens necessários ao atendimento de suas finalidades, previamente declarados de utilidade pública pelo Poder Executivo Municipal” (Jundiaí, 1999, art. 9º).

conservação de áreas estratégicas de produção natural de água na BH-JM ou para ações voltadas ao uso eficiente da água.

2.6.4.6 Programas de incentivo de recuperação de áreas de mananciais

Em 2014, por meio do Decreto Estadual nº 60.521/2014, o governo do estado de São Paulo instituiu o “Programa de Incentivos à Recuperação de Matas Ciliares e à Recomposição de Vegetação nas Bacias Formadoras de Mananciais de Água – Programa Mata Ciliar, com o objetivo de ampliar a proteção e conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade [...]” (SP, 2014a, art. 1º). Posteriormente, este Decreto foi regulamentado pela Resolução conjunta SMA/SSRH⁹⁴ nº 001/14 (SP, 2014b), ocasião em que foram estabelecidas as áreas iniciais prioritárias de intervenção do Programa.

Dentre outras bacias, o Programa Mata Ciliar selecionou a bacia do rio Jundiaí e a BH-JM como áreas iniciais de intervenção, com foco em ações de recuperação ambiental nas margens dos cursos d’água e nascentes na região de cabeceiras (SP, 2014b). Contudo, a área inicial de intervenção prevista no Programa para as referidas áreas foi de apenas 700 hectares (ha); o que representa 3,9% do total de áreas beneficiadas no Estado pelo Programa (*i.e.*, 18.077 ha)⁹⁵ (SP, 2014b) e, apenas, 0,6% da área total da bacia do rio Jundiaí (*i.e.*, 111.403 ha) (CBH-PCJ, 2016).

No âmbito municipal, a primeira tratativa legal visando à criação de um programa ambiental voltado a proteção de nascentes foi feita no início de 2016, por meio do Projeto de Lei 12.008/2016 (Jundiaí, 2016a). Tal propositura foi fundamentada na importância da proteção das nascentes e cursos d’água do município, bem como em função da constatação do decréscimo da produção de água na BH-JM, dado a degradação de áreas importantes para a produção de água (*ibid.*)⁹⁶. Logo, verifica-se que houve um entendimento da gestão municipal dos problemas ambientais existentes na BH-JM, bem como a necessidade da criação de medidas legais visando saná-los ou dirimi-los.

Como resultado da discussão dessa matéria, foi promulgada a Lei Municipal nº 8.607/2016 (Jundiaí, 2016d), momento em que foi instituído o “Programa Nascentes de Jundiaí”, cujo propósito principal foi o de estabelecer ações para recuperação, conservação e

⁹⁴ Secretaria de Meio Ambiente (SMA)/Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SSRH).

⁹⁵ O Programa Mata Ciliar identificou 10 áreas de intervenção inicial, englobando as bacias do Alto Tiête, PCJ e Paraíba do Sul. A maior área de intervenção foi na bacia do Paraíba do Sul (4.293 ha na sub-bacia do rio Una); e a menor nas bacias PCJ (228 ha na microbacia do Ribeirão Bom Jardim) (SP, 2014b).

⁹⁶ Nesse sentido, destaca-se o mapeamento e caracterização de 1,4 mil nascentes do município feito pelo DAE e PMJ, onde foi constatado que 390 destas estavam degradadas e 456 mereciam estado de atenção (PMJ, 2016a).

proteção dos mananciais do município. Dessa forma, criou-se, a nível municipal, um importante instrumento de proteção dos recursos hídricos, assim como foi instituído concepções importantes, das quais se destacam (Jundiaí, 2016d):

- Proteção dos recursos hídricos tendo como base padrões qualitativos e quantitativos;
- Inclusão do conceito de serviços ambientais e ecossistêmicos como forma de se atingir a sustentabilidade dos recursos hídricos e da manutenção das condições necessárias à vida;
- Seleção das áreas prioritárias para proteção ambiental com base em critérios técnicos e legais – mediante regulamentação específica, realizada por uma equipe multidisciplinar composta por representantes das Secretárias Municipais e do DAE;
- Cadastramento e apoio financeiro e/ou técnico *in loco* aos participantes do Programa a fim do cumprimento das metas previamente estabelecidas, com possibilidade de parcerias com entidades governamentais, setor privado e da sociedade civil.

A partir da promulgação da referida Lei (Jundiaí, 2016d), iniciativas já podem ser observadas na BH-JM, na região do bairro Roseira (sub-bacia córrego da Roseira). Tais iniciativas estão sendo desenvolvidas a partir de parcerias da gestão municipal e do DAE com a organização internacional *The Nature Conservancy (TNC)*, Companhia de Bebidas das Américas (Ambev), Coca-Cola do Brasil e Cipasa Urbanismo – esta última, em função de um Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA nº 72881/16) firmado como contrapartida à implantação de um loteamento no município⁹⁷ (PMJ, 2016b; PMJ, 2017b; SP, 2017).

Assim, verifica-se que a Lei Municipal nº 8.607/2016 (Jundiaí, 2016d) trouxe benefícios à BH-JM, bem como propiciou a captação de recursos financeiros do setor empresarial. Apesar disso, destaca-se que essas mesmas empresas são/serão usufrutuárias dos serviços ecossistêmicos advindos da proteção das nascentes, principalmente no que tange à provisão de água. Nessa perspectiva, deve ser considerado que o crescimento industrial e urbanístico da cidade ocasiona uma pressão direta nos recursos hídricos, resultado assim na necessidade de contrapartidas deste setor – principalmente dos que utilizam as águas da BH-JM em seus processos produtivos. Do mesmo modo, ressalta-se ainda a responsabilidade legal dos proprietários rurais do município no cumprimento dos requisitos ambientais, uma vez que

⁹⁷ Loteamento Bosque do Horto (SP, 2017), empreendimento de alto padrão localizado no bairro Jardim Florestal, adjacências do reservatório de acumulação de Jundiaí. Abrange, parcialmente, a sub-bacia do Horto da BH-JM.

somente 45% das áreas de APP da BH-JM apresentam conformidade com a legislação (Freitas *et al.*, 2013).

2.6.4.7 Lei municipal de criação do dia do rio Jundiaí-Mirim

A recente Lei Municipal nº 8.673/2016 (Jundiaí, 2016c) instituiu o dia três de junho como o dia do rio Jundiaí-Mirim. Dessa maneira, foi criado um importante instrumento de educação ambiental voltada à BH-JM, inserido diretamente na agenda ambiental municipal. Dentre outros desdobramentos, tal promulgação decorreu em função de Jundiaí ser signatário do Programa Município VerdeAzul (PMVA)⁹⁸ do Governo Estadual que, dentre outros requisitos⁹⁹, estabeleceu diretivas pedagógicas a serem seguidas em ações de educação ambiental (SP, 2016b). Esta premissa pode ser observada explicitamente no art. 2 da Lei Municipal nº 7.381/2009 (Jundiaí, 2009), que institui o calendário de datas comemorativas ambientais de Jundiaí, onde foi estabelecido que:

[...] os temas ambientais serão abordados através da inclusão no âmbito curricular, nas atividades desenvolvidas nas escolas da rede pública municipal, permeando os conteúdos, objetivos e orientações didáticas em todas as disciplinas, extensivo à sociedade, favorecendo o desenvolvimento de hábitos e atitudes sadias de conservação ambiental e respeito à natureza, na elaboração de projetos e atividades educativas, campanhas, mutirões e outras formas de divulgação e comunicação adequadas (Jundiaí, 2009, art. 2).

Contudo, cabe destacar que a inclusão do rio Jundiaí-Mirim, como data comemorativa ambiental, foi inserida somente em 2016 (Jundiaí, 2016c). Por outro lado, já existiam outras datas comemorativas ambientais instituídas no município desde 2009 (Jundiaí, 2009)¹⁰⁰. Destarte, verifica-se que a propositura de inclusão do rio Jundiaí-Mirim, no calendário ambiental municipal, se deu em um contexto imediatista a crise hídrica vivida nas bacias PCJ à época (CBH-PCJ, 2015). Nesse sentido, com base na análise do Projeto de Lei 11.819/2015 (Jundiaí, 2015a), que derivou a Lei Municipal nº 8.673/2016 (Jundiaí, 2016c), pode ser observado que a mesma foi fundamentada na importância da conscientização da população

⁹⁸ Dos 644 municípios paulistas listados no ranking de 2016, do Programa Município VerdeAzul, Jundiaí figurou em 3º lugar, atrás de Novo Horizonte (1º lugar) e Botucatu (2º lugar) (SP, 2016a).

⁹⁹ O Programa Município VerdeAzul foi lançado em 2007, e as 10 diretivas avaliadas pelo Programa são: esgoto tratado; gestão das águas; resíduos sólidos; cidade sustentável; biodiversidade; arborização urbana; educação ambiental; qualidade do ar; estrutura ambiental; e conselho ambiental (SP, 2016b).

¹⁰⁰ Datas comemorativas ambientais de Jundiaí instituídas em 2009 (Jundiaí, 2009): Dia da Serra do Japi; Dia Mundial da Água; Dia da Terra; Semana Mundial do Meio Ambiente; Dia da Ecologia; Semana do rio Jundiaí; Dia da Árvore; Dia do Urbanismo e Preservação da Paisagem; e dia do rio Capivari.

jundiaense acerca da preservação dos recursos naturais e, especificamente, dos recursos hídricos da BH-JM – a qual foi tratada como o maior patrimônio do município.

2.6.4.8 Plano Diretor

Previsto desde a Constituição da República Federativa do Brasil 1988, o Plano Diretor é um instrumento básico e obrigatório de ordenação territorial para cidades acima de 20 mil habitantes (Brasil, 1988) e que, salvo disposições contrárias, devem ser revistos a cada 10 anos (Brasil, 2001). Em Jundiaí, matérias legislativas de ordenação territorial remota a meados dos anos 50. Nesse contexto, destaca-se a Lei Municipal nº 503/1956 (Jundiaí, 1956), da qual institui, à época, uma comissão deliberativa para o Plano Diretor do município. Desde então, houve várias atualizações decenais, sendo o Plano Diretor de Jundiaí (PDJ) mais recente promulgado por meio da Lei nº 8.683/2016 (Jundiaí, 2016b)¹⁰¹.

O PDJ foi elaborado de forma a compatibilizar suas diretrizes com o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da AUJ (Jundiaí, 2016b). Logo, no espectro político, tal fato veio a contribuir diretamente para a gestão da BH-JM, uma vez que seus limites abrangem mais dois municípios pertencentes à AUJ, onde um ordenamento integrado da bacia se revela essencial. O PDJ enfatiza ainda a necessidade do equilíbrio entre o ordenamento territorial e os recursos naturais do município, sendo ainda apresentados em seu planejamento mapeamentos da rede hidrográfica, nascentes e remanescentes florestais do município (*ibid.*). Um ponto de destaque do PDJ foi o mapeamento de áreas de recarga hídrica do município (Figura 45), o que reflete uma diretriz importante e inovadora na definição de áreas prioritárias para intervenção visando à manutenção e/ou aumento da produção de água local.

Em relação ao zoneamento, o PDJ instituiu 3 grandes macrozonas no município, das quais: Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana; Macrozona de Proteção da Serra do Japi e Serra dos Cristais; e Macrozona de Proteção Ambiental, Hídrica e de Desenvolvimento Rural. Esta última foi subdividida ainda em: I - Zona de Proteção e Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Jundiaí- Mirim e Capivari e Ribeirão Cachoeira/Caxambu; e II - Zona de Produção Agrícola e Desenvolvimento do Turismo Rural e Cultural (Jundiaí, 2016b). Estes e demais zoneamentos instituídos pelo PDJ são apresentados na Figura 46, onde pode ser visualizada a pressão antrópica atuante na BH-JM, da qual representada pela Zona de

¹⁰¹ O referido Plano foi elaborado com ampla participação da sociedade. Informações detalhadas do trâmite podem ser obtidas em < <http://planodiretor.jundiai.sp.gov.br/noticias/> >.

Desenvolvimento Periurbano I, que instituiu uma série de diretrizes de ordenamento territorial para a área¹⁰².

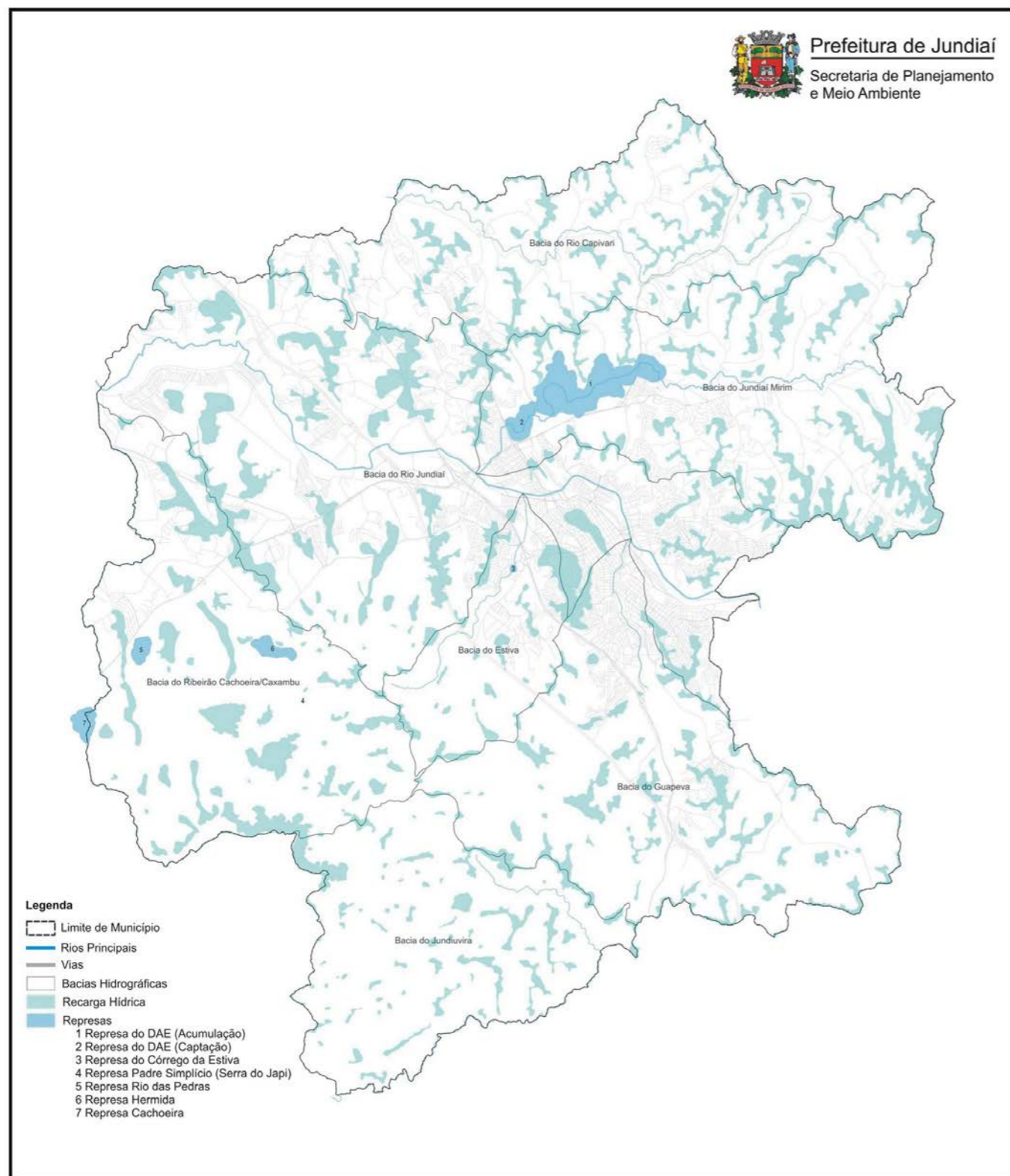
Especificamente, a proposta de criação da Zona de Proteção e Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Jundiáí- Mirim e Capivari e Ribeirão Cachoeira/Caxambu visou a (Jundiáí, 2016b, art. 37):

- I - fiscalização e controle para contenção da ocupação urbana irregular;
- II - proteção dos recursos naturais e recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- III - contenção da expansão urbana sobre áreas de interesse ambiental e de proteção e recuperação dos recursos hídricos e áreas de produção agrícola sustentável;
- IV - proteção da paisagem rural considerando seu valor ambiental, histórico e cultural;
- V - promoção do desenvolvimento rural com sustentabilidade ambiental, econômica e social, e estímulo à agroecologia e à agricultura familiar;
- VI - conservação, preservação e recuperação dos fragmentos de vegetação nativa e das áreas de preservação permanente, viabilizando a configuração de corredores ecológicos;
- VII - manutenção e incentivo à ampliação de áreas permeáveis e com cobertura vegetal;
- VIII - compatibilização dos usos com as condicionantes geológico-geotécnicas e de relevo dos terrenos e com o Decreto Estadual nº 43.284, de 1998;
- IX - garantia da ocupação de baixa densidade, com atividades econômicas compatíveis com a produção de água;
- X - controle ambiental sobre as áreas de mineração ativa e recuperação ambiental das áreas de mineração desativadas;
- XI - estímulo ao desenvolvimento de atividades agrossilvopastoris, de lazer e turísticas;
- XII - recuperação e manutenção da permeabilidade do solo;
- XIII - criação do Conselho Municipal de Recursos Hídricos para que se garanta os demais objetivos propostos.

Nas zonas especiais de proteção ambiental, questões relativas às áreas impermeabilizadas também foram especificadas para o uso e ocupação das terras, de tal modo que um percentual de 80% foi definido como taxa mínima de permeabilidade em áreas acima de 20 mil m²; já para áreas inferiores, o valor definido foi de 50%. Em ambos os casos, as áreas edificadas devem ser limitadas a 7 metros de altura sendo, assim, restringida a tipologia construtiva vertical na área (Jundiáí, 2016b).

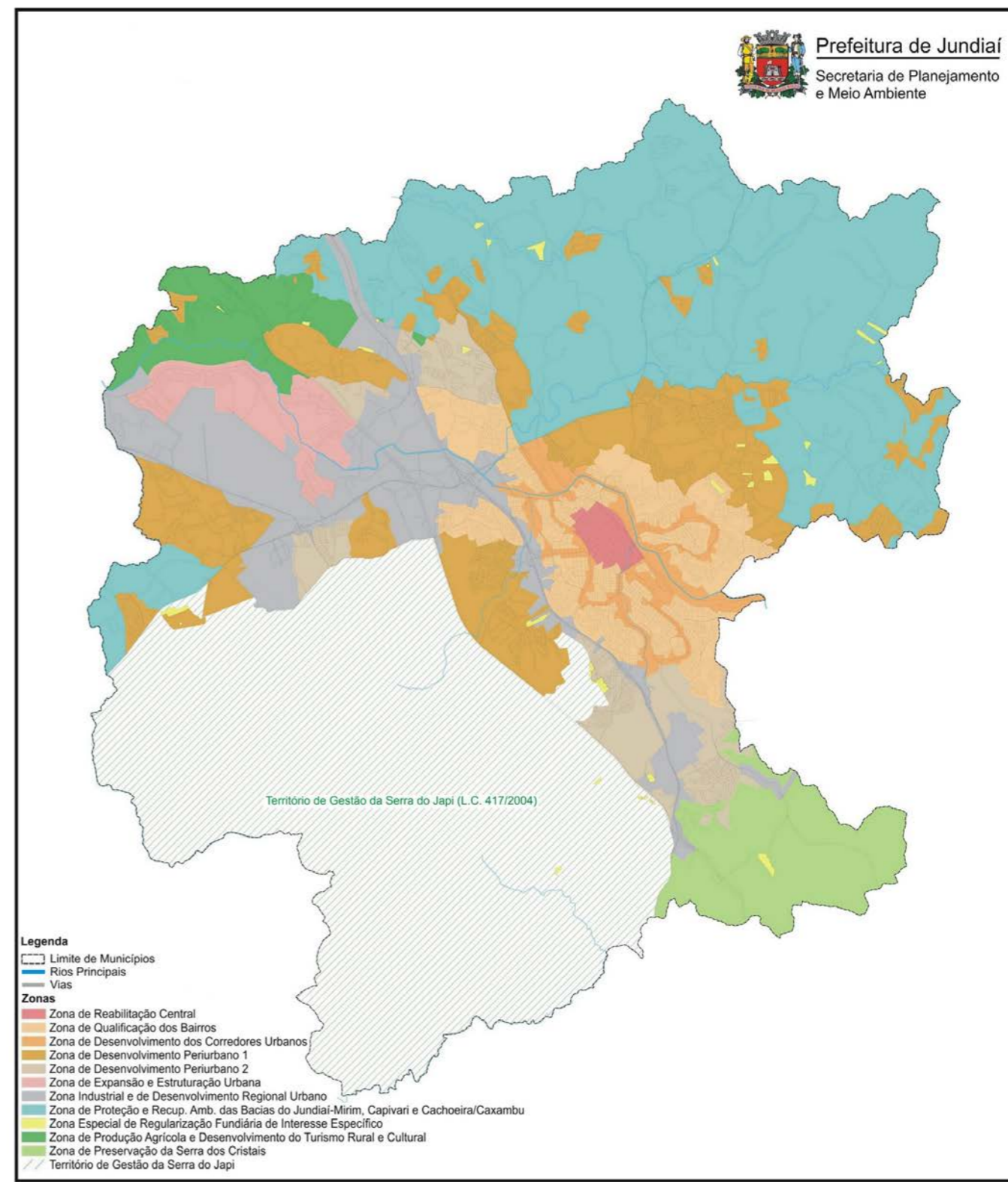
¹⁰² Dentre outros requisitos, esta Zona estabeleceu a taxa mínima de 50% de permeabilidade do solo e altura máxima das edificações de 10,5 metros. Caracteriza-se por ser uma zona localizada nas franjas urbanizadas do município; é composta, predominantemente, por edificações horizontais, e conta com a presença de áreas de remanescentes florestais. Um dos propósitos da criação desta zona foi à contenção da expansão urbana e proteção das áreas de mananciais (Jundiáí, 2016b).

Figura 45 – Bacias hidrográficas e áreas de recarga hídrica instituídas pelo Plano Diretor de Jundiá (PDJ)



Fonte: Modificado de Jundiá (2016b).

Figura 46 – Zoneamento instituído pelo Plano Diretor de Jundiá (PDJ)



Fonte: Modificado de Jundiá (2016b).

Ante ao exposto, verifica-se que o PDJ estabeleceu critérios relevantes de zoneamento para o município, considerando a vocação de cada área e os usos já existentes das terras. Contudo, deve ser destacado que, embora haja a implantação de critérios de uso e ocupação das terras na região da BH-JM, nota-se que há uma pressão antrópica evidente na bacia já consolidada por ocupações periurbanas. Tal situação pode ser visualizada na Figura 46, onde é perceptível o crescimento de parte do tecido urbano de Jundiaí em direção a BH-JM (nesta Figura, representado pela Zona de Desenvolvimento Periurbano I, cujos limites margeiam grande parte do rio Jundiaí-Mirim).

Destaca-se ainda a necessidade de uma gestão intermunicipal integrada e efetiva da BH-JM, bem como o estabelecimento de critérios comuns de zoneamento entre os municípios que possuem parte de seus territórios na bacia. Nesse contexto, destaca-se a proposta de implantação do empreendimento urbanístico Campo Verde em Jarinu, na região das cabeceiras da BH-JM, do qual já tramitou pelas fases de estudos ambientais e de audiências públicas (DFREIRE, 2015), bem como já foi atestada sua viabilidade ambiental pela CETESB (CETESB, 2017a). O referido projeto, de médio-alto padrão, prevê a implantação de lotes (área mínima de 500 m²) residenciais e comerciais em uma área de 387 hectares, que abrigará cerca de 10.000 habitantes em um horizonte de 40 anos após sua implantação (DFREIRE, 2015).

Segundo o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do empreendimento (DFREIRE, 2015), o Plano Diretor e a Lei de Parcelamento do solo de Jarinu atestam a compatibilidade do projeto, do qual visa manter uma reserva legal de 26% e 62% de áreas permeáveis¹⁰³ - este último, inferior aos 80% estabelecidos pelo PDJ (Jundiaí, 2016b). Alternativas de abastecimento são também destacadas no RIMA, onde são citadas a criação de poços tubulares e captação de água superficial no córrego do Tanque e ribeirão do Perdão - ambos afluentes do rio Jundiaí-Mirim.

No cenário máximo de ocupação, o empreendimento estima consumir uma vazão média de 20,42 L s⁻¹, sendo os efluentes domésticos gerados tratados pelo próprio condomínio por meio de um sistema de membranas que, após tratamento, será lançado no córrego do Tanque (DFREIRE, 2015). Em decorrência disso, há ainda o risco de contaminação das águas da BH-JM, caso não haja um adequado manejo dos efluentes tratados pelo ente privado. Da mesma forma, destaca-se que a vazão média estimada pelo empreendimento representa 25,8% da demanda de água total de abastecimento público de Jarinu (*i.e.*, 79 L s⁻¹) (B&B, 2016). Logo, tais dados reforçam a pressão antrópica que será exercida no sistema hídrico regional.

¹⁰³ Desconsiderando a Reserva Legal, que elevaria para 72% de áreas permeáveis (DFREIRE, 2015).

De acordo com o zoneamento instituído pelo Plano Diretor de Jarinu, a área de implantação do projeto está situada na Macrozona de Qualificação Urbana do município, da qual se caracteriza por ser uma zona:

[...] composta por áreas dotadas de infraestruturas, serviços e equipamentos públicos e comunitários, apresentando maior densidade construtiva e populacional que requerem uma qualificação urbanística e em condições de atrair investimentos imobiliários privados (Jarinu, 2009, art. 41, grifo nosso).

Diante desse zoneamento instituído pelo Plano Diretor de Jarinu (Jarinu, 2009) e a luz do atual PDJ (Jundiaí, 2016b), verifica-se que o empreendimento urbanístico pode vir a comprometer diretamente a produção de água da BH-JM¹⁰⁴, bem como propiciar a atração de novos empreendimentos em suas adjacências (*i.e.*, aumento da pressão antrópica na região)¹⁰⁵. Do mesmo modo, verifica-se que os Planos Diretores de ambos os municípios possuem propostas divergentes, uma vez que o PDJ visa conter a expansão urbana e o desenvolvimento rural nessa região; já o Plano Diretor de Jarinu visa atrair investimentos imobiliários privados - embora determine também áreas de especial interesse ambiental nas suas proximidades¹⁰⁶.

Tais fatos evidenciam ainda os interesses difusos de cada município na elaboração de seus respectivos ordenamentos territoriais, uma vez que para Jundiaí, que já possuiu um desenvolvimento demográfico e econômico acentuado, direciona agora esforços protecionistas visando à segurança hídrica municipal; por outro lado, Jarinu intenta sua ampliação econômica por meio de atração de novos empreendimentos. Este fato reflete também a mudança da matriz econômica de Jarinu, cuja representatividade do setor rural vem declinando nos últimos anos, ao passo que o setor de serviços caminha em direção oposta (SEADE, 2014)¹⁰⁷.

Ressalta-se ainda que Jarinu não apresenta problemas relacionados ao abastecimento público de água, sendo que seus mananciais, localizados na bacia do ribeirão Maracanã, estão em boa condição e não apresentam fontes significativas de poluição (SABESP, 2012). Logo, em tese, evidencia-se que a questão hídrica não é um assunto prioritário para o município; já

¹⁰⁴ Nesse sentido, destacam-se os impactos ambientais adversos resultantes da criação de áreas impermeáveis para a implantação do loteamento, bem como em função do empreendimento prever a supressão de árvores isoladas e de 15,65 ha de mata nativa, sendo: 11,4 ha de vegetação nativa no estágio inicial; 2,75 ha no estágio médio; e 1,5 ha no estágio avançado (CETESB, 2017a).

¹⁰⁵ Nessa concepção, destaca-se que “o zoneamento (ambiental) não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos (Ross, 1994, p. 64)”.

¹⁰⁶ Para maiores detalhes, vide os mapas e respectivos zoneamentos instituídos pelo Plano Diretor de Jarinu (Jarinu, 2009).

¹⁰⁷ Dado a interação com os municípios vizinhos e processos migratórios, Moraes (2006) destaca que há uma forte pressão antrópica regional atuando em Jarinu, das quais visam transformar as características do município. Tais fatos, conseqüentemente, evidenciam a necessidade de medidas mais efetivas de regulação do uso e ocupação das terras do município - destaca a autora.

para Jundiáí, evidencia-se a necessidade de uma maior articulação intermunicipal, uma vez que é na porção norte e leste, que abrange grande parte da porção territorial de Jarinu na BH-JM, que estão localizadas as sub-bacias que apresentam as maiores contribuições de água ao longo do ano - dada as maiores taxas de fluxo lateral sub-superficial e de recarga do aquífero dessas regiões (Moraes, 2016a).

Ainda no que tange o PDJ, destaca-se a criação da Zona Especial de Proteção Ambiental nas adjacências do reservatório de captação e acumulação, área da qual deveria se estender ao menos, por questões protecionistas/ecossistêmicas, ao longo de toda a calha principal do rio Jundiáí-Mirim. No entanto, deve ser considerado que tais áreas já se revelam com certo grau de ocupação periurbana (vide zona delimitada a sudoeste da BH-JM na Figura 46), cuja implantação de zonas como esta demandaria vultosos recursos financeiros para desapropriações e implantação de medidas de restauração ambiental. Não obstante, medidas como esta devem ser pensadas a longo prazo visando à proteção dos recursos hídricos da bacia.

A criação da Zona de Proteção e Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Jundiáí- Mirim se revela também um importante instrumento de ordenação territorial, sobretudo em face de visar conter ocupações irregulares e verticais, restrições de áreas com alta impermeabilidade e incentivar atividades agrossilvopastoris, de lazer e turísticas na bacia. Dessa forma, embora as atividades agrossilvopastoris sejam degradadoras se critérios técnicos não sejam rigorosamente seguidos, esta se torna uma alternativa plausível frente à expansão urbana de Jundiáí.

Nesse contexto, a BH-JM apresenta ainda grande potencial na produção de frutas, aliado a possuir um atrativo turístico e cultural, principalmente no que tange os elementos arquitetônicos relativos à produção de uva advindos da imigração italiana (Moraes, 2006). Nessa perspectiva, Bardin-Camparotto *et al.* (2013) destacam que os municípios pertencentes ao Circuito das Frutas apresentam também um perfil agrícola, com predomínio de pequenas propriedades que favorecem a geração de empregos e renda para a população local. Tais fatos são, portanto, instrumentos norteadores a serem utilizados na BH-JM visando à conservação da bacia.

2.6.5 Considerações parciais

A partir da consulta e discussão dos dispostos legais e atos normativos foi possível identificar o aparato jurídico-ambiental vigente relacionado à BH-JM. Da mesma forma, a partir da consulta aos Projetos de Lei foi possível melhor avaliar os discursos de fundamentação e positivação das respectivas legislações. Contudo, os processos de aplicação das normas jurídicas identificadas devem, posteriormente, ser também analisados, de tal modo que se possa

verificar a aplicabilidade e eficiência da legislação no cotidiano jundiáense. Tal fato se justifica, por exemplo, considerando o contexto nacional, uma vez que as políticas públicas de ordenação territorial se mostram, por vezes, ineficazes frente à apropriação do território pela indústria da especulação imobiliária (Fonseca, 2013)¹⁰⁸.

O levantamento do aparato jurídico-ambiental permitiu ainda constatar que Jundiá apresenta uma legislação abrangente e avançada de proteção ambiental, englobando requisitos legais de ordenação do território que remota aos anos 50. Do mesmo modo, o município dispõe de uma legislação específica de proteção dos recursos hídricos datada dos anos 80, da qual já sofreu várias atualizações e ainda se encontra em vigor. Questões específicas sobre a BH-JM também foram identificadas, onde várias medidas legais foram levantadas, tanto de natureza restritiva de uso e ocupação das terras e proteção hídrica, tanto àquelas voltadas a ações educativas.

Verificou-se ainda que a BH-JM apresenta maior vulnerabilidade ambiental frente às ações antrópicas do que a Serra do Japi, uma vez que esta última apresenta uma legislação mais restritiva por ser uma Reserva Biológica. Assim, por ocupar uma grande área do município, a especulação imobiliária tende a ocorrer com maior intensidade em direção oposta à Reserva. Nesse sentido, destaca-se ainda que a mancha urbana de Jundiá está localizada ao longo de duas áreas paralelas de proteção ambiental (*i.e.*, Zona de Proteção e Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Jundiá-Mirim e Capivari e Ribeirão Cachoeira/Caxambu e o Território de Gestão da Serra do Japi)¹⁰⁹. Logo, a área localizada na BH-JM tende a sofrer uma maior pressão antrópica por possuir uma legislação menos restritiva, quando comparada com a Serra do Japi.

Por fim, embora o levantamento do aparato jurídico-ambiental relacionado à BH-JM tenha identificado instrumentos legais protecionistas importantes, deve ser considerado ainda que uma melhor efetivação da gestão intermunicipal da bacia se revela também necessário, uma vez que 45%¹¹⁰ da sua área estão localizadas fora do limite municipal de Jundiá. Para esta situação, medidas legais que podem favorecer o diálogo ambiental entre os municípios foram evidenciados, tais como: Conselho de Desenvolvimento da Aglomeração Urbana de Jundiá (CDAUJ); Conselho Gestor da APA Jundiá; e Conselho Gestor do Circuito das Frutas.

¹⁰⁸ Ainda nesse aspecto, destaca-se os estudos desenvolvidos por Tramontano (2003) e Anitelli e Tramontano (2012), dos quais retratam os processos, em um contexto historiográfico-normativo, de especulação imobiliária ocorrida na capital paulista e que, por conseguinte, tendem a refletir atualmente nas demais cidades da MMP.

¹⁰⁹ Vide Figura 46.

¹¹⁰ Tendo como base dados apresentados por Fengler *et al.* (2015b).

CAPÍTULO 6 – DIRETRIZES DE GESTÃO

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e industrial de Jundiaí implica no aumento do estresse hídrico, refletindo a necessidade do estabelecimento de diretrizes de gestão a serem adotadas visando à proteção dos mananciais e o uso sustentável da água pelo município. Neste estudo, as diretrizes foram entendidas como ações e/ou medidas de gestão ambiental propositivas a fim de contribuir com a melhoria da segurança hídrica do município, tendo como cerne o estudo realizado na BH-JM.

Visando atingir esse propósito, foi utilizado como estrutura para a elaboração das diretrizes o modelo Força motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta (FPEIR)¹¹¹, do qual representa uma cadeia causal¹¹² onde cada componente do acrônimo representa uma etapa de avaliação (De Stefano, 2010; Bitar e Braga, 2013). Este modelo visa, basicamente, descrever as interações entre sociedade e meio ambiente, sendo utilizado e recomendado pela Agência Ambiental Europeia em análises ambientais (EEA, 2007; EEA, 2011).

Segundo Kagalou *et al.* (2012), o processo de avaliação FPEIR se inicia determinando as causas ou “forças motrizes” que ocasionam as “pressões”, que por sua vez determinam o “estado” do meio ambiente. Posteriormente, são analisados os respectivos “impactos” causados nos ecossistemas. Por fim, são estabelecidas as “respostas” a esses impactos por meio da adoção de políticas e mudanças de comportamento.

A proposta desse modelo é auxiliar na descrição dos problemas ambientais identificando as relações de causa-efeito entre o meio ambiente e as diversas atividades antrópicas em um contexto socioeconômico e ambiental amplo, demonstrando assim a complexidade das ligações entre as causas e impactos ambientais para gestores, políticos, usuários e para a comunidade científica (Ojeda-Martinez *et al.*, 2009; Song e Frostell, 2012).

Dessa forma, o modelo FPEIR favorece a visão holística e multidimensional das relações causa-efeito do problema a ser estudado, devido ao fato de permitir um melhor entendimento das alterações causadas no meio ambiente pelas atividades antrópicas (Nassl e Loffler, 2015).

¹¹¹ Oriundo do acrônimo de língua inglesa DPSIR (*Driving Force; Pressure; State; Impact; Response*) (EEA, 2011).

¹¹² Bitar e Braga (2013) descrevem ainda outras variações de modelos causais encontrados na literatura, dos quais: PER (Pressão; Estado; Resposta), PEER (Pressão; Estado; Efeito; Resposta), FER (Força motriz; Estado; Resposta) e PEIR (Pressão; Estado; Impacto; Resposta).

Em síntese, Bitar e Braga (2013, p. 133) consideram que os modelos que refletem causa-efeito, como o FPEIR, de forma geral decorrem da necessidade de encontrar respostas a questões como: “O que está acontecendo com o meio ambiente? (ou seja, qual é o seu estado); Por que isso está acontecendo? (ou seja, qual é a pressão); O que está sendo feito a respeito disso? (ou seja, qual é a resposta)”.

Tendo como base essas premissas, este capítulo visou elencar as principais questões levantadas acerca dos indicadores de segurança hídrica, utilizando-se para tal fim o modelo FPEIR como instrumento de análise. A partir desse modelo, foram propostas diretrizes de gestão a serem adotadas no escopo de cada indicador (*i.e.*, “respostas”). Posteriormente, os resultados foram discutidos considerando o contexto regional, destacando-se os fatores intervenientes relacionados à segurança hídrica de Jundiaí.

2 MÉTODO

Os principais resultados levantados no Capítulo 5 para cada indicador de segurança hídrica foram elencados e dispostos considerando cada componente do modelo genérico FPEIR, de tal forma a estabelecer uma relação de causa-efeito. Nesse processo, foram utilizados os componentes: pressão; estado; impacto; e resposta. A partir da caracterização da área de estudo (Capítulo 3) foi possível verificar que a principal força motriz atuante na região da BH-JM é o crescimento populacional de Jundiaí e em suas adjacências. Logo, tais forças se manifestam em todos os indicadores, sendo, portanto, tratada especificamente no tópico “discussões”. No que tange o componente “resposta”, este foi entendido neste estudo como as diretrizes de gestão propostas pelo autor.

3 RESULTADOS

No Quadro 18 são apresentados os indicadores de segurança hídrica estruturados considerando a estrutura pressão, estado, impacto e resposta:

Quadro 18 – Estrutura síntese FPEIR relativa aos InSeg com sugestões de diretrizes de gestão para a BH-JM

OFERTA DE ÁGUA			
Pressão	Estado	Impacto	Resposta (diretrizes de gestão propostas)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da demanda hídrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro de disponibilidade hídrica regional limitada e caracterizada como de estresse hídrico ($1.000,97 \text{ m}^3 \text{ hab. ano}^{-1}$), já próximo ao de escassez hídrica (<i>i.e.</i> $< 1.000 \text{ m}^3 \text{ hab. ano}^{-1}$); • O crescimento populacional refletiu no aumento do volume de água tratada em Jundiaí que saltou da média de 40 milhões de $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$ (1998- 2009) para 45 milhões de $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$ (2010-2015); • Crescimento linear da população entre 1998-2015 foi de 1,8% a.a., conquanto a produção de água tratada, no mesmo período, não acompanhou a mesma intensidade (1,2% a.a.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento regional da disputa pela água pelos múltiplos usuários deste recurso; • Redução da disponibilidade hídrica <i>per capita</i>; • Aumento da dependência da reversão das águas do rio Atibaia; • Aumento da insegurança hídrica; • Comprometimento do fluxo ecológico do rio Jundiaí-Mirim; • Necessidade da ampliação da oferta hídrica em um cenário de estresse hídrico local e regional. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Criação de <i>folders</i> e eventos informativos/educativos sobre as questões hídricas da cidade pela companhia de saneamento visando a conscientização da população sobre o uso racional da água; 2) Criação de instrumentos de gestão e controle da demanda hídrica a fim de modificar as atitudes e o comportamento dos usuários; 3) Previsão de aplicação de multas relacionadas a desperdícios de água pelos munícipes, sobretudo em períodos de estiagem e/ou eventuais racionamentos; 4) Comercialização de água de reuso da ETE para fins industriais e/ou menos nobres visando à diminuição do consumo de água potável; 5) Estabelecimento de incentivos e marcos regulatórios visando à adoção de reuso de água nas indústrias do município, sobretudo àquelas que consomem água do rio Jundiaí-Mirim; 6) Restrição quanto ao uso de água potável como única fonte de água para usos menos nobres, tais como em lavadores automotivos e indústrias (torres de resfriamento, caldeiras <i>etc</i>), condicionando o funcionamento destes tipos de empreendimentos à adoção de uso de dispositivos eficientes e/ou da captação de água de chuva; 7) Mapeamento, caracterização e programas de recuperação e proteção das nascentes e áreas estratégicas de produção natural de água; 8) Plano de emergência em caso de escassez hídrica severa, de tal forma a educar e preparar a população para eventos extremos de estiagem, dos quais podem resultar em processos de racionamento de água (<i>i.e.</i>, aumento da capacidade adaptativa da população); 9) Maior taxaço dos consumidores de grandes volumes de água potável visando o aumento da eficiência de uso; 10) Prospecção de novas fontes de água e, sobretudo, buscar articulações governamentais para despoluição e reabilitação dos rios inter-regionais, habilitando-os como mananciais de abastecimento (tal como o rio Jundiaí).

(continua)

RESERVATÓRIOS DE ÁGUA			
Pressão	Estado	Impacto	Resposta (diretrizes de gestão propostas)
<ul style="list-style-type: none"> Aumento do número de reservatórios e lagos 	<ul style="list-style-type: none"> As áreas ocupadas por lagos e reservatórios na BH-JM foram ampliadas em 703% entre os anos de 1972 e 2015; Devido ao aumento da vazão e processos erosivos existentes na bacia, estima-se um aporte de sedimentos nos reservatórios de abastecimento de cerca de 4,17 t dia⁻¹ ou 1,5 mil t ano⁻¹; Existência de captações de água sem outorga na zona periurbana/rural do município; Diversificação temporal das atividades econômicas consumidoras de água na bacia; <ul style="list-style-type: none"> Presença de atividades minerárias na BH-JM. 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de onerosas desapropriações a fim da ampliação dos reservatórios de abastecimento público de Jundiá; Maior perda de água por evaporação devido ao aumento da lâmina d'água; Aporte de nutrientes nos reservatórios de abastecimento que propiciam o desenvolvimento da vegetação aquática (<i>e.g.</i>, macrófitas); Redução da disponibilidade hídrica por usuário-consumidor em função dos múltiplos usuários e atividades econômicas existentes (<i>e.g.</i>, piscicultura, pecuária, agropecuária, mineração, recreação etc); Formação de áreas degradadas pela mineração e consequente exposição do lençol freático, tornando-o mais suscetível à contaminação. 	<ol style="list-style-type: none"> Adoção de medidas preventivas na BH-JM a fim de reduzir a perda de solo e o arraste de sedimentos a níveis pedologicamente naturais e/ou aceitáveis, reduzindo-se, assim, a necessidade de obras de desassoreamento em curtos intervalos de tempo; Com intermédio da DAE e da PMJ, regularização dos usuários existentes na BH-JM que não possuem outorga de suas captações devidamente regularizadas no DAEE; Levantamento das derivações para acumulação de água existentes na BH-JM a fim de verificar se as mesmas estão regularizadas junto ao DAEE, de tal modo a identificar ainda os usos de água não autorizados que possam reduzir e/ou comprometer a oferta hídrica da BH-JM; A fim de subsidiar os planos de gestão da BH-JM, caracterizar os usos existentes de todos os lagos e reservatórios existentes na BH-JM, verificando seus aspectos e impactos ambientais, estado e conservação, bem como a finalidade existente de cada massa d'água; Proibição de áreas de mineração na BH-JM dado ao caráter altamente degradador dessas atividades para os recursos hídricos.

(continuação)

REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E PERDAS DE ÁGUA POTÁVEL

Pressão	Estado	Impacto	Resposta (diretrizes de gestão propostas)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da extensão da rede de distribuição 	<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento geométrico da rede de distribuição a taxas de 3,1% a.a., refletindo no aumento constante e linear do número de ligações ativas de água; • Perdas médias no sistema de distribuição de água potável na ordem de 34,4±2,4% (1998-2015); • Perdas por ligação no sistema de distribuição na média de 442 L dia⁻¹ ligação⁻¹; • Perdas brutas lineares superiores as verificadas nos municípios associados a ARES-PCJ; • Metas de redução de perdas de água menos rígidas do que as do Plano de Bacias PCJ; 	<ul style="list-style-type: none"> • O crescimento geométrico da extensão da rede de distribuição reflete diretamente o aumento do tecido urbano do município e, conseqüentemente, o aumento da demanda de água e de áreas impermeabilizadas pelos imóveis; • Desperdício de água tratada relativas às perdas no sistema de distribuição; • Devido às perdas de água tratada, oneração dos custos (rateados) de tratamento e, conseqüentemente, do preço do m³ de água ao consumidor final; • O estabelecimento de metas menos rígidas de perdas de água - quando comparado com o estabelecido no Plano das Bacias PCJ - pode resultar em medidas mais restritivas/impositivas em processos de outorga arbitrados pelo CBH- PCJ. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aferição e programa de substituição de hidrômetros antigos, instalação de válvulas redutoras de pressão, substituição de redes de distribuição antigas, investimentos em equipamentos de detecção de vazamentos não visíveis, além da implantação de uma Central de Controle de Operações para aquisição remota dos dados de vazão monitorados na rede; 2) Criação de grupos de trabalhos relacionados às perdas no sistema de distribuição, com articulação com grupos sociais organizados a fim de identificar e solucionar rapidamente vazamentos/rompimentos na rede de distribuição; 3) Realização de encontros voltados para a conscientização da população sobre o uso racional da água, bem como as formas de economia deste recurso a nível doméstico; 4) Aprimoramento e desenvolvimento de programas periódicos de auditoria e de modelos de decisão relacionados ao controle de perdas de água no sistema de distribuição; 5) Desenvolvimento de planos de substituição periódica de hidrômetros, baseados em indicadores (e.g., idade do dispositivo e pressão na rede), visando um maior controle e gestão de consumo; 6) Estabelecimento de metas mais rígidas acerca da redução de perdas de água e uso consciente da água, cujas ações devem ser pautadas com a participação ativa da população; 7) Aumento do uso eficiente da água por meio da adoção e incentivos de uso de dispositivos economizadores de água, tais como: redutores de vazão; arejadores de vazão; vasos sanitários com volume de descarga reduzido; torneiras com temporizadores, e similares; 8) Aprimoramento da gestão hidrométrica e combate a ligações irregulares, de tal modo que haja uma articulação entre a PMJ e a DAE a fim de regularizar a hidrometração em assentamentos precários do município.

(continuação)

TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUA			
Pressão	Estado	Impacto	Resposta (diretrizes de gestão propostas)
Necessidade de transposição de água entre bacias para aumentar a oferta hídrica	<ul style="list-style-type: none"> • A vazão transposta iniciou-se em 700 L s⁻¹ nos anos 70, chegando a 1.200 L s⁻¹ nos dias atuais, mas já com uma proposição de aumento para 1.700 L s⁻¹; • Uso cada vez mais frequente e constante das águas do rio Atibaia, sobretudo nos períodos de estiagem – onde o volume transposto chegou a atingir 80% do volume consumido por Jundiá (i.e., entre 2013-2014) e uma média de 1.105 L s⁻¹ no primeiro semestre de 2014 (i.e., quase a totalidade do volume outorgado); • Aumento artificial da vazão natural do rio Jundiá-Mirim e afluentes receptores imediatos da água revertida; • A diferença entre a vazão mínima e máxima do rio Jundiá-Mirim pode variar em até 1.000%, resultado influenciado diretamente pela reversão das águas do rio Atibaia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da dependência da reversão das águas do rio Atibaia, sendo este último, tendo sua vazão diretamente influenciada pelo Sistema Cantareira; • Diminuição da disponibilidade hídrica na bacia doadora, sobretudo para a cidade de Campinas, cujo principal manancial de abastecimento (i.e., 95%) é o rio Atibaia; • Perda de biodiversidade e alteração da biogeografia do rio Jundiá-Mirim e afluentes diretos em consequência das águas revertidas do rio Atibaia; • Alterações diversas na geomorfologia fluvial natural do rio Jundiá-Mirim e afluentes, tais como: alargamento das margens, aumento da profundidade do canal, aumento da velocidade de escoamento, solapamento das margens, entalhamento do fundo do canal e processos erosivos diversos; • Impactos econômicos nos sistemas produtivos em períodos de estiagens em decorrência de eventuais sanções restritivas de captação na bacia do rio Atibaia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Imposição e estabelecimento, em nível de CBH-PCJ, de medidas e contrapartidas mais rígidas de proteção ambiental aplicadas à BH-JM como forma de compensação pelo uso das águas do rio Atibaia; 2) Criação de medidas que impliquem na redução e na frequência de duração do volume de água revertido do rio Atibaia a fim de reduzir os impactos causados pelos processos erosivos e arraste de sedimentos; 3) Reavaliação constante do processo de transposição no caráter técnico-financeiro-ambiental, bem como a sua sustentabilidade de uso a longo prazo, considerando que a bacia doadora também apresenta alta demanda por recursos hídricos, situação que poderá culminar na diminuição e/ou suspensão definitiva e/ou temporária da água revertida para a BH-JM; 4) Criação de medidas que visem à redução dos impactos causados pelo aumento da vazão durante a reversão, sobretudo no que tange medidas de diminuição da velocidade de escoamento na região das cabeceiras da BH-JM (e.g., técnicas de bioengenharia ou mesmo uma maior extensão da canalização até o lançamento da água revertida em uma menor cota altimétrica); 5) Estabelecimento, pelo DAEE, de medidas de restritivas do volume anual outorgado, mas não utilizado em sua totalidade por Jundiá, a fim de disponibilizar o volume excedente para outros usuários da bacia do rio Atibaia de forma planejada; 6) Estabelecimento, pela DAEE e CBH-PCJ, de condicionantes/contrapartidas para o direito a outorga de reversão, a fim de que Jundiá aumente a sua eficiência no uso da água, de tal modo a adotar medidas mais rígidas de controle de perdas de água potável e redução de impactos ambientais causados pela transposição; 7) Criação de fundos de equidade a fim de compensar as perdas hídricas causadas na bacia doadora a título indenizatório (i.e., <i>water trading</i>), de tal modo a ressarcir a bacia do rio Atibaia pelas perdas de oportunidade causada pela reversão de suas águas para a BH-JM.

(continuação)

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA

Pressão	Estado	Impacto	Resposta (diretrizes de gestão propostas)
<p>Alteração da qualidade físico-química e biológica da água em decorrência da transposição</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Em decorrência da transposição, verificou-se aumento de: CE; Turb.; Cl⁻, COD; e NT. Em oposição, verificou-se a diminuição de PT e Cl-a; • Não houve detecção de atrazina e simazina em ambos os períodos sem e com transposição; <ul style="list-style-type: none"> • Em decorrência da transposição, houve aumento da concentração de Al total e dissolvido, Cu total e Fe total e dissolvido. • Não foi detectado a presença de As, Ni dissolvido e Pb em nenhum dos pontos amostrados, em ambos os períodos; <ul style="list-style-type: none"> • Verificou-se um aumento de parâmetros não enquadrados na Classe 1 durante a transposição. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações significativas da qualidade em decorrência da transposição, fatos dos quais implicam prejuízos diretos à biota aquática, bem como incorrem no aumento dos custos de tratamento de água para fins de abastecimento público; • Impacto benéfico da transposição na diminuição da concentração de PT e Cl-a, evento do qual pode estar relacionado ao aumento da vazão e conseqüente diluição desses elementos; <ul style="list-style-type: none"> • Os processos erosivos e a ressuspensão de sedimentos ocasionados pelo aumento artificial da BH-JM pode ter sido responsável pelo aumento da concentração de alguns metais, tais como Al e Fe; • Alterações nos limites de enquadramento estabelecidos para águas Classe 1, onde alguns dos parâmetros analisados se enquadraram na Classe 2. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Análise da viabilidade técnico-econômica do transporte da água revertida por meio de tubulações até o reservatório de acumulação, diminuindo a ocorrência de processos erosivos e de solapamentos das margens, assim como o comprometimento da biota aquática do rio Jundiáí-Mirim e afluentes que recebem as águas do rio Atibaia; 2) Ampliação dos parâmetros e periodicidade de monitoramento ao longo de toda a BH-JM, uma vez que o maior número de parâmetros de qualidade água realizados pela DAE só existe no ponto de captação de água para abastecimento público; 3) Avaliar os custos incorridos da perda de qualidade da água nos custos de tratamento da ETA, uma vez que as águas do rio Atibaia (Classe 2) apresentam qualidade inferior que as do rio Jundiáí-Mirim (Classe 1), fato que permitiria uma avaliação técnica-financeira sobre o quanto a economia de recursos poderia ser aplicada em ações de uso eficiente da água em Jundiáí e redução de consumo, o que reduziria a dependência da transposição; 4) Restrição quanto à permissividade do uso de agroquímicos contendo metais pesados na BH-JM, uma vez que os estudos analisados apontam contaminação do solo decorrente de práticas de manejo sem a adoção de critérios técnicos eficientes, sobretudo nas áreas de fruticultura; 5) Criação de programas de capacitação rural articulados como órgãos estaduais (e.g. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e Instituto Agrônomo (IAC)) visando à adoção de práticas conservacionistas do uso do solo e redução e/ou aplicação eficiente de agroquímicos; 6) Recomposição da mata ciliar ao longo do rio Jundiáí e seus afluentes a fim de conter os processos erosivos e a estabilidade das suas margens.

(continuação)

POLÍTICAS PÚBLICAS			
Pressão	Estado	Impacto	Resposta (diretrizes de gestão propostas)
Necessidade do desenvolvimento e aprimoramento de políticas públicas voltadas à proteção ambiental e ordenamento territorial	<ul style="list-style-type: none"> • Identificou-se 14 medidas legais relacionadas direta ou indiretamente à BH-JM; • Medidas protetivas previstas na Lei Orgânica Municipal; <ul style="list-style-type: none"> • Plano Diretor Participativo atualizado em 2016; • O município possui um aparato jurídico básico amplo relativo à proteção ambiental e, especificamente, dos recursos hídricos do município; • Atraso legislativo de 22 anos na inclusão das áreas de Jarinu e Campo Limpo Paulista como APA pertencentes à BH-JM; • Enquadramento do rio Jundiá-Mirim e todos os seus afluentes como Classe 1 por meio do Decreto Estadual nº 24.839/1986; • Legislação mais rígida aplicada à Reserva do Japi, restringindo quaisquer novas ocupações; <ul style="list-style-type: none"> • A DAE pode comercializar água bruta mediante pagamento a empresas do município e aprovação <i>ad referendum</i> da Câmara Municipal; • Incentivos municipais e federais visando à ampliação da capacidade de armazenamento de água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Embora o Plano Diretor estabeleça a BH-JM com área uma macrozona de Proteção Hídrica, evidencia-se fragmentos periurbanos em seu interior, os quais podem atuar como polos de expansão de tecidos urbanos; • Ineficiência na aplicação da Lei Municipal nº 2.405/1980 (Lei de Proteção aos Mananciais) e Decreto Municipal nº 18.148/2001, uma vez que a bacia apresenta uma evolução do uso e ocupação de suas terras e consequentes impactos ambientais em áreas de APP – situação que pode ser verificada nos diagnósticos existentes da BH-JM; • O atraso legislativo na inclusão das áreas de Jarinu e Campo Limpo Paulista como APA pertencentes à BH-JM, pode ter flexibilizado a ocupação dessas áreas – situação evidente na porção ocupada por este último município na bacia; • A existência da legislação mais rígida na Reserva do Japi pode direcionar o tecido urbano em direção à BH-JM, a qual fica sujeita a uma maior especulação imobiliária por ter uma legislação menos rígida se comparada a da Serra do Japi; 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Programas de incentivos a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) a fim de proteger áreas estratégicas de produção de água na BH-JM, bem como conter a especulação imobiliária dessas áreas; 2) Criação de políticas públicas visando agregar valor na fruticultura, bem como ao incentivo da agricultura orgânica e familiar na bacia; 3) Incentivos ao setor agropecuário para a adoção de técnicas agrícolas de baixo impacto, aliadas a agricultura de precisão; 4) Atividades de imersão dos alunos da rede pública/privada na região da BH-JM para atividades voltadas a educação e sensibilização ambiental durante a semana de comemoração do dia do rio Jundiá-Mirim (<i>i.e.</i>, princípio de conhecer para preservar); 5) Ampliação da divulgação e de incentivos aos eventos voltados à Rota Turística da Uva de Jundiá e sua articulação com Jarinu, bem como incentivos a eventos relacionados ao Circuito das Frutas, contribuindo com a economia agrícola e fixação do homem no campo – além da preservação dos valores culturais do município; 6) Exigência da participação pública (<i>i.e.</i>, partes interessadas) na implantação de medidas protecionistas na BH-JM, assim como àquelas decisões relacionadas à comercialização de água bruta da bacia; 7) Programas de incentivo ao turismo rural e de práticas agrícolas sustentáveis na BH-JM, de tal forma a gerar uma renda alternativa aos moradores rurais dessa região e, consequentemente, favorecendo a permanência do homem no campo; 8) Criação de grupos de trabalho específicos da Secretaria de Planejamento Urbano e Meio Ambiente articulados com a DAE a fim de verificar constantemente usos irregulares das terras, bem como o acompanhamento do desenvolvimento periurbano existente na BH-JM; 9) Criação de grupos de trabalhos intermunicipais como os municípios de Jarinu e Campo Limpo Paulista a fim de discutir a proteção ambiental da BH-JM de forma colaborativa e integrada aos Planos Diretores de cada município;

(continuação)

-
- A autorização da comercialização das águas brutas da BH-JM sem participação pública pode envolver um caráter mais político do que técnico-ambiental;
 - Os recursos financeiros auferidos para a ampliação da capacidade de armazenamento de água não contemplam ações protecionistas diretamente na BH-JM com forma de manutenção e/ou aumento da capacidade de produção natural de água da bacia.

- 10)** Aquisição e/ou desapropriação de áreas estratégicas de produção de água na BH-JM a fim de restringir ações antrópicas decorrentes da especulação imobiliária;
- 11)** Participação popular e de partes interessadas nos processos de decisão/renovação relativas ao fornecimento de água bruta para empresas do município;
- 12)** Maior incentivo aos pagamentos pecuniários pelos serviços ambientais e/ou ecossistêmicos aos produtores rurais da BH-JM, notadamente os localizados em áreas estratégicas de produção de água, de tal modo a manter e/ou aumentar o volume de água natural produzido na BH-JM;
- 13)** Estabelecimento de diretrizes de gestão integrada com os demais municípios da AUJ e com o governo estadual a fim do planejamento de curto, médio e longo prazo, tendo em vista os desdobramentos da implantação do VDB que intensificará o crescimento populacional e econômico da região.

(conclusão)

Fonte: Autoria própria.

4 DISCUSSÕES

Frente aos processos de urbanização decorrentes do crescimento populacional, medidas cada vez mais rígidas devem ser estabelecidas pela gestão municipal em áreas estratégicas de produção de água na BH-JM. Nesse processo, deve ser considerando ainda a necessidade da articulação com os municípios de Jarinu e Campo Limpo Paulista, bem como a necessidade do envolvimento da população nas tomadas de decisão. Nessa conjuntura, destaca-se ainda que a população de Jundiaí tornar-se-á predominantemente urbana já nas próximas décadas, sobretudo se mantiver as altas taxas de crescimento observadas, as quais serão intensificadas pelas atividades econômicas decorrentes da implantação do VDB pelo Governo do Estado.

Como resultado desses processos, haverá uma maior e constante pressão no sistema hídrico municipal. Da mesma forma, Campo Limpo Paulista se configura como um município predominantemente urbano. Jarinu, por sua vez, vem apresentando um declínio da participação agrícola em sua economia e crescimento do setor de serviços, situação que reflete também no aumento do seu grau de urbanização que, atualmente, já chega a 83% (SEADE, 2016). Logo, tais dinâmicas populacionais devem ser observadas por Jundiaí, uma vez que parte dos territórios desses municípios abrange a BH-JM.

Os processos de urbanização observados refletem ainda na questão socioeconômica regional, uma vez que as políticas públicas urbanas em geral centram-se no desenvolvimento dos setores industrial e/ou de serviços, em contraponto ao setor agropecuário que, conseqüentemente, acaba perdendo relevância (Tucci, 2017). Como resultado desse processo, há uma maior atração dos trabalhadores rurais para as áreas urbanas, uma vez que os setores industriais e de serviços apresentam melhores salários e condições de trabalho, aliado ainda ao desprestígio social da ocupação rural, sobretudo em áreas densamente urbanizadas (Alves *et al.*, 2008; Ribeiro, 2015).

Consoante, à medida que o tecido urbano aumenta em direção às áreas rurais, há também o aumento da especulação imobiliária desses locais, os quais acabam sendo convertidos em áreas periurbanas ou urbanas. Tais situações, facilmente observáveis na BH-JM, quer seja pela dispersão de áreas periurbanas já existentes (vide Figura 46), quer seja pelo desenvolvimento de condomínios de alto padrão (*e.g.*, loteamentos Campo Verde e Bosque do Horto). Estes últimos, por sua vez, acabam valorizando as áreas adjacentes, intensificando a especulação imobiliária, bem como ocasionando dinâmicas de gentrificação no meio urbano e rural.

Dado a esse cenário típico das bacias PCJ e, especificamente, de Jundiaí, medidas para suprir a demanda hídrica municipal torna-se um desafio. No passado, a solução encontrada por

Jundiaí pautou-se na reversão das águas do rio Atibaia. Contudo, a transposição das águas do rio Atibaia revela-se, no cenário atual, tecnicamente e ambientalmente insustentáveis a longo prazo, uma vez que a bacia doadora apresenta também estresse hídrico. Logo, tal medida pode ser restringida ou limitada no futuro pelos entes outorgantes e/ou por pressão de setores organizados da bacia do rio Atibaia. No que diz respeito à transposição, os especialistas consultados no painel *Delphi* deste estudo consideraram que:

- “A transposição deveria ser considerada como última opção na gestão, pois outras medidas de médio a longo prazos tais como a restauração ecológica de matas ciliares, são menos impactantes e mais efetivas no aumento da disponibilidade e qualidade hídrica;
- “Ao mesmo tempo em que pode representar uma solução pode também causar sérios impactos quando feita sem os devidos cuidados”.

Do mesmo modo, observações similares podem ser verificadas na literatura (Gohari *et al.*, 2013; Hernández-Mora *et al.*, 2014; Tundisi *et al.*, 2015)¹¹³, bem como considerações específicas no sentido de que “a transferência de água entre bacias é uma opção quando todos os outros métodos de satisfação da demanda são inadequados (Ghassemi e White, 2007, p. 358, tradução nossa)”. Nesse sentido, as diretrizes de gestão propostas neste estudo se alicerçam em ações de cunho protecionistas e preventivas, assim como do uso eficiente da água tendo como cerne os problemas identificados a partir dos indicadores avaliados.

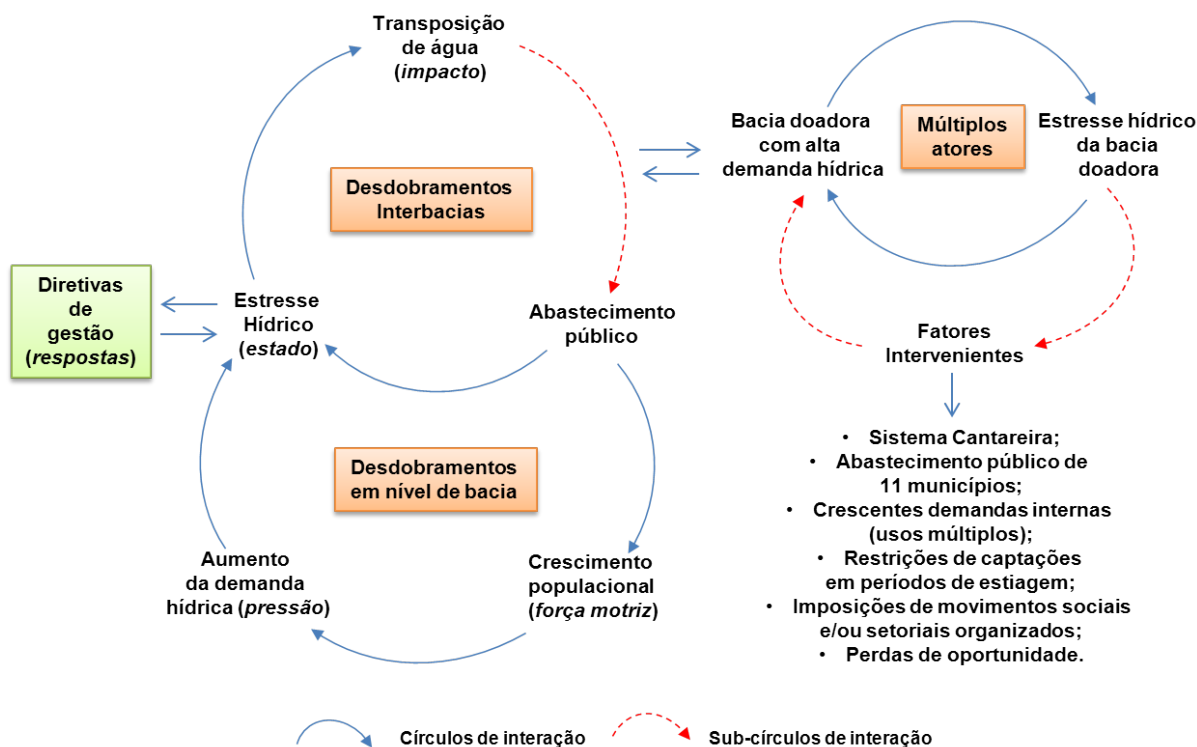
Logo, entende-se a transposição, ainda que seja de pequena escala, como última alternativa para o suprimento de água de Jundiaí – embora atualmente indispensável –, uma vez que há outros meios possíveis para tratar diretamente a causa do problema (*e.g.*, a ineficiência do uso e problemas de poluição hídrica existentes na bacia do rio Jundiaí). Da mesma forma, com princípio de gestão, Beek e Arriens (2014) destacam que os gestores devem evitar aumentar a segurança hídrica de um determinado local à custa de outros locais.

Nesse sentido, na Figura 47 são sumarizados os desdobramentos existentes na BH-JM no contexto do modelo FPEIR, onde pode ser observado o crescimento populacional de Jundiaí como principal força motriz do sistema. Os desdobramentos podem ser ainda divididos em dois grupos/ciclos principais: desdobramentos em nível de bacia, cuja problemática envolve

¹¹³ No contexto nacional, Tundisi *et al.* (2015) enfatiza a adoção do reuso da água como alternativa para a diminuição do estresse hídrico em áreas urbanizadas com problemas de poluição, porém trata a transposição de água como uma alternativa plausível em áreas semiáridas, cujos recursos hídricos são naturalmente escassos.

somente à BH-JM; e desdobramentos interbacias, cuja problemática torna-se mais abrangente e complexa por envolver a BH-JM e bacia do rio Atibaia (devido à reversão de suas águas).

Figura 47 – Desdobramentos da gestão hídrica da BH-JM



Fonte: Elaborado a partir de Gohari *et al.* (2013).

Dessa forma, a transposição de água revela-se um impacto benéfico no que tange a aumento da oferta hídrica para Jundiaí. Contudo, adversa em função da complexidade política-ambiental envolvida no processo. Em decorrência disso, fatores intervenientes na bacia doadora podem resultar ainda em quadro complexo de insegurança hídrica para Jundiaí.

Logo, as diretrizes de gestão, tal como apontadas no Quadro 18 e alocada na Figura 47, devem, prioritariamente, centrar-se na diminuição do estresse hídrico em nível de bacia por meio da adoção de medidas protetivas que garantam a contínua produção natural de água com qualidade e quantidade adequada; e, por outro lado, medidas de uso eficiente da água e a redução de perdas em nível municipal. Dessa forma, reduzir-se-á a dependência da transposição, bem como os complexos desdobramentos envolvidos nesse processo – dos quais, enfaticamente, se intensificaram no futuro.

5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

As diretrizes de gestão sugeridas neste capítulo se pautaram no estabelecimento de ações voltadas, sobretudo, na proteção da BH-JM e no uso eficiente da água, os quais se revelam questões-chave e fundamentais para a sustentabilidade hídrica de Jundiaí. Contudo, ressalta-se também a necessidade de articulações políticas com o Governo do Estado e com o CBH-PCJ, bem como com organizações privadas e do terceiro setor visando obter subsídios para o desenvolvimento das diretivas elencadas. Nesse aspecto, ressalta-se também a necessidade de análises específicas de custo-benefício auferido pela implantação de tais diretivas, das quais podem ser utilizadas como fonte de autofinanciamento – resultado do aumento da eficiência na gestão.

Em longo prazo, revela-se necessário também à adoção de medidas mais rígidas de controle da demanda por meio de instrumentos econômicos de taxaço, como o aumento gradativo das tarifas cobradas pela água tratada aos municípios (medidas comumente adotadas em países Europeus)¹¹⁴. No entanto, tais instrumentos revelam-se ainda inapropriados e podem produzir efeitos contrários, tais como o aumento de fraudes na hidrometração ou ligações clandestinas. Logo, neste momento, ações que visem à mudança de comportamento por meio de ações de educação ambiental revelam-se ser mais importantes e prioritários – tal como destacado pela *International Water Association* (IWA, 2016).

¹¹⁴ EUROSTAT (2013) e Adolf e Röhrig (2016) descrevem uma série de instrumentos econômicos de taxaço na área ambiental (*green/environmental taxes*) que são utilizados na Europa como fonte de financiamento para aplicação de diretivas de gestão ambiental. No que concerne especificamente aos recursos hídricos, destacam-se instrumentos como: cobranças pela captação de água; aumento de preços da água potável; comercialização de água (*water trading*); taxas de poluição pela emissão de efluentes; dentre outros.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo foi possível verificar que a segurança hídrica de Jundiaí possui dependência da reversão das águas do rio Atibaia, assim como que a cobertura vegetal do seu principal manancial de abastecimento vem sendo afetada pela expansão de atividades antrópicas, fato problemático retratado como de difícil reversão já no início dos anos 2000 pelos diagnósticos ambientais existentes na BH-JM. No que tange a transposição, constatou-se que esse método tem sido retratado na literatura como último recurso para o suprimento de água. Essa situação está relacionada a complexidade envolvida no processo de transposição, sobretudo pelas perdas de oportunidades na bacia doadora, bem como pelos impactos ambientais ocasionados na bacia receptora, tais como os verificados neste estudo (*e.g.*, introdução de íons e formação de processos erosivos).

Contudo, no cenário atual, a transposição revela-se fundamental para Jundiaí, porém insustentável a longo prazo, dado as crescentes demandas da bacia do rio Atibaia (*i.e.*, da bacia doadora). Por conseguinte, esta situação poderá resultar em restrições quanto ao volume outorgado ou impedimentos para sua ampliação (atualmente a DAE requereu o aumento do volume outorgado em 29,4%), bem como intensificar uma maior disputa pela água em um cenário de escassez hídrica severo. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de ações voltadas à diminuição da dependência da reversão das águas do rio Atibaia, bem como a diversificação das fontes de abastecimento. Assume-se, nesse contexto, a necessidade da despoluição dos cursos d'água regionais – tal como o rio Jundiaí, do qual deverá ser uma alternativa plausível de abastecimento público. Contudo, vultosos recursos far-se-ão necessários para este fim, bem como ações de longo prazo.

Este estudo evidenciou ainda uma ineficiência no sistema de distribuição de água de Jundiaí, situação expressa por uma média de perdas de $34,44 \pm 2,42\%$, considerando uma série histórica de quase duas décadas. Estas perdas se equivalem a um volume de 17,6 milhões de m^3 ano⁻¹ ou de R\$ 38,3 milhões ano⁻¹ em termos financeiros (ano base 2015). Apesar desse cenário crítico, cujas perdas se revelaram ainda superiores à de outros municípios paulistas de porte similar, o Plano Municipal de Saneamento Básico apresenta uma defasagem de 13 anos se comparado com as metas de redução de perdas previsto pelo Plano das Bacias PCJ para o ano de 2020 (*i.e.*, 25%). Não obstante, verificou-se ainda a preocupação municipal na construção de novos reservatórios de água, cujos recursos financeiros empreendidos se equivaleriam a economia que seria gerada se a redução das perdas fosse reduzida para 20%. Da mesma forma,

o volume de água perdido no sistema de distribuição representa cerca de 65% do volume médio revertido, situação que retrata a baixa eficiência do sistema de abastecimento.

No que tange as políticas públicas, verificou-se um abrangente aparato jurídico de proteção ambiental em Jundiaí, dos quais remontam aos anos 50 no que se refere ao disciplinamento do uso do solo e, aos 80, no que diz respeito a proteção da BH-JM. Contudo, em ambos os casos, é notória a ineficácia da aplicação dos regulamentos previstos e na articulação intermunicipal entre os municípios que abrangem a bacia. Ilustra-se, neste último caso, que em Jarinu há propositivas do plano diretor que favorecem a ampliação de áreas de loteamento na região das cabeceiras da BH-JM, situação em desacordo com o instituído no PDJ. Consoante, embora haja leis de proteção da BH-JM, esta encontra-se sob um evidente processo de antropização. Logo, medidas mais rígidas de aplicação dos regulamentos já previstos em Lei tornam-se fundamentais para efetiva proteção da bacia e consequente manutenção da qualidade e quantidade de água produzida.

Tendo como base a hipótese norteadora desta pesquisa, constatou-se que foi possível desenvolver uma abordagem metodológica pautada na seleção, validação, aplicação e estruturação de indicadores de segurança hídrica em um modelo de causa-efeito. Em face desta abordagem, foi possível estabelecer diretrizes de gestão ambiental para a área de estudo. Destaca-se ainda que a abordagem metodológica empregada neste estudo revela-se replicável para outras bacias com problemática similar à da BH-JM, uma vez que os dados utilizados são, em grande parte, de fácil obtenção.

Considerando os objetivos específicos propostos, destaca-se que:

(i) A caracterização da BH-JM no cenário regional subsidiou o melhor estabelecimento das diretrizes de gestão, uma vez que a partir dessa análise foi possível obter uma visão holística sobre as dinâmicas demográficas e econômicas que norteiam o desenvolvimento da região. Em destaque, frisa-se o desafio da implantação das diretrizes de gestão propostas frente ao VDB em implantação pelo Estado, uma vez que este projeto atrairá mais investimentos e, conseqüentemente, favorecerá ainda mais o crescimento populacional e industrial da região, aumentando a pressão sobre os já escassos recursos hídricos. Evidenciou-se ainda a necessidade de uma melhor observância das dinâmicas de desenvolvimento das áreas rurais da BH-JM pertencentes a Jarinu (das quais, áreas estratégicas de produção de água para Jundiaí), uma vez que os dados de caracterização levantados neste estudo apontam que houve um decréscimo da participação agrícola no crescimento do município na última década, assim como houve crescimento do PIB *per capita*, superando a média estadual nos últimos anos. Tais

indicadores econômicos refletem que está ocorrendo uma mudança na matriz econômica deste município – o único ainda não industrializado da AUJ, suscitando a necessidade de acordos multilaterais de desenvolvimento econômico e ambiental sustentável para a área (o que inclui diretamente as diretrizes apontadas neste estudo);

(ii) O processo de seleção e validação feito a partir de um questionário aplicado a um painel multidisciplinar de especialistas permitiu identificar os indicadores de segurança hídrica mais relevantes à BH-JM, bem como eliciar a opinião de profissionais de diferentes formações acadêmicas ligadas à área ambiental. Desse modo, verificou-se que, embora os profissionais fossem oriundos de diferentes formações acadêmicas, o nível de importância atribuído aos indicadores não se mostrou divergente, refletindo uma adequada seleção dos indicadores de segurança hídrica para o caso proposto;

(iii) A discussão dos indicadores e suas posteriores análises por meio do modelo FPEIR foi possível estabelecer diretrizes de gestão ambiental sistematizadas a fim de melhorar a segurança hídrica de Jundiaí. Desse modo, destaca-se que as diretrizes de gestão apontadas neste estudo representam um guia para os tomadores de decisão da bacia, onde aspectos prioritários relativos à segurança hídrica de Jundiaí possam ser implementados. Com base nessas observações, o município estará mais preparado para enfrentar crises hídricas, uma vez que tais não surgem repentinamente, mas podem ser previstas a partir de uma série de indicadores, tais como os elencados neste estudo. Contudo, para a efetiva implantação das diretrizes apontadas, far-se-á necessário a articulação dos tomadores de decisão dos 3 municípios que abrangem a BH-JM, a fim de se buscar uma melhor efetividade da implantação das diretrizes.

Por fim, deve ser considerado que o planejamento e gestão das cidades devem ser repensados em um contexto mais amplo e sistêmico em relação às questões hídricas, de tal forma que elas sejam analisadas como parte integrante do ciclo hidrológico, exercendo influências diretas na produção natural de água, bem como em sua qualidade. À vista disso, foi observado que em Jundiaí há iniciativas a fim de priorizar o abastecimento público, como a ampliação da capacidade de armazenamento de água do reservatório de acumulação e do volume revertido do rio Atibaia. Contudo, deve ser observado que embora seja fundamental o aumento da oferta de água, a fim de melhorar a segurança hídrica do município, ações relativas à economia de água, uso eficiente, ações educativas e de redução de perdas e desperdícios revelam-se também fundamentais e, sobretudo, prioritárias.

REFERÊNCIAS

- ABDAL, A. Indústria e serviços na macrometrópole paulista: para a caracterização produtiva de um amplo espaço econômico. **Nova Economia**, v. 20, p. 253-286, 2010.
- ABES. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da ABES**, Revisão 1. Rio de Janeiro: ABES, 2015. 95 p.
- ACREMAN, M. C.; FERGUSON, A. J. D. Environmental flows and the European Water Framework Directive. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 1, p. 32-48, 2010. ISSN 1365-2427.
- ADHB. ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **IDHM: perfil municipal** [banco de dados on line]. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Fundação João Pinheiro. Brasília: PNUD/IPEA/FJP, 2013. Disponível em: < <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/home/> >. Acesso em: 23 de Setembro de 2016.
- ADOLF, C.; RÖHRIG, K. **Green taxes as a means of financing the EU budget: policy options**. Brussels: The Greens / European Free Alliance, 2016. 76 p.
- AGÊNCIA-PCJ. AGÊNCIA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Informações das bacias PCJ: características geopolíticas**, [home page da Agência PCJ], 2006? Disponível em: < <http://agenciapcj.org.br/novo/contrato-de-gestao-e-base-legal/contrato-de-gestao/46-informacoes-das-bacias/caracteristicas-geopoliticas> >. Acesso em: 11 de Junho de 2017.
- _____. AGÊNCIA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de gestão das bacias PCJ 2015**, Piracicaba: Parla, 2016. 200 p. (Série UGRHI 05 - Bacias PCJ).
- AHMAD, R. M. T. R. L.; AMRAN, M. F. M.; MUKHTAR, Z. O. A. M. Validation of ERP implementation framework for Private Institution of Higher Learning (PIHL) in Malaysia: a delphi technique. **International Journal of Computer Applications**, v. 116, n. 22, p. 9-14, 2015. ISSN 0975-8887.
- AKRON, A.; GHERMANDI, A.; DAYAN, T.; HERSHKOVITZ, Y. Interbasin water transfer for the rehabilitation of a transboundary Mediterranean stream: An economic analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 202, n. Part 1, p. 276-286, 2017. ISSN 0301-4797.
- AL-WASHALI, T.; SHARMA, S.; KENNEDY, M. Methods of assessment of water losses in water supply systems: a review. **Water Resources Management**, v. 30, n. 14, p. 4985-5001, 2016. ISSN 1573-1650.
- ALESP. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Pesquisa da base de legislação**, [banco de dados on line]. São Paulo: ALESP, n. d. Disponível em: < <https://www.al.sp.gov.br/alesp/pesquisa-legislacao/> >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2017.

ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 3061-3068, 2011. ISSN 1413-8123.

ALVES, E. R. D. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S. e SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, 2008. p. 67-98. ISBN 978-85-7383-432-1.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cadernos de recursos hídricos: disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**, Supervisão editorial: Bolívar Antunes Matos. Brasília: ANA, 2005. 134 p.

_____. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água**, [banco de dados on line]. Engecorps/Cobrape. Brasília: ANA, 2010a. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/> >. Acesso em: 23 de Agosto de 2015.

_____. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Estação captação Jundiá: código 62391100**, [banco de dados on line]. Hidroweb, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SINRH, Estações com dados de Qualidade de Água, Operador: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Brasília: ANA, 2010b. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true> >. Acesso em: 14 de Agosto de 2015.

_____. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Renovação da Outorga do Sistema Cantareira**, Serviços » Outorga e Fiscalização, 2016? Disponível em: < <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/renovacaocantareira.aspx> >. Acesso em: 25 de Janeiro de 2017.

ANA/DAEE. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS/DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução conjunta ANA/DAEE nº 50 de 21 de Janeiro de 2015**, Estabelece regras e condições de restrição de uso para captações de água nas bacias dos rios Jaguari, Camanducaia e Atibaia. São Paulo (Capital): ANA/DAEE, 2015.

ANDRADE, J. G. P.; BARBOSA, P. S. F.; SOUZA, L. C. A.; MAKINO, D. L. Interbasin water transfers: the brazilian experience and international case comparisons. **Water Resources Management**, v. 25, n. 8, p. 1915-1934, 2011. ISSN 1573-1650.

ANITELLI, F.; TRAMONTANO, M. Construir, legislar, burlar: edifícios de apartamentos em São Paulo, 1920-1957. **Arquitextos**, v. 12, 2012. ISSN 1809-6298.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, E.W. Rice; R.B. Baird; A.D. Eaton; L.S. Clesceri (eds.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington: APHA Press, 2012.

ARES-PCJ. AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de fiscalização técnica dos sistemas de água e esgoto do município de Jundiaí**, Relatório R1 (diagnóstico). Diretoria Técnica - Operacional - D.T.O., Coordenadoria de Fiscalização. Americana: ARES-PCJ, 2014. 39 p.

_____. AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Resolução ARES-PCJ nº 120 de 23 de dezembro de 2015**, Dispõe sobre reajuste dos valores das tarifas de água e esgoto a serem aplicados no município de Jundiaí e dá outras providências. Americana: ARES-PCJ, 2015. 5 p.

_____. AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Reajuste das tarifas de água e esgoto do município de Jundiaí**, Processo administrativo ARES-PCJ nº 213/2016. Parecer consolidado ARES-PC nº 08/2017 - DFB. Americana: ARES-PCJ, 2017. 40 p.

_____. AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Municípios Regulados**, Americana: ARES-PCJ, 2017? Disponível em: < <http://www.arespcj.com.br/conteudo/14/municipios.aspx> >. Acesso em: 30 de junho de 2017.

ARREGUI, F.; CABRERA JR., E.; COBACHO, R.; GARCÍA-SERRA, J. Key factors affecting water meter accuracy. In: **Leakage 2005 - Conference Proceedings Benchmarking the Water Losses**, Portugal, 2005.

ARREGUI, F. J.; SORIANO, J.; CABRERA, E.; COBACHO, R. Nine steps towards a better water meter management. **Water Science & Technology**, v. 65, 2012. ISSN 0273-1223.

ASQUINO, M. S. A importância da macrometrópole paulista como escala de planejamento de infraestruturas de circulação e de transporte. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 12, n. 1, 2010. ISSN 1517-4115.

ASTRID, F. D. C. F.; ALEXANDER, L. P. Validación mediante método Delphi de un sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto sobre el desarrollo local de los proyectos de investigación en el sector agropecuario. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 22, n. 3, p. 54-60, 2013. ISSN 2071-0054.

AYRES, M.; AYRES JR., M. **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. 5ª ed. Manual do software. Belém (PA), 2007.

B&B. B&B ENGENHARIA LTDA. **PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico e PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**, v. 1, Contratante: Fundação Agência das Bacias PCJ. Jarinu: B&B Engenharia Ltda., 2016. 309 p. Disponível em: < <http://www.agenciapcj.org.br/docs/pmsb-pmgirs/p7-jarinu-vol1.pdf> >. Acesso em: 14 de junho de 2017.

BAEZA, A.; DIAZ, M.; GARCIA, E.; MIRO, C. Influence of interbasin transfers between the Alcantara and Guadiloba reservoirs on the radiological quality of the drinking water of the city of Caceres (Spain). **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 252, n. 3, p. 441-449, 2002. ISSN 0236-5731.

BALDUSCO, L. F.; SIMÕES JR., J. G. Entre metrópoles: aglomerado urbano de Jundiaí. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 8, p. 119-137, 2014. ISSN 2318-8472.

BARDIN-CAMPAROTTO, L.; PEDRO JR, M. J.; BLAIN, G. C.; MORAES, J. F. L.; HERNANDES, J. L. **Polo turístico do circuito das frutas do Estado de São Paulo: fisiografia e clima**. Boletim Técnico IAC nº 213. Campinas: Instituto Agrônômico, 2013. 51 p. (Série Tecnologia APTA).

BEEK, E.; ARRIENS, W. L. **Water security: putting the concept into practice**. Tec background papers nº 20. Global Water Partnership Technical Committee (TEC). Stockholm: Global Water Partnership (GWP), 2014. 52 p. ISBN 978-91-87823-07-7.

BEGHELLI, F. G. D. S.; POMPÊO, M. L. M.; PÁSCOLI, M.; LIRA, V. S.; LIMA, R.; MOSCHINI-CARLOS, V. Can a one-sampling campaign produce robust results for water quality monitoring? A case of study in Itupararanga reservoir, SP, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, n. 9, 2016. ISSN 0102-6712.

BEGHELLI, F. G. S.; CARVALHO, M. E. K.; PECHE-FILHO, A.; MACHADO, F. H.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPEO, M. L. M.; RIBEIRO, A. I.; MEDEIROS, G. A. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiaí-Mirim - SP - BR. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 19, n. 1, p. 13-22, 2015. ISSN 1983-9057.

BEGHELLI, F. G. S.; POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. First occurrence of the exotic Asian clam *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) in the Jundiaí-Mirim River Basin, SP, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3, p. 402-408, 2014. ISSN 1980-993X.

BERBEL, W. M.; MARTINEZ, P. A.; RAMOS, T. P. A.; TORRES, R. A.; LIMA, S. M. Q. Inter- and intra-basin phenotypic variation in two riverine cichlids from northeastern Brazil: potential eco-evolutionary damages of So Francisco interbasin water transfer. **Hydrobiologia**, v. 766, n. 1, p. 43-56, 2016. ISSN 0018-8158.

BERTACHINI, A. C. **Estudo das características hidrogeológicas dos terrenos cristalinos sob clima úmido, na região de Jundiaí, em São Paulo**. 1987. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Geral e de Aplicação). Programa de pós-graduação em Geologia Geral e de Aplicação, Instituto de Geociências - IGC, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo - SP, 1987.

BIAGIOTTI, D.; SARMENTO, J. L. R.; Ó, A. O. D.; NETO, A. D. A. R.; SANTOS, G. V. D.; SANTOS, N. P. D. S.; TORRES, T. S.; NERI, V. D. S. Caracterização fenotípica de ovinos da raça Santa Inês no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 29-42, 2013. ISSN 1519-9940.

BITAR, O. Y.; BRAGA, T. Indicadores ambientais aplicados à gestão municipal. In: PHILIPPI JR, A. e MALHEIROS, T. F. (Ed.). **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2013. p. 125-158.

BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P. How to validate environmental indicators. **Agricultural Systems**, v. 76, n. 2, p. 639-653, 2003. ISSN 0308-521X.

BOGLE, R. G.; THERON, P.; BROOKS, P.; DARGAN, P. I.; REDHEAD, J. Aluminium phosphide poisoning. **Emergency Medicine Journal : EMJ**, v. 23, n. 1, 2006. ISSN 1472-0205.

BORG, I.; GROENEN, P. J. F. **Modern multidimensional scaling: theory and applications**. 2 ed. New York: Springer, 2005. 614 p. (Springer Series in Statistics). ISBN 0-387-25150-2.

BOURBLANC, M.; BLANCHON, D. The challenges of rescaling South African water resources management: Catchment Management Agencies and interbasin transfers. **Journal of Hydrology**, v. 519, n. Part C, p. 2381-2391, 2014. ISSN 0022-1694.

BRASIL. Casa Cível. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**, Institui o novo Código Florestal (revogada pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012). Brasília: Diário Oficial da União, 1965.

_____. Casa Civil. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**, Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1981.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986**, Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (Licenciamento Ambiental - Normas e procedimentos). Brasília: Diário Oficial da União, 1986.

_____. Casa Cível. **Constituição da República Federativa do Brasil**, Texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988. Brasília: Diário Oficial da União, 1988.

_____. Casa Civil. **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, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da União, 1997.

_____. Casa Civil. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**, Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2000a.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000**, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. Brasília: Diário Oficial da União, 2000b.

_____. Casa Cível. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**, Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts.182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2001.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2005.

_____. Ministério da Saúde. **Manual operacional para Comitês de Ética em Pesquisa**, 4.^a ed. rev. atual. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Conselho Nacional de Saúde. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 138 p. (Série CNS Cadernos Técnicos). ISBN 85-334-1057-3.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**, Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2011.

_____. Ministério da Saúde. **Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012**, Conselho Nacional de Saúde. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

_____. Ministério da Integração Nacional. **Plano nacional de segurança hídrica - critérios, seleção e detalhamento de intervenções estratégicas**, Termo de Referência. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2013. 47 p. Disponível em: <http://interaguas.ana.gov.br/Lists/Licitacoes_Docs/Attachments/32/TDR_PNSH_Preliminar.pdf>. Acesso em: 14 de janeiro de 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Painel nacional de indicadores ambientais: referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto**, PNIA 2012. Secretaria Executiva - SECEX, Departamento de Gestão Estratégica - DGE. Brasília: MMA, 2014. 96 p.

_____. Casa Cível. **Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015**, Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília: Diário Oficial da União, 2015.

_____. Ministério da Saúde. **Resolução nº 510 de 07 de abril de 2016**, Conselho Nacional de Saúde. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana. Brasília: Diário Oficial da União, 2016.

_____. Ministério das Cidades. **Sistema nacional de informações sobre saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017a. 212 p.

_____. Ministério do Planejamento. **Ampliação do SAA - complementação da represa do Rio Jundiá-Mirim - Jundiá - SP**, Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Brasília: Ministério do Planejamento, 2017b. Disponível em: < <http://www.pac.gov.br/obra/23705> >. Acesso em: 04 de agosto de 2017.

BREARS, R. C. **Urban water security in Asia-Pacific: promoting demand management strategies**. Asian Perceptions of the EU, Freie Universität Berlin. Berlin: NFG Research Group, 2014. 16 p. (NFG Policy Paper Series n° 4). ISSN 2194-1858.

_____. **Urban water security: challenges in water management**. West Sussex (UK): John Wiley & Sons, 2017. 320 p. ISBN 978-1-119-13172-4.

BRESSANE, A.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; PECHE FILHO, A. Abordagem construtivista integrando o ensino, a pesquisa e a aplicação à realidade: o caso da pós-graduação em Ciências Ambientais da Unesp Sorocaba. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 12, n. 27, p. 251-276, 2015. ISSN 2358-2332.

BREWER, E. W. Encyclopedia of measurement and statistics. In: SALKIND, N. J. (Ed.). **Encyclopedia of measurement and statistics**. Thousand Oaks (California): SAGE Publications, v.3, 2007. p. 241-246. ISBN 978-1412916110.

BROWN, A.; MATLOCK, M. D. **A review of water scarcity indices and methodologies**. White Paper #106 (Food, Beverage & Agriculture), University of Arkansas. Fayetteville: The Sustainability Consortium, 2011. 21 p.

CAIXA. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Saneamento para todos**, Brasília: CAIXA, 2017? Disponível em: < http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/assistencia_tecnica/produtos/financiamento/saneamento_para_todos/saiba_mais.asp >. Acesso em: 17 de janeiro de 2018.

CALDERHEAD, A. I.; MARTEL, R.; GARFIAS, J.; RIVERA, A.; THERRIEN, R. Pumping dry: an increasing groundwater budget deficit induced by urbanization, industrialization, and climate change in an over-exploited volcanic aquifer. **Environmental Earth Sciences**, v. 66, n. 7, p. 1753-1767, 2012. ISSN 1866-6280.

CAMPOS, V. **Comportamento de arsênio, fósforo e metais pesados (cromo, cobre, chumbo e mercúrio) em solos expostos a cultivos frutíferos, município de Jundiá, São Paulo**. 2001. 160 f. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências - IGC, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo - SP, 2001.

CAMPOS, V. Arsenic in groundwater affected by phosphate fertilizers at São Paulo, Brazil. **Environmental Geology**, v. 42, n. 1, p. 83-87, 2002. ISSN 1432-0495.

CANTO-PERELLO, J.; MARTINEZ-LEON, J.; CURIEL-ESPARZA, J.; MARTIN-UTRILLAS, M. Consensus in prioritizing river rehabilitation projects through the integration of social, economic and landscape indicators. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 659-666, 2017. ISSN 1470-160X.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Tabela de áreas de conhecimento**, Brasília: Capes, 2009. 27 p. Disponível em: < goo.gl/ZYeGzL >. Acesso em: 14 de Abril de 2016.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; LIRA, W. S. Processo participativo na construção de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas. In: LIRA, W. S. e CÂNDIDO, G. A. (Ed.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 31-80. ISBN 978-85-7879-282-4.

CATE, J. H.; MAASDAM, R.; ROIJACKERS, R. M. M. Perspectives for the use of diatom assemblages in the water management policy of Overijssel (The Netherlands). **Hydrobiologia**, v. 269-270, p. 351-359, 1993. ISSN 1573-5117

CBH-PCJ. COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Deliberação CBH-PCJ nº 18/94 de 21 de dezembro de 1994**, Aprova recomendação sobre captação de água no rio Atibaia para abastecimento de Jundiaí. Piracicaba: CBH-PCJ, 1994. 5 p.

_____. COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório da situação dos recursos hídricos 2015**, Versão simplificada (ano base: 2014). Piracicaba: Parla, 2015. 54 p. (Série UGRHI 05 - Bacias PCJ).

_____. COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório da situação dos recursos hídricos 2016**, Versão completa (ano base: 2015). Piracicaba: CBH-PCJ/Agência-PCJ, 2016. 165 p.

CDAUJ. CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO DA AGLOMERAÇÃO URBANA DE JUNDIAÍ. **Regimento interno**, Jundiaí: CDAUJ, 2011. Disponível em: < <https://www.emplasa.sp.gov.br/AUJ/ConselhoDesenvolvimento/RegimentoInterno> >. Acesso em: 23 de Fevereiro de 2015.

CEPAGRI. CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas**, [banco de dados on line]. Miranda, M. J.; Pinto, H. S.; Zullo Júnior, J.; Fagundes, R. M.; Fonsechi, D. B.; Calve, L.; Pellegrino, G. Q. (Orgs.). Universidade Estadual de Campinas - CPA/UNICAMP. Campinas: CEPAGRI, n. d. Disponível em: < <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html> >. Acesso em: 17 de junho de 2015.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**, São Paulo: CETESB, 2015. 369 p. ISSN: 0103-4103 (Série Relatórios CETESB).

_____. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Base hidrográfica do estado de São Paulo: enquadramento dos corpos d'água conforme Decreto Estadual nº 10.755/77**, Relatório Técnico. Setor de Programas e Ações Institucionais - EQPP. São Paulo: CETESB, 2016.

_____. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Súmula do Parecer Técnico 206/17/IE**, Processo 345/2014 (Loteamento Campo Verde). Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos - IE/CESTESB. São Paulo: CETESB, 2017a. Disponível em: <
http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/consema/2017/06/sumula_do_parecer_tecnico_cetesb-206-17-ie_sobre_o_eia-rima_do_loteamento_campo_verde.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2017.

_____. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016**, São Paulo: CETESB, 2017b. 287 p. ISBN 978-85-9467-018-2.

CHANG, H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. **Water Research**, v. 42, n. 13, p. 3285-3304, 2008. ISSN 0043-1354.

CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD, A. J. Ecological patterns in multivariate assemblages: information and interpretation of negative values in ANOSIM tests. **Marine Ecology Progress Series**, v. 180, p. 257-265, 1999. ISSN 1616-1599.

CIESP. CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DAEE e Cetesb explicam as restrições na captação de água**, [Arquivo de Notícias, 27/04/2015]. Assessoria de Comunicação. Jundiaí: CIESP, 2015. Disponível em: <
<http://www.ciesp.com.br/jundiai/noticias/daee-e-cetesb-explicam-as-restricoes-na-captacao-de-agua/>>. Acesso em: 28 de Fevereiro de 2016.

CLARK, W. A.; WANG, G. A. Conflicting attitudes toward inter-basin water transfers in Bulgaria. **Water International**, v. 28, n. 1, p. 79-89, 2003. ISSN 0250-8060.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, p. 117-143, 1993.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 2 ed. Plymouth: Primer-E, 2001. ISBN 9781855311404.

CLIBBENS, N.; WALTERS S FAU - BAIRD, W.; BAIRD, W. Delphi research: issues raised by a pilot study. **Nurse Researcher**, v. 19, n. 2, p. 37-43, 2012. ISSN 1351-5578.

CMJ. CÂMARA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **OpenLegis - Sistema Aberto de Gestão Legislativa**, Jundiaí: CMJ, n. d. Disponível em: <
http://sapl.camarajundiai.sp.gov.br/generico/norma_juridica_pesquisar_form?incluir=0>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2017.

CMR. COMISION MUNDIAL DE REPRESAS. **Represas y desarrollo: un nuevo marco para la toma de decisiones**, El reporte final de la Comission Mundial de Represas. Cape Town: Earthscan Publications, 2000. 444 p.

COATES, D.; CONNOR, R.; LECLERC, L.; RAST, W.; SCHUMANN, K.; WEBBER, M. Water demand: what drives consumption? In: ANDRZEJEWSKI, C.; CULLEN, A.; DASH, B.; FRANEK, A.; KELTY, M.; MCDONALD, D.; SMITH, M. e WAUCHOPE, S. (Ed.). **Managing water under uncertainty and risk**. The United Nations World Water Development Report 4. World Water Assessment Programme - WWAP. Paris: UNESCO, v.1, 2012. p. 44-76. ISBN 978-92-3-001045-4.

COBRAPE. COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS. **Plano das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020**, R8 - Relatório final com propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água e de programa para efetivação do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035. Cobrape (execução); Comitê PCJ; Agência PCJ. Piracicaba: Agência-PCJ, 2010. 815 p.

_____. COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS. **Plano das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 - 2020** Relatório síntese com propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035. Piracicaba: Neoband Soluções Gráficas, 2011. 128 p.

_____. COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS. **Plano municipal de saneamento básico de água e esgoto de Jundiaí: relatório síntese**, Jundiaí: COBRAPE, 2016. 122 p.

COLORADO. STATE OF COLORADO. **A bill for an act: concerning measures to decrease water loss by domestic water suppliers**, House Bill 16-1283, House Committees (Agriculture, Livestock, & Natural Resources), Senate Committees, Denver (CO): Colorado General Assembly, 2016. 8 p. Disponível em: < http://www.leg.state.co.us/clics/clics2016a/csl.nsf/fsbillcont3/9AB8B0B3CA1F0FD387257F24006454C1?open&file=1283_01.pdf >. Acesso em: 25 de Janeiro de 2017.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Sistema de produção de uvas rústicas para processamento em regiões tropicais do Brasil. **Embrapa Uva e Vinho**, v. 9 (Sistema de Produção), 2005. ISSN 1678-8761.

CONNOR, R.; STODDARD, H. Recognizing the centrality of water and its global dimensions. In: ANDRZEJEWSKI, C.; CULLEN, A.; DASH, B.; FRANEK, A.; KELTY, M.; MCDONALD, D.; SMITH, M. e WAUCHOPE, S. (Ed.). **Managing water under uncertainty and risk**. The United Nations World Water Development Report 4. World Water Assessment Programme - WWAP. Paris: UNESCO, v.1, 2012. p. 22-42. ISBN 978-92-3-001045-4.

CONSÓRCIO-PCJ. CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Região do Baixo Atibaia também entrará em estado de restrição para a captação de água**, [Arquivo de Notícias, 24/08/2015]. Americana: Consórcio-PCJ, 2015. Disponível em: < <http://agua.org.br/regiao-do-baixo-atibaia-tambem-entrara-em-estado-de-restricao-para-a-captacao-de-agua/> >. Acesso em: 07 de Setembro de 2015.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 1, p. 94-102, 2012. ISSN 0959-3780.

CORRÊA, M. A.; TEIXEIRA, B. A. N. Developing sustainability indicators for water resources management in Tietê-Jacaré basin, Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 7, n. 1, p. 8-14, 2013. ISSN 1982-3932.

CORREIO-POPULAR. CORREIO POPULAR (Jornal Digital). **Campinas retira praticamente toda água do Atibaia**, [Arquivo de Notícias, 12/02/2014]. Grupo RAC. Campinas: Correio Popular, 2014. Disponível em: < http://correio.rac.com.br/_conteudo/2014/02/capa/campinas_e_rmc/153030-campinas-retira-praticamente-toda-agua-do-atibaia.html >. Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

_____. CORREIO POPULAR (Jornal Digital). **Campinas retira praticamente toda água do Atibaia**, [Arquivo de Notícias, 12/05/2015]. Grupo RAC. Campinas: Correio Popular, 2015. Disponível em: < http://correio.rac.com.br/_conteudo/2015/05/capa/campinas_e_rmc/257702-retirada-de-agua-por-industrias-e-62-maior-do-que-para-abastecimento.html >. Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

COSTA, R. K. D. S.; TORRES, G. D. V.; SALVETTI, M. D. G.; AZEVEDO, I. C. D.; COSTA, M. A. T. D. Instrument for evaluating care given by undergraduate nursing students to people with wounds. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 49, n. 2, p. 315-323, 2015. ISSN 0080-6234.

COUTINHO, R. M.; KRAENKEL, R. A.; PRADO, P. I. Catastrophic regime shift in water reservoirs and São Paulo water supply crisis. **PLOS ONE**, v. 10, n. 9, p. e0138278, 2015. ISSN 1932-6203.

COUTO, H. L. G. D.; RIBEIRO, F. L. Objetivos e desafios da política de compras públicas sustentáveis no Brasil: a opinião dos especialistas. **Revista de Administração Pública**, v. 50, p. 331-343, 2016. ISSN 0034-7612.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. D.; LAMPARELLI, M. C. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 126-134, 2013a. ISSN 0925-8574.

CUNHA, J. M. P.; STOCO, S.; DOTA, E. M.; NEGREIROS, R.; MIRANDA, Z. A. I. A mobilidade pendular na Macrometrópole Paulista: diferenciação e complementaridade socioespacial. **Cadernos Metrôpole**, v. 15, p. 433-459, 2013b. ISSN 2236-9996.

DAE. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **DAE realiza a troca hidrômetros antigos**, [Arquivo de Notícias, 14/04/2008]. Jundiaí: DAE S. A., 2008a. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2008/04/dae-realiza-a-troca-hidrometros-antigos/> >. Acesso em: 07 de Junho de 2016.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Escavadeira hidráulica utilizada no desassoreamento é uma das únicas no Brasil**, [Arquivo de Notícias, 30/09/2008]. Jundiaí: DAE S. A., 2008b. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2008/09/escavadeira-hidraulica-utilizada-no-desassoreamento-e-uma-das-unicas-no-brasil/> >. Acesso em: 08 de junho de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **DAE-Jundiaí e Sabesp assinam protocolo de intenções para abastecer Várzea Paulista**, [Arquivo de Notícias, 22/07/2011]. Jundiaí: DAE S. A., 2011. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2011/07/dae-jundiai-e-sabesp-assinam-protocolo-de-intencoes-para-abastecer-varzea-paulista/> >. Acesso em: 08 de Junho de 2016.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Diretoria da DAE alerta empresários sobre uso da água**, [Arquivo de Notícias, 12/02/2014]. Jundiaí: DAE S. A., 2014a. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2014/02/diretoria-da-dae-alerta-empresarios-sobre-uso-racional-da-agua/> >. Acesso em: 23 de Março de 2015.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Represa tem o maior nível de água dos últimos dez meses**, [Arquivo de Notícias, 27/11/2014]. Jundiaí: DAE S. A., 2014b. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2014/11/represa-tem-o-maior-nivel-de-agua-dos-ultimos-dez-meses/> >. Acesso em: 23 de Março de 2015.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Índice pluviométrico: área 35 (represa do Parque da Cidade)**, [banco de dados on line]. Jundiaí: DAE S. A., 2014c. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/indice-pluviometrico/> >. Acesso em: 02 de Outubro de 2015.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Bombeamento do rio Atibaia**, Jundiaí: DAE S. A., 2014?. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/estrutura/unidades-externas/bombeamento-do-rio-atibaia/> >. Acesso em: 20 de dezembro de 2016.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Prospecto institucional**, Expediente: Material produzido pela Assessoria de Comunicação DAE. Jundiaí: DAE S. A., 2016a. 20 p. Disponível em: < https://www.daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2016/12/PROSPECTO_INSTITUCIONAL7.pdf >. Acesso em: 03 de Janeiro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Relatório anual de qualidade de água: ano base 2015**, Jundiaí: DAE S. A., 2016b. Disponível em: < <http://www.daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2013/11/Relatorio-ano-base-2015.pdf> >. Acesso em: 25 de Abril de 2016.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Memória: o saneamento em Jundiaí**, [home page]. Jundiaí: DAE S. A., 2016?-a. Disponível em: < www.daejundiai.com.br/memoria >. Acesso em: 11 de maio de 2016.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Complexo da barragem do rio Jundiá-Mirim/represa do Parque da Cidade**, Jundiá: DAE S. A., 2016?-b. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/estrutura/unidades-externas/complexo-da-barragem-do-rio-jundiai-mirimrepresa-do-parque-da-cidade/> >. Acesso em: 11 de outubro de 2016.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Legislação**, Jundiá: DAE S. A., 2016?-c. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/legislacao/> >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Processo 1390/17: contratação de empresa especializada para prestação de serviços de substituição de 20.000 hidrômetros**, Contrato 050/17 - Processos DAE S/A. Transparência/Licitações e Contratos/Contratos Ativos. Jundiá: DAE S. A., 2017a. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2017/02/Contrato-050.17.pdf> >. Acesso em: 12 de dezembro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Proteção de Mananciais monitora 16 sub-bacias e notifica irregularidades**, [Arquivo de Notícias, 28/07/2017]. Jundiá: DAE S. A., 2017b. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2017/07/protecao-de-mananciais-monitora-16-sub-bacias-e-notifica-irregularidades/> >. Acesso em: 29 de Julho de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **DAE instala macromedidor no Santa Gertrudes**, [Arquivo de Notícias, 18/08/2017]. Jundiá: DAE S. A., 2017c. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/abastecimento/dae-instala-macromedidor-no-santa-gertrudes/> >. Acesso em: 29 de Agosto de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Retirada de macrófitas e desassoreamento na represa de captação têm início**, [Arquivo de Notícias, 30/10/2017]. Jundiá: DAE S. A., 2017d. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2017/10/%e2%80%8bretirada-de-macrofitas-e-desassoreamento-na-represa-de-captacao-tem-inicio/> >. Acesso em: 02 de novembro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Processo 543/17: serviço de retirada de plantas macrófitas da represa de acumulação**, Contrato 034/17 - Processos DAE S/A. Transparência/Licitações e Contratos/Contratos Ativos. Jundiá: DAE S. A., 2017e. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2017/02/Contrato-034.17.pdf> >. Acesso em: 06 de novembro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Prefeito vistoria limpeza da represa de acumulação**, [Arquivo de Notícias, 20/09/2017]. Jundiá: DAE S. A., 2017f. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2017/09/prefeito-vistoria-limpeza-da-represa-de-acumulacao/> >. Acesso em: 02 de novembro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Processo 632/17: desassoreamento da represa de captação**, Contrato 040/17 - Processos DAE S/A. Transparência/Licitações e Contratos/Contratos Ativos. Jundiá: DAE S. A., 2017g. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2017/02/contrato-040.17.pdf> >. Acesso em: 06 de novembro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **Processo 1.390/17: contratação de empresa especializada para prestação de serviço de substituição de 20.000 hidrômetros**, Contrato 050/17 - Processos DAE S/A. Transparência/Licitações e Contratos/Contratos Ativos. Jundiaí: DAE S. A., 2017h. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2017/02/Contrato-050.17.pdf> >. Acesso em: 06 de novembro de 2017.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE JUNDIAÍ. **IPEM aprova bancadas de aferição de hidrômetros da DAE**, [Arquivo de Notícias, 22/05/2017]. Jundiaí: DAE S. A., 2017i. Disponível em: < <https://www.daejundiai.com.br/2017/05/ipem-aprova-bancadas-de-afericao-de-hidrometros-da-dae/> >. Acesso em: 28 de Junho de 2017.

DAEE. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Portaria DAEE nº 432 de 14 de março de 2006**, Autos DAEE 9806638. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. São Paulo: Diário Oficial, 2006.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução conjunta ANA/DAEE-925 de 29-5-2017**, Documento 00000.031749/2017-55. Dispõe sobre as condições de operação para o Sistema Cantareira - SC, delimitado, para os fins desta Resolução, como o conjunto dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. São Paulo: Diário Oficial da União, 2017a.

_____. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Portaria DAEE nº 572 de 22 de fevereiro de 2017**, Autos DAEE 9806638. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. São Paulo: Diário Oficial (Poder Executivo - Seção I), 2017b.

DANIEL, M. H. B.; MONTEBELO, A. A.; BERNARDES, M. C.; OMETTO, J. P. H. B.; DECAMARGO, P. B.; KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V.; VICTORIA, R. L.; MARTINELLI, L. A. Effects of urban sewage on dissolved oxygen, dissolved inorganic and organic carbon, and electrical conductivity of small streams along a gradient of urbanization in the Piracicaba River basin. **Water Air and Soil Pollution**, v. 136, n. 1-4, p. 189-206, 2002. ISSN 0049-6979.

DAVIES, B. R.; THOMS, M.; MEADOR, M. An assessment of the ecological impacts of inter-basin water transfers, and their threats to river basin integrity and conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 2, n. 4, p. 325-349, 1992. ISSN 1099-0755.

DAVIS, L. L.; GRANT, J. S. Guidelines for using psychometric consultants in nursing studies. **Research in Nursing & Health**, v. 16, n. 2, p. 151-155, 1993. ISSN 0160-6891.

DAY, L. H. Delphi research in the corporate environment. In: LINSTONE, H. A. e TUROFF, M. (Ed.). **Delphi method: techniques and applications**. Reprint edition 2002. Reading - MA: Addison-Wesley Educational Publishers Inc, 1975. p. 162-188.

DE LA FARE, M.; FREDERICO VIANA MACHADO, F. V.; CARVALHO, I. C. M. Breve revisão sobre regulação da ética em pesquisa: subsídios para pensar a pesquisa em educação no Brasil. **Práxis Educativa**, v. 9, n. 1, p. 247-283, 2014. ISSN 1809-4309.

DE STEFANO, L. International initiatives for water policy assessment: a review. **Water Resources Management**, v. 24, n. 11, p. 2449-2466, 2010. ISSN 0920-4741.

DEL GRANDE, M.; REZENDE, M. O. O.; ROCHA, O. Distribuição de compostos organoclorados nas águas e sedimentos da bacia do rio Piracicaba/SP - Brasil. **Química Nova**, v. 26, p. 678-686, 2003. ISSN 0100-4042.

DEMANBORO, A. C.; LAURENTIS, G. L.; BETTINE, S. D. C. Cenários ambientais na bacia do rio Atibaia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 27-37, 2013. ISSN 1809-4457.

DEWSON, Z. S.; JAMES, A. B. W.; DEATH, R. G. A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 26, n. 3, p. 401-415, 2007. ISSN 0887-3593.

DFREIRE. DFREIRE PLANEJAMENTO E CONSULTORIA LTDA. **Relatório de impacto ambiental - RIMA: empreendimento urbanístico Campo Verde**, Jarinu: Lote 5 Desenvolvimento Urbano S. A. , 2015. 77 p. Disponível em: < http://comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=630:eia-rima-campo-verde&catid=62&Itemid=118 >. Acesso em: 14 de Janeiro de 2016.

DIAMOND, I. R.; GRANT, R. C.; FELDMAN, B. M.; PENCHARZ, P. B.; LING, S. C.; MOORE, A. M.; WALES, P. W. Defining consensus: a systematic review recommends methodologic criteria for reporting of Delphi studies. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 67, n. 4, p. 401-409, 2014. ISSN 1878-5921.

DILL, P. R. J.; PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. Assoreamento do reservatório do Vacacai Mirim/Santa Maria e sua relação com a deteriorização da bacia hidrográfica contribuinte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 1, p. 07-14, 2004. ISSN 2318-0331.

DONADELLI, A.; KANO, C.; FERNANDES JUNIOR, F. Estudo de caso: análise econômica entre o custo de produção de morango orgânico e convencional. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 5, 2012. ISSN 2316-5146.

DOUTERELO, I.; SHARPE, R.; BOXALL, J. Bacterial community dynamics during the early stages of biofilm formation in a chlorinated experimental drinking water distribution system: implications for drinking water discolouration. **Journal of Applied Microbiology**, v. 117, n. 1, p. 286-301, 2014. ISSN 1364-5072.

DUNN, G.; BAKKER, K. **Canadian approaches to assessing water security: an inventory of indicators**. Policy Report. University of British Columbia. Vancouver: UBC Program on Water Governance, 2009. 39 p. ISBN 978-0-88865-696-4.

EEA. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **The DPSIR framework used by the EEA**, Copenhagen, 2007. Disponível em: < http://ia2dec.pbe.eea.europa.eu/knowledge_base/Frameworks/doc101182/ >.

_____. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Europe's environment - an assessment of assessments**, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. 197 p. ISBN 978-92-9213-217-0.

EMELKO, M. B.; SILINS, U.; BLADON, K. D.; STONE, M. Implications of land disturbance on drinking water treatability in a changing climate: Demonstrating the need for “source water supply and protection” strategies. **Water Research**, v. 45, n. 2, p. 461-472, 2011. ISSN 0043-1354.

EMPLASA. EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Rede urbana e regionalização do Estado de São Paulo**, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional, Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano, Governo de São Paulo. São Paulo: EMLASA, 2011. 152 p. ISBN 978-85-7071-016-1.

_____. EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Comparative study on metropolitan governance**, Report 14, Metropolis Initiatives. Barcelona: Metropolis, 2014a. 89 p.

_____. EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Plano de ação da Macrometrópole Paulista 2013-2040: política de desenvolvimento da macrometrópole**, v.1. Secretaria da Casa Civil. São Paulo: EMLASA, 2014b. 41 p. ISBN 978-85-7071-021-5.

_____. EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Plano de ação da Macrometrópole Paulista 2013:2040**, v. 4. Coleção carteira de projetos do PAM. Secretaria da Casa Civil. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo: EMLASA, 2014c. 201 p. ISBN 978-85-7071-024-6.

_____. EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Visão da metrópole: subsídios para a elaboração do PDUI Região Metropolitana de São Paulo**, Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado - PDUI. Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo – CDRMSP. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo: EMLASA, 2016. 76 p.

ENGELMAN, R.; LEROY, P. **Sustaining water: population and the future of renewable water supplies**. Population and Environment Program, Washington, D.C.: Population Action International, 1993. 56 p.

ÉPOCA. REVISTA ÉPOCA. **Por que não falta água em Jundiaí**, [Arquivo de Notícias, 24/11/2014]. Por Bruno Calixto, Revista Época (Blog do Planeta), Editora Globo, 2014. Disponível em: < <http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2014/11/por-que-bnao-falta-agua-em-jundiaib.html> >. Acesso em: 13 de Dezembro de 2015.

EUROSTAT. STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN UNION. **Environmental taxes: a statistical guide**, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. 42 p. (Manuals and Guidelines). ISBN 978-92-79-33230-2.

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J. R.; FADINI, P. S. Mercury in the Waters of the Jundiaí River, SP, Brazil: The Role of Dissolved Organic Matter. **Aquatic Geochemistry**, v. 18, n. 5, p. 445-456, 2012. ISSN 1573-1421.

FALKENMARK, M. The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa: Why Isn't It Being Addressed? **Ambio**, v. 18, n. 2, p. 112-118, 1989. ISSN 00447447.

FANELLI, A. F. D. M.; SANTOS JUNIOR, W. R. D. O Aglomerado Urbano de Jundiaí (SP) e os desafios para a mobilidade metropolitana paulista. **Cadernos Metr pole**, v. 15, p. 461-487, 2013. ISSN 2236-9996.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters)**, [AQUASTAT on line database]. Metadata - Countries, 2014. Disponível em: < http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/index.stm >. Acesso em: 23 de Maio de 2016.

FARLEY, M.; WYETH, G.; GHAZALI, Z. B. M.; Istandar, A.; SINGH, S. **The manager's non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses**. Ranhill Utilities Berhad, United States Agency for International Development (USAID). Thailand: Ranhill/USAID, 2008. 98 p.

FAVARO, P. C.; FERNANDES, E. A. D.; FERRAZ, E. S. B.; FALOTICO, M. H. B. Time still to restore the polluted Piracicaba river basin. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 259, n. 2, p. 217-221, 2004. ISSN 0236-5731.

FENGLER, F. H. **Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim**. 2014. 127 f. Disserta o (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Curso de p s-gradua o em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico - IAC, Campinas - SP, 2014.

FENGLER, F. H.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; PECHEI FILHO, A.; MORAES, J. F. L.; BRESSANE, A. Desenvolvimento da percep o ambiental de alunos de p s-gradua o em Ciências Ambientais da Unesp Sorocaba por meio da abordagem construtivista de ensino. **Revista Brasileira de Pós-Gradua o**, v. 12, n. 29, p. 805-834, 2015a. ISSN 2358-2332.

FENGLER, F. H.; MORAES, J. F. L.; RIBEIRO, A. I.; PECHE-FILHO, A.; STORINO, M.; MEDEIROS, G. A. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim entre 1972 e 2013. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 402-408, 2015b. ISSN 1415-4366.

FENGLER, F. H.; SILVA, A. M.; PECHE-FILHO, A.; STORINO, M.; RIBEIRO, A. I.; MEDEIROS, G. A. Análise temporal da cobertura do solo na zona de amortecimento de reserva biológica **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 25, p. 37-47, 2012. ISSN 2176-9478.

FERREIRA, R. C.; LOPES, W. G. R.; ARAÚJO, J. L. L. A  gua como suporte para atividades de lazer e turismo: possibilidades e limita es da barragem Piracuruca no estado do Piauí (Brasil). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 25, p. 134-163, 2012. ISSN 2177-2738.

FILHO, J. S. R.; AVIZ, D. Macrobenthic communities of an Amazonian estuary (Guajará Bay, Brazil): temporal and spatial changes. **Journal of Coastal Research**, p. 123-128, 2013. ISSN 0749-0208.

FLYNN, T. M.; SANFORD, R. A.; RYU, H.; BETHKE, C. M.; LEVINE, A. D.; ASHBOLT, N. J.; SANTO DOMINGO, J. W. Functional microbial diversity explains groundwater chemistry in a pristine aquifer. **BMC Microbiology**, v. 13, n. 1, p. 146-160, 2013. ISSN 1471-2180.

FONSECA, F. Dimensões críticas das políticas públicas. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 11, p. 402-418, 2013. ISSN 1679-3951.

FONTANA, L.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; BRENNER, M.; BONOTTO, D. M.; SABARIS, T. P. P.; PIRES, M. A. F.; COTRIM, M. E. B.; BICUDO, D. C. The eutrophication history of a tropical water supply reservoir in Brazil. **Journal of Paleolimnology**, v. 51, n. 1, p. 29-43, 2014. ISSN 1573-0417.

FONTANA, M. E.; MORAIS, D. C. Decision model to control water losses in distribution networks. **Production**, v. 26, n. 4, p. 688-697, 2016. ISSN 0103-6513.

FONTANAZZA, C. M.; NOTARO, V.; PULEO, V.; FRENI, G. Effects of network pressure on water meter under-registration: an experimental analysis. **Drinking Water Engineering and Science**, v. 2013, p. 119-149, 2013. ISSN 1996-9481.

FRANÇA, L. V. G. **Modelo de avaliação de impacto ambiental utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy: um estudo de caso para a indústria automobilística**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Curso de pós-graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba - ICTS / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp, Sorocaba - SP, 2015.

FRANÇA, L. V. G.; BRESSANE, A.; SILVA, F. N.; PECHE FILHO, A.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; ROVEDA, J. A. F.; ROVEDA, S. R. M. M. Fuzzy modelling applied to the analysis of landscape: a proposal for participatory environmental assessment. **FRONTEIRAS - Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 3, n. 3, p. 124-141, 2014. ISSN 2238-8869.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 443-449, 2013. ISSN 1415-4366.

FRIEDLANDER, A. M.; CASELLE, J. E.; BALLESTEROS, E.; BROWN, E. K.; TURCHIK, A.; SALA, E. The real bounty: marine biodiversity in the pitcairn islands. **PLoS ONE**, v. 9, n. 6, 2014. ISSN 1932-6203.

G1. PORTAL G1. **Crise hídrica em SP faz sobra de vagas na construção civil em Jundiaí**, [Arquivo de Notícias, 31/07/2015]. Portal G1 Sorocaba e Jundiaí. Copyright 2000-2015 Globo Comunicação e Participações S.A., 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2015/07/crise-hidrica-em-sp-faz-sobrar-vagas-na-construcao-civil-em-jundiai.html> >. Acesso em: 04 de Agosto de 2015.

GHASSEMI, F.; WHITE, I. **Inter-basin water transfer: case studies from Australia, United States, Canada, China and India**. 1ª ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 435 p. ISBN 978-0-511-26919-6. (International Hydrology Series).

GHIRARDELLO, N. **À beira da linha: formações urbanas da Noroeste Paulista**. São Paulo: Editora UNESP, 2002. 235 p. ISBN 85-7139-392-3.

GIANSANTE, A. E.; BELLI FILHO, P. Medidas de proteção da bacia hidrográfica do Rio Jundiá, São Paulo, Brasil. In: **XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Y Ambiental: Forjando el Ambiente Que Compartimos**, San Juan (Puerto Rico): Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), 2004.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p. ISBN 978-85-224-5142-5.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. V. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999. ISSN 1044-0046.

GOHARI, A.; ESLAMIAN, S.; MIRCHI, A.; ABEDI-KOUPAEI, J.; MASSAH BAVANI, A.; MADANI, K. Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire. **Journal of Hydrology**, v. 491, n. Supplement C, p. 23-39, 2013. ISSN 0022-1694.

GOMES, P.; MALHEIROS, T.; FERNANDES, V.; SOBRAL, M. D. C. Environmental indicators for sustainability: a strategic analysis for the sugarcane ethanol context in Brazil. **Environmental Technology**, v. 37, n. 1, p. 16-27, 2016. ISSN 0959-3330.

GOMES, P. R.; MALHEIROS, T. F. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 2, p. 151-169, 2012. ISSN 1809-239X.

GONZÁLEZ, A. M. G. O.; SANCHEZ-ROMAN, R. M.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A. PCJ river basins' water availability caused by water diversion scenarios to supply metropolitan areas of São Paulo. **Water Resources Management**, v. 25, n. 13, p. 3371-3386, 2011. ISSN 0920-4741.

GORBACH, K. R. **Benthic community structure response to flow dynamics in tropical island and temperate continental streams**. 2012. 150 pages. Thesis (Doctor of philosophy in biology). The College of Arts and Sciences, University of Dayton, Dayton, Ohio, 2012.

GOTTSCHALK, P. Studies of key issues in IS management around the world. **International Journal of Information Management**, v. 20, n. 3, p. 169-180, 2000. ISSN 0268-4012.

GOULD, S. **How to write a questionnaire**. Birmingham: Birmingham City University, 2011. Disponível em: < <http://library.bcu.ac.uk/learner/writingguides/1.05.htm> >.

GRAMOLELLI JR., F.; MATSURA, E. E.; WEILL, M. M. A. Avaliação simplificada da qualidade da irrigação em áreas agrícolas na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim. **UniAnchieta - Argumento**, v. IX, n. 15, 2007. ISSN 1519-0854.

GRANT, E. H. C.; LYNCH, H. J.; MUNEEPEERAKUL, R.; ARUNACHALAM, M.; RODRIGUEZ-ITURBE, I.; FAGAN, W. F. Interbasin Water Transfer, Riverine Connectivity, and Spatial Controls on Fish Biodiversity. **Plos One**, v. 7, n. 3, 2012. ISSN 1932-6203.

GRANT, J. S.; DAVIS, L. L. Selection and use of content experts for instrument development. **Research in Nursing & Health**, v. 20, n. 3, p. 269-274, 1997. ISSN 1098-240X.

GUERRIERO, I. C. Z. Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016 que trata das especificidades éticas das pesquisas nas ciências humanas e sociais e de outras que utilizam metodologias próprias dessas áreas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 8, p. 2619-2629, 2016.

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in Sao Paulo, Brazil. **Habitat International**, v. 45, p. 106-113, 2015. ISSN 0197-3975.

HAI, L. T.; GOBIN, A.; HENS, L. Select indicators and prioritize solutions for desertification and drought in Binh Thuan, Vietnam. **Chinese Journal of Population Resources and Environment**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2016. ISSN 1004-2857.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2001. ISSN 1935-3952.

HARRISON, C. **Questionnaire design tip sheet**. Cambridge: Harvard University Program on Survey Reserach, 2007. 4 p. Disponível em: < <http://psr.iq.harvard.edu/book/questionnaire-design-tip-sheet> >.

HARTMAN, F. T.; BALDWIN, A. Using technology to improve delphi method. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 9, n. 4, p. 244-249, 1995. ISSN 0887-3801.

HARTMAN, N.; WITTLER, M.; ASKEW, K.; MANTHEY, D. Delphi method validation of a procedural performance checklist for insertion of an ultrasound-guided internal jugular central line. **American Journal of Medical Quality**, v. 31, n. 1, p. 81-85, 2016. ISSN 1555-824X.

HASSON, F.; KEENEY, S.; MCKENNA, H. Research guidelines for the Delphi survey technique. **Journal of Advanced Nursing**, v. 32, n. 4, p. 1008-1015, 2000. ISSN 0309-2402.

HAUPT, J. P. D. O. **Metodologia para avaliação do potencial de produção de poluição difusa: estudo de caso da bacia do rio Jundiáí**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Programa de pós-graduação em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Poli/USP, São Paulo, 2009.

HERNÁNDEZ-MORA, N.; DEL MORAL ITUARTE, L.; LA-ROCA, F.; LA CALLE, A.; SCHMIDT, G. Interbasin water transfers in Spain: interregional conflicts and governance responses. In: SCHNEIER-MADANES, G. (Ed.). **Globalized water: a question of governance**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 175-194. ISBN 978-94-007-7323-3.

HINRICHSEN, D.; TACIO, H. **The coming freshwater crisis is already here: the linkages between population and water**. Washington, DC: Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2002. 26 p.

HOUT, M. C.; PAPESH, M. H.; GOLDINGER, S. D. Multidimensional scaling. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science**, v. 4, n. 1, p. 93-103, 2013. ISSN 1939-5086.

HSU, C. C.; SANDFORD, B. A. The Delphi technique: making sense of consensus. **Practical Assessment Research & Evaluation**, v. 12, n. 10, 2007. ISSN 1531-7714.

HU, G. Q.; RAO KQ FAU - SUN, Z.-Q.; SUN, Z. Q. Identification of a detailed function list for public health emergency management using three qualitative methods. **Chinese Medical Journal**, v. 120, n. 21, p. 1908-1913 2007. ISSN 0366-6999.

HU, Y. N.; LIU, X. P.; BAI, J. M.; SHIH, K. M.; ZENG, E. Y.; CHENG, H. F. Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 9, p. 6150-6159, 2013. ISSN 0944-1344.

HU, Z.; SUN, X.; CAI, Y.; GUO, L.; CHEN, Q.; LIU, T.; SHI, F.; YANG, L. The habitat type and trophic state determine benthic macroinvertebrate communities in lowland shallow lakes of China. **Journal of Limnology**, v. 75, n. 2, p. 330-339, 2016. ISSN 1723-8633.

HUSSLER, C.; MULLER, P.; RONDÉ, P. Is diversity in Delphi panelist groups useful? Evidence from a French forecasting exercise on the future of nuclear energy. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, n. 9, p. 1642-1653, 2011. ISSN 0040-1625.

IAC. INSTITUTO AGRONÔMICO. **Centro de Engenharia e Automação (CEA): histórico**, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA, Governo do Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 2013? Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/engenharia/centroengenharia.php?pg=historicoengenharia> >. Acesso em: 22 de dezembro de 2017.

_____. INSTITUTO AGRONÔMICO. **Solos do estado de São Paulo: cambissolos**, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA, Governo do Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 2014? Disponível em: < <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Cambissolos.pdf> >. Acesso em: 20 de Maio de 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do censo demográfico 2010**, Diretoria de Pesquisas - DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php> >. Acesso em: 25 de Agosto de 2014.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente nos municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2016**, Diretoria de Pesquisas - DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. Brasília: IBGE, 2016.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema nacional de índices de preços ao consumidor**, [banco de dados on line]. Séries Históricas IPCA, INPC, IPCA-15 e IPCA-E. Brasília: IBGE, n. d. Disponível em: < https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultseriesHist.shtm >. Acesso em: 25 de fevereiro de 2017.

IDHMB. ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL BRASILEIRO. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2013**, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Fundação João Pinheiro. Brasília: PNUD/IPEA/FJP, 2013. 96 p. ISBN 978-85-7811-171-7.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil: redes urbanas regionais: sudeste**, v. 5. IPEA, IBGE, Unicamp, IE, Nesur, Seade. Brasília: IPEA, 2001. 168 p. ISBN 85-86170-19-4.

IRRIGART. ENGENHARIA E CONSULTORIA RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. **Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: a situação dos recursos hídricos 2002-2003**, Relatório síntese. Piracicaba, 2005.

IWA. INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. **International statistics for water services 2016: information every water manager should know**, Report with on line databank support. IWA Statistics & Economics. London: IWA, 2016. 4 p.

IZAIAS, K. C. D. S. População e dinâmica econômica da cidade de Jundiaí, das lavouras de subsistências a cultura do café. In: **XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP)**, 2012a.

_____. **População e dinâmica econômica na formação da Cidade de Jundiaí - 1615-1890**. 2012b. 188 f. Dissertação (Mestrado em Demografia). Programa de pós-graduação em Demografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2012.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 27-42, 2015. ISSN 1806-9592.

JARINU. Câmara Municipal de Jarinu. **Lei complementar nº 97, de 22 de novembro de 2006**, Institui o Plano Diretor de Jarinu. Jarinu: Câmara Municipal de Jarinu, 2009.

JÄRUP, L. Hazards of heavy metal contamination. **British Medical Bulletin**, v. 68, n. 1, p. 167-182, 2003.

JAWORSKA, N.; CHUPETLOVSKA-ANASTASOVA, A. A review of multidimensional scaling (MDS) and its utility in various psychological domains. **Tutorials in Quantitative Methods for Psychology**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2009. ISSN 2292-1354.

JJ. JORNAL DE JUNDIAÍ. **Empresas e prefeituras irão armazenar água**, [Arquivo de Notícias, 28/01/2015]. Jundiaí: Jornal de Jundiaí, 2015. Disponível em: < <http://www.jj.com.br/noticias-11195-empresas-e-prefeituras-irao-armazenar-agua> >. Acesso em: 12 de Dezembro de 2016.

_____. JORNAL DE JUNDIAÍ. **DAE troca 67 km de tubulação de água para reduzir perdas**, [Arquivo de Notícias, 26/01/2016]. Reportagem com participação do diretor-presidente do DAE S.A.. Jundiaí: Jornal de Jundiaí, 2016a. Disponível em: < <http://www.jj.com.br/noticias-25987-dae-troca-67-km-de-tubulacao-de-agua-para-reduzir-perdas> >. Acesso em: 22 de Maio de 2016.

_____. JORNAL DE JUNDIAÍ. **60 dias, não 50 anos**, [Arquivo de Notícias, 20/04/2016]. Coluna jornalística do diretor-presidente da DAE Jundiaí Jamil Yatim. Jundiaí: Jornal de Jundiaí, 2016b. Disponível em: < <http://www.jj.com.br/colunistas-924-60-dias-nao-50-anos-> >. Acesso em: 12 de Maio de 2016.

JONES, A. C.; MEAD, A.; KAISER, M. J.; AUSTEN, M. C. V.; ADRIAN, A. W.; AUCHTERLONIE, N. A.; BLACK, K. D.; BLOW, L. R.; BURY, C.; BROWN, J. H.; BURNELL, G. M.; CONNOLLY, E.; DINGWALL, A.; DERRICK, S.; ENO, N. C.; GAUTIER, D. J. H.; GREEN, K. A.; GUBBINS, M.; HART, P. R.; HOLMYARD, J. M.; IMMINK, A. J.; JARRAD, D. L.; KATOH, E.; LANGLEY, J. C. R.; LEE, D. O. C.; LE VAY, L.; LEFTWICH, C. P.; MITCHELL, M.; MOORE, A.; MURRAY, A. G.; MCLAREN, E. M. R.; NORBURY, H.; PARKER, D.; PARRY, S. O.; PURCHASE, D.; RAHMAN, A.; SANVER, F.; SIGGS, M.; SIMPSON, S. D.; SLASKI, R. J.; SMITH, K.; SYVRET, M. L. Q.; TIBBOTT, C.; THOMAS, P. C.; TURNBULL, J.; WHITELEY, R.; WHITTLES, M.; WILCOCKSON, M. J.; WILSON, J.; DICKS, L. V.; SUTHERLAND, W. J. Prioritization of knowledge needs for sustainable aquaculture: a national and global perspective. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 4, p. 668-683, 2015. ISSN 1467-2979.

JUNDIAÍ. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei nº 503, de 18 de agosto de 1956**, Cria a comissão deliberativa do Plano Diretor. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1956.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei municipal nº 2.405, de 10 de Junho de 1980**, Lei de Proteção aos Mananciais. Disciplina o uso do solo para proteção dos recursos hídricos de interesse municipal, e dá providências correlatas (atualizada até a Lei 7.503 de 2010). Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1980.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Projeto de Lei 4.949, de 21 de Junho de 1989**, Veda lançar poluente no rio Jundiaí-Mirim. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1989.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei nº 3.522, de 06 de abril de 1990**, Veda lançar poluente no rio Jundiaí-Mirim. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1990.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei nº 5.032, de 08 de setembro de 1997**, Autoriza o DAE - Departamento de Águas e Esgotos a fornecer a empresas água do rio Jundiaí-Mirim. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1997a.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Projeto de Lei 7.109, de 02 de Julho de 1997**, Autoriza o DAE - Departamento de Águas e Esgotos a fornecer a empresas água do rio Jundiaí-Mirim. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1997b.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Projeto de Lei 7.441, de 28 de dezembro de 1998**, Reclassifica e autoriza alienação, pelo DAE, de áreas públicas situadas no Jardim Florestal, para implantação de equipamento recreativo e urbanização do entorno da represa de acumulação do rio Jundiaí-Mirim. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1998a.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei nº 5.221, de 31 de dezembro de 1998**, Reclassifica e autoriza alienação, pelo DAE, de áreas públicas situadas no Jardim Florestal, para implantação de equipamento recreativo e urbanização do entorno da represa de acumulação do rio Jundiaí-Mirim. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 1998b.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei municipal nº 5.307, de 05 de outubro de 1999**, Autoriza a criação da DAE S/A - Água e Esgoto, Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 1999.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Decreto nº 18.148, de 07 de fevereiro de 2001**, Reserva faixas de preservação ao longo dos cursos d'água visando a manutenção da vegetação natural nela existente. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2001.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei complementar 417, de 29 de dezembro de 2004**, Cria o sistema de proteção das áreas da serra do Japi e revoga dispositivos do Plano Diretor (atualizada até a Lei Complementar nº 471, de 24 de março de 2009). Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2004.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei nº 7.381, de 14 de dezembro de 2009**, Institui o calendário de datas comemorativas ambientais. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2009.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Projeto de Lei 11.520, de 24 de março de 2014**, Altera o Plano Plurianual 2014/2017, para prever, entre as ações da DAE S/A – Água e Esgoto, a complementação da barragem do Rio Jundiáí-Mirim/Parque Ecológico. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2014a.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei nº 8.203, de 28 de abril de 2014**, Altera o Plano Plurianual 2014/2017, para prever, entre as ações da DAE S/A - Água e Esgoto, a complementação da barragem do rio Jundiáí-Mirim/Parque Ecológico. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2014b.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Projeto de Lei 11.819, de 12 de Junho de 2015**, Inclui no calendário de datas comemorativas ambientais o “Dia do rio Jundiáí-Mirim” (03 de junho). Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2015a.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei municipal nº 8.517, de 26 de outubro de 2015**, Altera a Lei 5.307/99, que autorizou criação da DAE S/A - Água e Esgoto, para prever isenção da tarifa de água dos imóveis onde residam pessoas com necessidades especiais ou acamadas. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2015b.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei orgânica do município de Jundiáí**, Promulgada em 05 de abril de 1990 e atualizada até a Emenda à Lei Orgânica 67, de 22 de dezembro de 2015. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2015c.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Projeto de Lei 12.008, de 14 de março de 2016**, Cria o Programa "Nascentes de Jundiáí", de conservação, recuperação e proteção de mananciais. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2016a.

_____. Câmara Municipal de Jundiáí. **Lei nº 8.683, de 07 de julho de 2016**, Institui o Plano Diretor do Município de Jundiáí, e dá outras providências. Jundiáí: Imprensa Oficial do Município de Jundiáí, 2016b.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei nº 8.673, de 15 de junho de 2016**, Inclui no calendário de datas comemorativas ambientais o “Dia do rio Jundiaí-Mirim” (03 de junho). Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 2016c.

_____. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei nº 8.607, de 16 de março de 2016**, Cria o Programa "Nascentes de Jundiaí", de conservação, recuperação e proteção de mananciais. Jundiaí: Imprensa Oficial do Município de Jundiaí, 2016d.

KAGALOU, I.; LEONARDOS, I.; ANASTASIADOU, C.; NEOFYTOU, C. The DPSIR approach for an Integrated River Management Framework. a preliminary application on a Mediterranean Site (Kalamas River -NW Greece). **Water Resources Management**, v. 26, n. 6, p. 1677-1692, 2012. ISSN 0920-4741.

KEENEY, S.; HASSON, F.; MCKENNA, H. How to get started with the delphi technique. In: KEENEY, S.; HASSON, F. e MCKENNA, H. (Ed.). **The delphi technique in nursing and health research**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. p. 43-68. ISBN 978-1-4051-8754-1.

KELLY, W. R.; PANNON, S. V.; HACKLEY, K. C.; HWANG, H.-H.; MARTINSEK, A. T.; MARKUS, M. Using chloride and other ions to trace sewage and road salt in the Illinois Waterway. **Applied Geochemistry**, v. 25, n. 5, p. 661-673, 2010. ISSN 0883-2927.

KENNEDY, C.; STEWART, I. D.; IBRAHIM, N.; FACCHINI, A.; MELE, R. Developing a multi-layered indicator set for urban metabolism studies in megacities. **Ecological Indicators**, v. 47, p. 7-15, 2014. ISSN 1470-160X.

KIBIIY, J.; NDAMBUKI, J. New criteria to assess interbasin water transfers and a case for Nzoia-Suam/Turkwel in Kenya. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 89-90, n. Supplement C, p. 121-126, 2015. ISSN 1474-7065.

KIM, S.-S.; KWON, S.; COOK, D. Interactive visualization of hierarchical clusters using MDS and MST. **Metrika**, v. 51, n. 1, p. 39-51, 2000. ISSN 1435-926X.

KRUSKAL, J. B. Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. **Psychometrika**, v. 29, n. 2, p. 115-129, 1964. ISSN 1860-0980.

KUO, N.-W.; YU, Y.-H. An Evaluation System for National Park Selection in Taiwan. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 42, n. 5, p. 735-745, 1999. ISSN 0964-0568.

LANNA, A. L. D. Trabalhadores das ferrovias: a Companhia Paulista de Estrada de Ferro, São Paulo, 1870-1920. **Varia Historia**, v. 32, p. 505-545, 2016. ISSN 0104-8775.

LEE, G.; JUN, K. S.; CHUNG, E. S. Integrated multi-criteria flood vulnerability approach using fuzzy TOPSIS and Delphi technique. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 13, p. 1293-1312, 2013. ISSN 1684-9981.

LENCIONI, S. Região Metropolitana de São Paulo como centro da inovação do Brasil. **Cadernos Metr pole**, v. 17, p. 317-328, 2015. ISSN 2236-9996.

LEUVEN, R. S. E. W.; VAN DER VELDE, G.; BAIJENS, I.; SNIJDERS, J.; VAN DER ZWART, C.; LENDERS, H. J. R.; DE VAATE, A. B. The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. **Biological Invasions**, v. 11, n. 9, p. 1989-2008, 2009. ISSN 1387-3547.

LI, N.; WEI, Y.; WANG, L.; ZENG, C.; MA, X.; WU, H. Impact of industrialization on water protection in the Huai River Basin within Shandong Province, China. **Nat Hazards**, v. 81, n. 2, p. 1193–1207, 2016. ISSN 1573-0840.

LI, Y.; TANG, C.; WANG, C.; TIAN, W.; PAN, B.; HUA, L.; LAU, J.; YU, Z.; ACHARYA, K. Assessing and modeling impacts of different inter-basin water transfer routes on Lake Taihu and the Yangtze River, China. **Ecological Engineering**, v. 60, p. 399-413, 2013. ISSN 0925-8574.

LIBÂNIO, M.; LIBÂNIO, P. A. C.; COSTA, B. M. P.; VON SPERLING, E. Avaliação da relevância do carbono orgânico total como parâmetro de caracterização de águas de abastecimento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, 2000.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. In: WOODWORTH, R. S. (Ed.). **Archives of Psychology**. New York: The Science Press, v.22, 1932. p. 5-55.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **Delphi method: techniques and applications**. Reprint edition 2002. Reading - MA: Addison-Wesley Educational Publishers Inc, 1975. 621 p.

LIU, C.; WALLING, D. E.; HE, Y. Review: the international sediment Initiative case studies of sediment problems in river basins and their management. **International Journal of Sediment Research**, 2017. ISSN 1001-6279. (in press).

LOË, R. C. Exploring complex policy questions using the policy Delphi. **Applied Geography**, v. 15, n. 1, p. 53-68, 1995. ISSN 0143-6228.

LOË, R. C.; MELNYCHUK, N.; MURRAY, D.; PLUMMER, R. Advancing the state of policy Delphi practice: a systematic review evaluating methodological evolution, innovation, and opportunities. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 104, p. 78-88, 2016. ISSN 0040-1625.

LOË, R. C.; VARGHESE, J.; FERREYRA, C.; KREUTZWISER, R. D. **Water allocation and water security in Canada: initiating a policy dialogue for the 21st century**. Report prepared for the Walter and Duncan Gordon Foundation. Guelph: : Guelph Water Management Group, University of Guelph, 2007. 76 p.

LUDWIG, B. Predicting the future: have you considered using the Delphi methodology? **Extension Journal**, v. 35, n. 5, 1997. ISSN 1077-5315.

MACCARTHY, B. L.; ATTHIRAWONG, W. Factors affecting location decisions in international operations – a Delphi study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 7, p. 794-818, 2003. ISSN 0144-3577.

MACHADO, F. H.; GONTIJO, E. S. J.; BEGHELLI, F. G. S.; FENGLER, F. H.; MEDEIROS, G. A.; PECHEI FILHO, A.; MORAES, J. F. L.; LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I. Environmental impacts of inter-basin water transfer on water quality in the Jundiaí-Mirim river, south-east Brazil. **International Journal of Environmental Impacts**, v. 1, p. 81-91, 2018.

MACHADO, F. H.; GONTIJO, E. S. J.; FRANÇA, L. V. G.; MELLO, G. F.; MARQUES, B. V.; PECHE-FILHO, A.; RIBEIRO, A. Í.; MEDEIROS, G. A. Análise de paisagem como instrumento de gestão ambiental: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, Jundiaí - SP. In: FREITAS, M. I. C.; LOMBARDO, M. A. e ZACHARIAS, A. A. (Eds.). **Encontro Internacional de Vulnerabilidades e Riscos Socioambientais**. Rio Claro: CEAPLA/UNESP, 2014. p.119-128. ISBN: 978-85-89082-35-8.

MAMOONEY, L. Shifting use of policy instruments for environmental problems: New South Wales, Australia, 1979–2010. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 16, n. 01, p. 1450006, 2014.

MARONEZE, D. M.; TUPINAMBÁS, T. H.; FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. Effects of flow reduction and spillways on the composition and structure of benthic macroinvertebrate communities in a Brazilian river reach. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, p. 639-651, 2011. ISSN 1519-6984.

MARQUES, B. V. **Avaliação dos ambientes de proteção da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim/SP**. 2016. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Sorocaba - SP, 2016.

MARTINELLI, L. A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORIA, R. L.; DE CAMARGO, P. B.; BERNARDES, M.; FERRAZ, E. S.; DE MORAES, J. M.; BALLESTER, M. V. Effects of sewage on the chemical composition of Piracicaba River, Brazil. **Water Air and Soil Pollution**, v. 110, n. 1-2, p. 67-79, 1999. ISSN 0049-6979.

MATOS, Í. D. **Custos econômicos associados à adequação do uso do solo visando o aumento de infiltração de água na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí**. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico). Programa de pós-graduação em Desenvolvimento Econômico, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas - SP, 2017.

MAYAKA, M.; KING, B. A Quality assessment of education and for Kenya's tour-operating sector. **Current Issues in Tourism**, v. 5, n. 2, p. 112-133, 2002. ISSN 1368-3500.

MAYER, D. G.; BUTLER, D. G. Theoretical Modelling Aspects: Statistical validation. **Ecological Modelling**, v. 68, n. 1, p. 21-32, 1993. ISSN 0304-3800.

MEAD, D.; MOSELEY, L. The use of the Delphi as a research approach. **Nurse Researcher**, v. 8, n. 4, p. 4-23, 2001. ISSN 1351-5578.

MEADOR, M. R. Inter-Basin Water Transfer - Ecological Concerns. **Fisheries**, v. 17, n. 2, p. 17-22, 1992. ISSN 0363-2415.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. The environmental impact of mining in the state of São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 2010. ISSN 0103-4014.

MEDEIROS, G. A.; MARQUES, B. V.; FENGLER, F. H.; MACHADO, F. H.; MORAES, J. F. L.; PECHE-FILHO, A.; LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I. Environmental assessment using landscape analysis methodology: the case of the Jundiaí Mirim river basin, Southeast Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 203, p. 25-36, 2016.

MEDEIROS, G. A.; TRESMONDI, A. C. C. L.; DE QUEIROZ, B. P. V.; MELO, C. A.; ROSA, A. H.; NEGRO, C. V.; FRACETO, L. F.; RIBEIRO, A. I. Evaluation of metals in water and sediments of micro-basins in the city of Americana, São Paulo state, Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 172, p. 201-212, 2013.

MEDEIROS, G. A.; TRESMONDI, A. C. C. L.; QUEIROZ, B. P. V.; FENGLER, F. H.; ROSA, A. H.; FIALHO, J. M.; LOPES, R. S.; NEGRO, C. V.; DOS SANTOS, L. F.; RIBEIRO, A. I. Water quality, pollutant loads, and multivariate analysis of the effects of sewage discharges into urban streams of Southeast Brazil. **Energy, Ecology and Environment**, v. 2, n. 4, p. 259-276, 2017. ISSN 2363-8338.

MEDEIROS, G. A. D.; ARCHANJO, P.; SIMIONATO, R.; REIS, F. A. G. V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego recanto, em Americana, no estado de São Paulo. **Geociências (São Paulo)**, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2009. ISSN 0101-9082.

MELLO, L. F.; SATHLER, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 2, p. 357-380, 2015. ISSN 1980-5519.

MENGUAL-ANDRÉS, S.; ROIG-VILA, R.; MIRA, J. B. Delphi study for the design and validation of a questionnaire about digital competences in higher education. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2016. ISSN 2365-9440.

MEYER, A. D. S.; GARCIA, A. A. F.; SOUZA, A. P. D.; SOUZA JR, C. L. D. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, p. 83-91, 2004. ISSN 1415-4757.

MITCHELL, V. W. The delphi technique: an exposition and application. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 3, n. 4, p. 333-358, 1991. ISSN 0953-7325.

MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F.; VON DER OHE, P. C.; UMBUZEIRO, G. A. Occurrence and potential risk of triclosan in freshwaters of Sao Paulo, Brazil-the need for regulatory actions. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, n. 3, p. 1850-1858, 2014. ISSN 0944-1344.

MOORE, D. S.; NOTZ, W. I.; FLINGER, M. A. **The basic practice of statistics**. 6^a ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2013. 745 p. ISBN 1-4641-0254-6.

MORAES, E. G. **A arquitetura rural das unidades de produção de uva e vinho artesanal na bacia do rio Jundiá-Mirim**. 2006. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2006.

MORAES, J. F. L. **Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim**. Relatório parcial 2ª Fase. Processo Fapesp: 98/14181-5: Execução: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Instituto de Economia Agrícola - IEA, Prefeitura do Município de Jundiá, DAE S/A. Campinas: IAC, 2002. 134 p.

_____. **Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim**. Relatório final 2ª Fase. Processo Fapesp: 98/14181-5: Execução: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Instituto de Economia Agrícola - IEA, Prefeitura do Município de Jundiá, DAE S/A. Campinas: IAC, 2003. 345 p.

_____. **Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim**. 2º Relatório (Agosto de 2015). Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola - FUNDAG. Execução: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Campinas: IAC, 2015a. 71 p.

_____. **Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim**. 1º Relatório (Fevereiro de 2015). Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola - FUNDAG. Execução: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Campinas: IAC, 2015b. 25 p.

_____. **Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim**. Relatório final (Novembro de 2016). Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola - FUNDAG. Execução: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Campinas: IAC, 2016a. 145 p.

_____. **Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá-Mirim**. 3º Relatório (Abril de 2016). Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola - FUNDAG. Execução: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Campinas: IAC, 2016b. 54 p.

MOREIRA, S.; FAZZA, E. V. Evaluation of water and sediment of the Graminha and Águas da Serra streams in the city of Limeira (Sp-Brazil) by Synchrotron Radiation Total Reflection X-ray Fluorescence. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, v. 63, n. 12, p. 1432-1442, 2008. ISSN 0584-8547.

MOSTERT-PHIPPS, N.; POTTAS, D.; KORPELA, M. A South African perspective on factors that impact on the adoption and meaningful use of health information technologies. **South African Family Practice**, v. 55, n. 6, p. 545-554, 2013. ISSN 2078-6190.

MOTA, M. T.; HENRIQUE, H.; FENGLER, F.; MARQUES, B.; BONIFÁCIO, M. A.; RIBEIRO, A. Í.; MEDEIROS, G. A.; PECHE-FILHO, A. Impactos ambientais da transposição do rio Atibaia em barragens na bacia do rio Jundiá-Mirim. In: RIBEIRO, A. I. e MEDEIROS, G. A. (Ed.). **Memórias do II workshop de integração de saberes ambientais**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Sorocaba: UNESP, 2014. p. 49-54. ISBN 978-85-64992-11-5.

MOTTA, D. M.; MIRANDA, Z. A. I. Governança metropolitana na região metropolitana de São Paulo. In: COSTA, M. A. e TSUKUMO, I. T. L. (Ed.). **40 anos de regiões metropolitanas no Brasil**. v.1. Projeto Governança Metropolitana no Brasil. Brasília: IPEA, 2013. p. 205-230. (Série Rede Ipea). ISBN 978-85-7811-177-9.

MOURA, J. A. **Metropolização e segregações urbanas em Campo Limpo Paulista/SP**. 2010. 189 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana). Programa de pós-graduação em Geografia Humana, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2010.

MPSP. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Portaria nº 3 de 2014**, [autos públicos do processo]. Apuração do fornecimento de água bruta pelo DAE-Jundiaí à "Coca-Cola FEMSA Brasil" - Grupo Spal Indústria Brasileira de Bebidas S/A, do grupo FEMSA (Fomento Econômico Mexicano) e a influência deste fornecimento na captação realizada no Rio Atibaia, considerando a contrariedade aos Termos da Portaria de Outorga e à legislação aplicável. GAEMA/PCJ (Núcleo Campinas). Campinas: MPSP, 2014. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/comunicacao/Newsletter/imagens_newsletter/14.1097.006-2014.pdf >. Acesso em: 18 de Março de 2016.

MTE. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Evolução de emprego do CAGED - EEC**, [banco de dados on line]. Brasília: MTE, n. d. Disponível em: < <http://bi.mte.gov.br/eec/pages/consultas/evolucaoEmprego/consultaEvolucaoEmprego.xhtml#relatorioSetor> >. Acesso em: 14 de Março de 2017.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012. ISSN 1995-7270.

MUNOZ, I.; MILA-I-CANALS, L.; FERNANDEZ-ALBA, A. R. Life Cycle Assessment of Water Supply Plans in Mediterranean Spain. **Journal of Industrial Ecology**, v. 14, n. 6, p. 902-918, 2010. ISSN 1088-1980.

NASSL, M.; LOFFLER, J. Ecosystem services in coupled social-ecological systems: Closing the cycle of service provision and societal feedback. **Ambio**, v. 44, n. 8, p. 737-749, 2015. ISSN 0044-7447.

NEVES, M. A.; MORALES, N.; PEREIRA, S. Y. Caracterização hidrogeológica dos sistemas aquíferos Cristalino e Tubarão na bacia do rio Jundiaí (SP). **Águas Subterrâneas**, v. 20, n. 1, p. 47-66, 2006.

NEVES, M. A.; PEREIRA, S. Y.; FOWLER, H. G. Impactos do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos na bacia do Rio Jundiaí (SP). **Ambiente & Sociedade**, v. 10, p. 149-160, 2007. ISSN 1414-753X.

NIEMEIJER, D.; DE GROOT, R. S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 1, p. 14-25, 2008. ISSN 1470-160X.

OJEDA-MARTINEZ, C.; CASALDUERO, F. G.; BAYLE-SEMPERE, J. T.; CEBRIAN, C. B.; VALLE, C.; SANCHEZ-LIZASO, J. L.; FORCADA, A.; SANCHEZ-JEREZ, P.; MARTIN-SOSA, P.; FALCON, J. M.; SALAS, F.; GRAZIANO, M.; CHEMELLO, R.; STOBART, B.; CARTAGENA, P.; PEREZ-RUZAFIA, A.; VANDEPERRE, F.; ROCHEL, E.; PLANES, S.; BRITO, A. A conceptual framework for the integral management of marine protected areas. **Ocean & Coastal Management**, v. 52, n. 2, p. 89-101, 2009. ISSN 0964-5691.

OLIVEIRA, A. T. R. D.; ONEILL, M. M. V. C. Cenário sociodemográfico em 2022/2030 e distribuição territorial da população: uso e ocupação do solo. In: FIOCRUZ (Ed.). **A saúde no Brasil em 2030 - prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro: população e perfil sanitário**. v. 2. Rio de Janeiro: Fiocruz/Ipea/Ministério da Saúde/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2013. p. 41-93. ISBN 978-85-8110-016-6.

OLIVEIRA, F. G. R. D.; GOMES VIEIRA REIS, F. A.; GIORDANO, L. D. C.; MEDEIROS, G. A. Controle de perdas em sistema de abastecimento de água: o caso do município de Poços de Caldas (MG). **Engenharia ambiental: pesquisa e tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 309-320, 2009. ISSN 1809-0664.

OLIVEIRA, J. L. Indicador de qualidade ambiental: pesticidas. In: RIBEIRO, A. I. e MEDEIROS, G. A. (Ed.). **Memórias do workshop de integração de saberes ambientais**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Sorocaba: UNESP, 2013. p. 33-37. ISBN 978-8-56-499209-2.

OLIVEIRA, P. H. **Práticas e representações nos primeiros anos do gabinete de leitura de Jundiaí (1908-1924)**. 2015. 202 f. Dissertação (Mestrado em História Social). Programa de pós-graduação em História, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC - SP, São Paulo, 2015.

OMETO, J. P. H. B.; MARTINELLI, L. A.; BALLESTER, M. V.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORIA, R. L.; WILLIAMS, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, v. 44, n. 2, p. 327-337, 2000. ISSN 1365-2427.

ORTEGA, A. A.; ACIELO, J. M. A. E.; HERMIDA, M. C. H. Mega-regions in the Philippines: Accounting for special economic zones and global-local dynamics. **Cities**, v. 48, p. 130-139, 2015. ISSN 0264-2751.

PADOVESI-FOSNECA, C.; PHILOMENO, M. G.; ANDREONI-BATISTA, C. Limnological features after a flushing event in Paranoá Reservoir, central Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, n. 3, p. 277-285, 2009.

PALANISWAMY, R.; MANOHARAN, S.; MOHAN, A. Characterisation of tropical reservoirs in Tamil Nadu, India in terms of plankton assemblage using multivariate analysis. **Indian Journal of Fisheries**, v. 62, n. 3, p. 1-13, 2015. ISSN 0970-6011.

PALHARES, J. C. P. **Consumo de água na produção animal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2013. 6 p. (Comunicado Técnico 102). ISSN: 1981-206X.

PC. PARQUE DA CIDADE. **O Parque da Cidade**, DAE S.A. - Água e Esgoto, Prefeitura Municipal de Jundiaí., 2015? Disponível em: < <https://parquedacidade.jundiai.sp.gov.br/o-parque-da-cidade/> >. Acesso em: 14 de Abril de 2017.

PEDERSEN, J. B.; KLEE, P. **Meeting an increasing demand for water by reducing urban water loss:reducing non-revenue water in water distribution**. White Paper. The Rethink Water Network & Danish Water Forum 2013. Copenhagen: Rethink Water, 2013. 17 p.

PEÑA, H. **Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe**. Santiago: Naciones Unidas, 2016. 55 p. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura).

PEREIRA JR., J. S. **Projeto de transposição de água do rio São Francisco**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados (Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional). Brasília: Câmara dos Deputados, 2005. 11 p.

PICOLO, C. E. B. **Avaliação do risco a perda da capacidade hídrica superficial através de análise espacial: estudo de caso na bacia do rio Jundiaí-Mirim**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2005.

PIRES, A. A. F.; PASETTO, S.; SANTOS, L. G.; MACHADO, L. S.; PECHE-FILHO, A.; RIBEIRO, A. Í.; MEDEIROS, G. A. Avaliação da qualidade físico-química da água da bacia do rio Jundiaí-Mirim utilizando sonda multiparâmetros. In: RIBEIRO, A. I. e MEDEIROS, G. A. (Ed.). **Memórias do II workshop de integração de saberes ambientais**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Sorocaba: UNESP, 2014. p. 13-19. ISBN 978-85-64992-11-5.

PIRES, D. A.; TUCCI, A.; CARVALHO, M. D. C.; LAMPARELLI, M. C. Water quality in four reservoirs of the metropolitan region of São Paulo, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 4, p. 370-380, 2015. ISSN 2179-975X.

PLESSIS, J. A.; HOFFMAN, J. J. Domestic water meter accuracy. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, v. 200, p. 197-208, 2015. ISSN 1743-3541.

PMJ. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Jundiaí reúne cidades do Circuito das Frutas para discutir outorga**, [Assessoria de Imprensa, 23/03/2015]. Jundiaí: PMJ, 2015. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2015/03/23/jundiai-reune-cidades-do-circuito-das-frutas-para-discutir-outorga/> >. Acesso em: 07 de dezembro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **DAE S.A. – Água e Esgoto**, Jundiaí: PMJ, 2015? Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/dae/> >. Acesso em: 24 de Janeiro de 2015.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Trabalho ‘muda’ bacias e mapeia 1,4 mil nascentes**, [Assessoria de Imprensa, 01/02/2016]. Jundiaí: PMJ, 2016a. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2016/02/01/trabalho-muda-bacias-e-mapeia-14-mil-nascentes-de-jundiai/> >. Acesso em: 13 de Outubro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Cidade ganha Programa ‘Nascentes Jundiaí’**, [Assessoria de Imprensa, 22/03/2016]. Jundiaí: PMJ, 2016b. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2016/03/22/cidade-ganha-programa-nascentes-jundiai/> >. Acesso em: 13 de Outubro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Fumas apresenta trabalho no seminário de urbanização e favelas**, [Assessoria de Imprensa, 28/11/2016]. Jundiaí: PMJ, 2016c. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2016/11/28/fumas-apresenta-trabalho-no-seminario-nacional-de-urbanizacao-e-favelas/> >. Acesso em: 13 de Março de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Legislação**, Departamento de Licenciamento de Obras e Instalações (DELOI). Jundiaí: PMJ, 2016?-a. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/planejamento-e-meio-ambiente/obras-particulares/legislacao/> >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Leis ambientais: atos normativos**, Unidade de Gestão de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. Jundiaí: PMJ, 2016?-b. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/planejamento-e-meio-ambiente/legislacao/leis-ambientais/> >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Habitação é um direito e regularização um dever**, [cartilha digital]. Jundiaí: PMJ, 2017a. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/cartilha-de-regularizacao-fundiaria/> >. Acesso em: 24 de Setembro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Prefeitura reforça parceria com projeto ‘Nascentes Jundiaí’**, [Assessoria de Imprensa, 10/04/2017]. Jundiaí: PMJ, 2017b. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2017/04/10/prefeitura-reforca-parceria-com-projeto-nascentes-jundiai/> >. Acesso em: 13 de Outubro de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Plano de habitação de Interesse social é discutido em audiência**, [Assessoria de Imprensa, 19/06/2015]. Fundação Municipal de Ação Social de Jundiaí (FUMAS). Jundiaí: PMJ, 2017c. Disponível em: < <http://fumas.jundiai.sp.gov.br/2015/06/plano-de-habitacao-de-interesse-social-e-discutido-em-audiencia/> >. Acesso em: 12 de Dezembro de 2016.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Prefeito apresenta projeto de complexo de represas a secretário estadual**, Assessoria de Imprensa. Jundiaí: PMJ, 2017d. Disponível em: < <https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2017/03/03/prefeito-apresenta-projeto-de-represas-a-secretario-estadual/> >. Acesso em: 12 de Março de 2017.

_____. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Parque da Cidade**, Galeria de fotos digitais da PMJ (privacidade de visualização: público). Jundiaí: PMJ, n. d., entre 2005 e 2009. Disponível em: < <https://www.flickr.com/photos/prefeiturajundiai/sets/72157627450366676/> >. Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

POFF, N. L.; ZIMMERMAN, J. K. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 1, p. 194-205, 2010. ISSN 1365-2427.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. **Research in Nursing & Health**, v. 29, n. 5, p. 489-497, 2006. ISSN 0160-6891.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. 1ª ed. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2017. 138 p. ISBN 978-85-85658-67-0.

PRADO, T. B. G. **Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Curso de pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo - IAC, Campinas - SP, 2005.

PRADO, T. B. G.; MORAES, J. F. L.; ADAMI, S. F. Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim. **Acta Scientiarum (UEM)**, v. 1, p. 1-10, 2006.

PROEMPI. ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS E PROFISSIONAIS DO SETOR IMOBILIÁRIO DE JUNDIAÍ E REGIÃO. **Construção consciente: economia de água**, Cartilha. Jundiaí - SP: PROEMPI, 2014.

QUINN, F. Water transfers - canadian style. **Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques**, v. 6, n. 1, p. 64-76, 1981. ISSN 0701-1784.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. 1 ed. New York: Cambridge University Press, 2002. 553 p. ISBN 978-0521009768.

RÁDIO-CIDADE. RÁDIO CIDADE JUNDIAÍ. **Jundiaí, Itatiba e Jarinu vão ter que seguir as novas ordens**, [Arquivo de Notícias, 28/01/2015]. Portal da Rádio Cidade, Jundiaí, 2015. Disponível em: http://www.radiojundiai.com.br/bairrosnanet/txt_noticias_message_full.asp?id_fonte=3&id_not=150835 >. Acesso em: 26 de Fevereiro de 2016.

REINFRA. REINFRA CONSULTORIA. **As perdas de água nos sistemas de distribuição como agravante à vulnerabilidade das bacias hidrográficas**, Produto 4 - Estudo Final, Versão Executiva Bacias PCJ. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2017. 34 p.

REVESZ, R. L.; STAVINS, R. N. Environmental law. In: POLINSKY, A. M. e SHAVELL, S. (Ed.). **Handbook of law and economics**. v. 1, chapter 8. North Holland: Elsevier, 2007. p. 499-589. ISBN 978-0-444-51235-2.

RIBEIRO, A. I.; MEDEIROS, G. A. **Memórias do workshop de integração de saberes ambientais**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Sorocaba: UNESP, 2013. 226 p. ISBN 978-8-56-499209-2.

_____. **Memórias do II workshop de integração de saberes ambientais**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Sorocaba: UNESP, 2014. 190 p. ISBN 978-85-64992-11-5.

RIBEIRO, M. Reforma agrária, trabalho agrícola e educação rural: desvelando conexões históricas da educação do campo. **Educação e Pesquisa**, v. 41, n. 1, p. 79-100, 2015. ISSN 1678-4634.

RIBEIRO, S. C. I. **Concessões de serviços turísticos em áreas protegidas: uma análise da cachoeira de Morangaba, Jundiá/SP**. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar (campus Sorocaba), Sorocaba - SP, 2014.

RIBEIRO, W. C. Oferta e estresse hídrico na região Metropolitana de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 25, p. 119-133, 2011.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 334 p. ISBN 8522421110.

ROBERTS, M. B.; JONES, G. P.; MCCORMICK, M. I.; MUNDAY, P. L.; NEALE, S.; THORROLD, S.; ROBITZCH, V. S. N.; BERUMEN, M. L. Homogeneity of coral reef communities across 8 degrees of latitude in the Saudi Arabian Red Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 105, n. 2, p. 558-565, 2016. ISSN 0025-326X.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interação com espécies metálicas**. São Paulo: Editora Unesp, 2003.

ROHLF, F. J. Adaptative hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 19, n. 1, p. 58-82, 1970. ISSN 0039-7989.

ROMAN, P. The São Francisco interbasin water transfer in Brazil: tribulations of a megaproject through constraints and controversy. **Water Alternatives**, v. 10, n. 2, p. 395-419, 2017. ISSN 1965-0175.

ROSE, S. The effects of urbanization on the hydrochemistry of base flow within the Chattahoochee River Basin (Georgia, USA). **Journal of Hydrology**, v. 341, n. 1, p. 42-54, 2007. ISSN 0022-1694.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia** v. 8, 1994. ISSN 2236-2878.

RUBIO, D. M.; BERG-WEGER, M.; TEBB, S. S.; LEE, E. S.; RAUCH, S. Objectifying content validity: conducting a content validity study in social work research. **Social Work Research**, v. 27, n. 2, p. 94-104, 2003. ISSN 1070-5309.

SABESP. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório anual de qualidade da água: município de Jarinu**, Governo do Estado de São Paulo. São Paulo: SABESP, 2012. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/calandraweb/toq/2012/Jarinu.pdf>>. Acesso em: 14 de outubro de 2016.

SAHA, P. Assessment of water quality of Damodar River by water quality index method. **Indian Chemical Engineer**, v. 52, n. 2, p. 145-154, 2010. ISSN 0019-4506.

SAMPAIO, A. O. Hidrômetros: evolução e importância. **Revista DAE**, v. 193, p. 86-105, 2013. ISSN 0101-6040.

SANASA. SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO S/A. **Programa de reenquadramento do rio Atibaia**, Campinas: SANASA, 2005. 10 p.

SANCHEZ-ROMAN, R. M.; FOLEGATTI, M. V.; GONZALEZ, A. M. G. O. Water Resources Assessment at Piracicaba, Capivari and Jundiaí River Basins: A Dynamic Systems Approach. **Water Resources Management**, v. 24, n. 4, p. 761-773, 2010. ISSN 0920-4741.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 203-212, 2012. ISSN 1413-4152.

SARAÇLI, S.; DOĞAN, N.; DOĞAN, İ. Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation. **Journal of Inequalities and Applications**, v. 2013, n. 1, p. 203, 2013. ISSN 1029-242X.

SAWALL, Y.; RICHTER, C.; RAMETTE, A. Effects of Eutrophication, Seasonality and Macrofouling on the Diversity of Bacterial Biofilms in Equatorial Coral Reefs. **PLOS ONE**, v. 7, n. 7, p. e39951, 2012.

SCAPOLO, F.; MILES, I. Eliciting experts' knowledge: A comparison of two methods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 6, p. 679-704, 2006. ISSN 0040-1625.

SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Perfil municipal de Campo Limpo Paulista: histórico**, [banco de dados on line]. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo, Informações dos Municípios Paulistas - IMP, Governo do estado de São Paulo. São Paulo: SEADE, 2003?-a. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/midia/perfil/pdf/hist_96.pdf>. Acesso em: 24 Outubro de 2015.

_____. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Perfil municipal de Jundiaí: histórico**, [banco de dados on line]. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo, Informações dos Municípios Paulistas - IMP, Governo do estado de São Paulo. São Paulo: SEADE, 2003?-b. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/midia/perfil/pdf/hist_259.pdf>. Acesso em: 24 Outubro de 2015.

_____. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Perfil municipal de Jarinu: histórico**, [banco de dados on line]. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo, Informações dos Municípios Paulistas - IMP, Governo do estado de São Paulo. São Paulo: SEADE, 2003?-c. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/midia/perfil/pdf/hist_252.pdf>. Acesso em: 24 Outubro de 2015.

_____. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Perfil municipal**, [banco de dados on line]. Perfil municipal de Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo, Informações dos Municípios Paulistas - IMP, Governo do estado de São Paulo. São Paulo: SEADE, 2014. Disponível em: < <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil> >. Acesso em: 24 Setembro de 2016.

_____. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Perfil municipal**, [banco de dados on line]. Perfil municipal de Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo, Informações dos Municípios Paulistas - IMP, Governo do estado de São Paulo. São Paulo: SEADE, 2016. Disponível em: < <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil> >. Acesso em: 24 Setembro de 2016.

SEBRAE. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadeia produtiva da construção civil: cenários econômicos e estudos setoriais**, Recife: SEBRAE, 2008. 39 p.

SILVA DIAS, M. A. F.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. L. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, v. 116, n. 3-4, p. 705-722, 2013. ISSN 0165-0009.

SILVA, G.; FONSECA, M. D. L. São Paulo, city-region: constitution and development dynamics of the São Paulo macrometropolis. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 5, n. 1, p. 65-76, 2013. ISSN 1946-3138.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. **Química Nova**, v. 29, p. 689-694, 2006. ISSN 0100-4042.

SILVA, L. M. **Indicadores ambientais e a gestão de bacias hidrográficas de economia agrícola: diagnóstico e reflexões sobre o caso da bacia do rio Preto, noroeste de Minas Gerais**. 2012. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte - MG, 2012.

SILVEIRA JR., J. A. D.; COELHO, C. D. F.; HERNANDEZ, A. J.; ESPINOSA, M. M.; CALVO, A. P. C.; RAVAGNANI, F. C. D. P. Questionário de prontidão para o esporte com foco nas lesões musculoesqueléticas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 5, p. 361-367, 2016. ISSN 1517-8692.

SLABBERT, N. **The potential impact of an inter-basin water transfer on the Modder and Caledon river systems**. 2007. 226 pages. Thesis (Doctorate in Plant Sciences). Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Plant Sciences, University of the Free State, Bloemfontein, 2007.

SMA-SP. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Situação dos recursos hídricos no estado de São Paulo: ano base 2007**, Governo do Estado de São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente; Coordenadoria de Recursos Hídricos. São Paulo: SMA/CRH, 2009. Disponível em: < goo.gl/ZfQGsO >. Acesso em: 23 de Fevereiro de 2015.

SNADDON, C. D.; DAVIES, B. R. A preliminary assessment of the effects of a small south african inter-basin water transfer on discharge and invertebrate community structure. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 14, n. 5, p. 421-441, 1998. ISSN 1099-1646.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Glossário de Informações - água e esgotos: gerais (2016)**, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, Ministério das Cidades - MCID. Brasília: SNIS, 2017a. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/glossarios> >. Acesso em: 10 de Junho de 2017.

_____. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Glossário de Indicadores - água e esgotos: indicadores econômico-financeiros e administrativos (2016)**, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, Ministério das Cidades - MCID. Brasília: SNIS, 2017b. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/glossarios> >. Acesso em: 10 de Junho de 2017.

_____. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **SNIS - Série Histórica**, [banco de dados on line]. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, Ministério das Cidades - MCID. Brasília: SNIS, n. d. Disponível em: < <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/> >. Acesso em: 25 de Maio de 2016.

SOLÍS, P. Water as rural heritage: reworking modernity through resource conflict in Edwards County, Kansas. **Journal of Rural Studies**, v. 21, n. 1, p. 55-66, 2005. ISSN 0743-0167.

SONG, X. Q.; FROSTELL, B. The DPSIR Framework and a Pressure-Oriented Water Quality Monitoring Approach to Ecological River Restoration. **Water**, v. 4, n. 3, p. 670-682, 2012. ISSN 2073-4441.

SOON, J. M.; DAVIES, W. P.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. A Delphi-based approach to developing and validating a farm food safety risk assessment tool by experts. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 9, p. 8325-8336, 2012. ISSN 0957-4174.

SOUSA, D. N. R.; MOZETO, A. A.; CARNEIRO, R. L.; FADINI, P. S. Electrical conductivity and emerging contaminant as markers of surface freshwater contamination by wastewater. **Science of The Total Environment**, v. 484, p. 19-26, 2014. ISSN 0048-9697.

SOUZA-ESQUERDO, V. F.; BERGAMASCO, S. M. P. P. Programa nacional de alimentação escolar (PNAE) no município de Jarinu-SP: contradições reveladas pela implementação da Lei 11.947/2009. **Retratos de Assentamentos**, v. 16, n. 1, p. 59 - 76, 2013. ISSN 1516-8182.

SOUZA, C. Políticas públicas: uma revisão da literatura. **Sociologias**, v. 8, n. 16, p. 20-45, 2006. ISSN 1807-0337.

SP. SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 8.092 de 28 de fevereiro de 1964**, Dispõe sobre o Quadro Territorial, Administrativo e Judiciário do Estado. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1964.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 997 de 31 de maio de 1976**, Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1976a.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8.468 de 8 de setembro de 1976**, Aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1976b.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 10.755 de 22 de novembro de 1977**, Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e da providências correlatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1977.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Resolução de tombamento nº 11 de 08 de março de 1983**, Número do Processo: 20814/79. Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do estado de São Paulo - CONDEPHAAT. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1983.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 4.095 de 12 de junho de 1984**, Declara área de proteção ambiental a região urbana e rural do Município de Jundiaí (atualizada até a Lei nº 12.290, de 02 de março de 2006). São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1984.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 24.839 de 6 de março de 1986**, Dispõe sobre o reenquadramento do Rio Jundiaí-Mirim e seus afluentes na classificação prevista no Anexo do Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo - ALESP, 1986.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**, Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1991.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº 43.284 de 03 de julho de 1998**, Regulamenta as Leis nºs 4.023, de 22 de maio de 1984, e nº 4.095, de 12 de junho de 1984, que declaram áreas de proteção ambiental as regiões urbanas e rurais dos Municípios de Cabreúva e Jundiaí, respectivamente, e dá providências correlatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1998.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 47.180 de 2 de outubro de 2002**, Institui o Projeto “Circuito das Frutas” e dá providências correlatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2002.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 12.290 de 02 de março de 2006**, Altera os limites da Área de Proteção Ambiental - APA de Jundiaí, na forma que especifica. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2006.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Projeto ambiental estratégico: cenários ambientais 2020**, Coords. Casemiro Tércio dos Reis Lima Carvalho e Renato Rosenberg. Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo:SMA/CPLA, 2009a. ISBN 978-85-86624-62-9.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Programa estadual de apoio à recuperação das águas programa Reágua**, Arcabouço para o gerenciamento ambiental e social do programa Reágua. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Energia, 2009b.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Troca de hidrômetros é essencial para combater as perdas**, São Paulo: Portal do Governo, 2010. Disponível em: < <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/troca-de-hidrometros-e-essencial-para-combater-as-perdas/> >. Acesso em: 04 de Agosto de 2017.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Projeto de lei complementar nº 13 de 2011**, Mensagem nº 015/2011 do Senhor Governador do Estado. Minuta de projeto de lei complementar que cria a Aglomeração Urbana de Jundiaí - AUJ, o respectivo Conselho de Desenvolvimento, e dá providências correlatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2011a.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Lei complementar nº 13 de 2011**, Cria a Aglomeração Urbana de Jundiaí - AU-Jundiaí, e dá providências correlatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2011b.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº 60.521, de 05 de junho de 2014**, Institui o Programa de Incentivos à Recuperação de Matas Ciliares e à Recomposição de Vegetação nas Bacias Formadoras de Mananciais de Água, institui a unidade padrão Árvore-Equivalente e dá providências correlatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2014a.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Resolução conjunta SMA/SSRH nº 001, de 05 de junho de 2014**, Define as áreas de intervenção do Programa de Incentivos à Recuperação de Matas Ciliares e à Recomposição de Vegetação nas Bacias Formadoras de Mananciais de Água - Programa Mata Ciliar, de que trata o Decreto nº 60.521, de 5 de junho de 2014. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2014b.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Programa município VerdeAzul: ranking 2016 (pós-análise de recursos)**, São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2016a. 72 p. Disponível em: < <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2011/11/ranking-2016-pos-analise-de-recursos.pdf> >. Acesso em: 05 de junho de 2017.

_____. SÃO PAULO (Estado). **Município VerdeAzul: orientações do PMVA ciclo 2016**, São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2016b. 72 p. Disponível em: < <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2011/11/PMVA-MANUAL.pdf> >. Acesso em: 05 de junho de 2017.

_____. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Em Jundiaí, nascentes vai recuperar área igual a 59 campos de futebol**, [Arquivo de notícias, 20/01/2017]. São Paulo: Portal do Governo 2017. Disponível em: < <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/nascentes-programa-recupera-area-igual-59-campos-de-futebol-em-jundiai/> >. Acesso em: 13 de outubro de 2017.

STOLF, R.; PIEDADE, S. M. D. S.; SILVA, J. R. D.; SILVA, L. C. F. D.; MANIERO, M. Â. Water transfer from São Francisco river to semiarid northeast of Brazil: technical data, environmental impacts, survey of opinion about the amount to be transferred. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p. 998-1010, 2012. ISSN 0100-6916.

STROHSCHON, R.; WIETHOFF, K.; BAIER, K.; LU, L.; BERCHT, A. L.; WEHRHAHN, R.; AZZAM, R. Land use and Water Quality in Guangzhou, China: A survey of ecological and Social Vulnerability in Four Urban Units of the Rapidly Developing Megacity. **International Journal of Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. 343-358, 2013. ISSN 1735-6865.

STUCHI CRUZ, S.; PAULINO, S.; PAIVA, D. Verification of outcomes from carbon market under the clean development mechanism (CDM) projects in landfills. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. [in press], 2016. ISSN 0959-6526.

SUTHERLAND, J. W. Architecting the future: a Delphi based paradigm for normative system-building. In: LINSTONE, H. A. e TUROFF, M. (Ed.). **Delphi method: techniques and applications**. Reprint edition 2002. Reading - MA: Addison-Wesley Educational Publishers Inc, 1975. p. 457-479.

TANAKA, M. O.; DE SOUZA, A. L. T.; MOSCHINI, L. E.; DE OLIVEIRA, A. K. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 216, p. 333-339, 2016. ISSN 0167-8809.

TAUBENBOCK, H.; ESCH, T.; FELBIER, A.; WIESNER, M.; ROTH, A.; DECH, S. Monitoring urbanization in mega cities from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 117, p. 162-176, 2012. ISSN 0034-4257.

TAVARES, A. C. F.; MORAES, J. F. L.; ADAMI, S. F.; LOMBARDI NETO, F.; VALERIANO, M. D. M. Expectativa de degradação dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas com auxílio de sistemas de informação geográfica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 417-424, 2003.

TAVARES, J. C. Eixos: novo paradigma do planejamento regional? Os eixos de infraestrutura nos PPA's nacionais, na Iirsa e na macrometrópole paulista. **Cadernos Metr pole**, v. 18, p. 671-695, 2016. ISSN 2236-9996.

TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; MOURA, M. F.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Atributos químicos do solo em vinhedos de 'Niagara Rosada' nas regiões de Jundiaí, São Miguel Arcanjo e Jales. **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 345-359, 2012a. ISSN 1808-0251.

TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M.; DIMAS, J. D. G. Nutri o, calagem e aduba o da videira Niágara. In: MAIA, J. D. G. e CAMARGO, U. A. (Ed.). **O cultivo da videira Niágara no Brasil**. Brasília: Embrapa, v.1, 2012b. p. 138-173.

TEM-NOTÍCIAS. TEM NOTÍCIAS 1  EDI O. **Indústrias terão que diminuir em 30% capta o de água na região de Jundiaí**, [Arquivo de Notícias, 08/03/2015]. TV TEM, Portal G1 Sorocaba e Jundiaí. Copyright 2000-2015 Globo Comunica o e Participa es S.A., 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2015/03/industrias-terao-que-diminuir-em-30-captacao-de-agua-na-regiao-de-jundiai.html> >. Acesso em: 09 de Março de 2015.

TENG, Y. G.; YANG, J.; ZUO, R.; WANG, J. S. Impact of urbanization and industrialization upon surface water quality: A pilot study of Panzhihua mining town. **Journal of Earth Science**, v. 22, n. 5, p. 658-668, 2011. ISSN 1674-487X.

THOMSON, B. Inter-basin water transfers. In: URBINA, D. e MINARD, A. (Ed.). **Water matters!** Water Articles Written for Members of the New Mexico State Legislature and the Public, The Utton Transboundary Resources Center. Albuquerque: The University of New Mexico (School of Law), 2015. p. 19-1/19-10.

TOCKNER, K.; BERNHARDT, E.; KOSKA, A.; ZARFL, C. A global view on future major water engineering projects. In: HÜTTL, R. F.; BENS, O.; BISMUTH, C. e HOECHSTETTER, S. (Ed.). **Society - Water - Technology**: Springer International Publishing, 2016. cap. 4, p. 47-64. (Water Resources Development and Management). ISBN 978-3-319-18970-3.

TRAMONTANO, M. Alice no país da especulação imobiliária: habitação e modos de vida na cidade de São Paulo. **CIDADES, Comunidades e Territórios**, v. 6, p. 93-112, 2003. ISSN 2182-3030.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 10ª ed. Tradução de Vera R. L. de Farias e Flores e Ana Maria Lima de Farias. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 696 p. ISBN 978-85-216-1586-6.

TUCCI, C. E. M. Urbanization and water resources. In: BICUDO, C. E. D. M.; TUNDISI, J. G. e SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Ed.). **Water of Brazil: strategic analysis**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. p. 89-104. ISBN 978-3-319-41372-3.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010. ISSN 1676-0603.

_____. **Limnology**. 1ª ed. Londres: CRC Press (Taylor & Francis Group), 2012. 864 p. ISBN 978-0-203-80395-0.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ABE, D. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. L. D. R. M. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. B. e TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 203-243. ISBN 85-8630-341-0.

TUNDISI, J. G.; TUCCI, C. E. M.; SPILKI, F. R.; HESPANHOL, I.; CIRILO, J. A.; SCHEUENSTUHL, M. C. B.; PERIOTTO, N. A. Urban waters in Brazil. In: VAMMEN, K. e MOLINA, A. D. L. C. (Ed.). **Urban water challenges in the Americas: a perspective from the academies of sciences**. The Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Cuernavaca (Mexico): IANAS/UNESCO, 2015. p. 84-111. ISBN 978-607-8379-12-5.

TUROFF, M. The design of a policy Delphi. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 2, n. 2, p. 149-171, 1970. ISSN 0040-1625.

TUROFF, M. The Policy Delphi. In: LINSTONE, H. A. e TUROFF, M. (Ed.). **Delphi method: techniques and applications**. Reprint edition 2002. Reading - MA: Addison-Wesley Educational Publishers Inc, 1975. p. 80-96.

UK-EPA. UNITED KINGDOM ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Water and the environment: international comparisons of domestic per capita consumption**, Prepared for the Environment Agency by Aquaterr (Reference: L219/B5/6000/025b). Bristol (UK): UK-EPA, 2008. 33 p.

UN-WATER. UNITED NATIONS. **Monitoring progress in the water sector: a selected set of indicators**, Annexes: Indicators in use. UN-Water Task Force on Indicators, Monitoring and Reporting. New York: United Nations, 2009. 47 p.

_____. UNITED NATIONS. **Monitoring framework for water: the system of environmental-economic accounts for water (SEEA-Water) and the international recommendations for water statistics (IRWS)**, UN World Water Assessment Programme - WWAP, United Nations Statistics Division - UNSD. Colombella (Italy): United Nations, 2011. 8 p.

_____. UNITED NATIONS. **Water security & the global water agenda: a UN-Water analytical brief**, Institute for Water, Environment & Health. Canada: UNU-INWEH, 2013. 37 p. ISBN 978-92-808-6038-2.

UN. UNITED NATIONS. **Glossary of environment statistics**, Studies in Methods. Department for Economic and Social Information and Policy Analysis. Series F, n° 67. New York: United Nations, 1997. ISBN 92-1-161386-8.

_____. UNITED NATIONS. **Indicators of sustainable development: framework and methodologies**, Background paper n° 3. Department of Economic and Social Affairs, Commission on Sustainable Development (Ninth Session). New York: United Nations, 2001. 294 p.

_____. UNITED NATIONS. **World urbanization prospects: the 2014 revision**, Department of Economic and Social Affairs. New York: United Nations, 2014. 27 p. ISBN 978-92-1-151517-6.

UNDP. UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Human development report 2006: beyond scarcity - power, poverty and the global water crisis**, New York: UNDP, 2006. 422 p. ISBN 0-230-50058-7.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Interbasin water transfer**, Proceedings of the International Workshop (25-27 April 1999), IHP-V Technical Documents in Hydrology n° 28, International Hydrological Programme. Paris: UNESCO, 1999.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3005A**, Acid digestion of waters for total recoverable or dissolved metals for analysis by FLAA or ICP spectroscopy, Washington DC: USEPA, 1992.

_____. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Methods for evaluating wetland condition: wetlands classification**, Office of Water, EPA-822-R-02-017. Washington D. C.: USEPA, 2002. 43 p.

_____. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Water audits and water loss control for public water systems**, Office of Water (4606M), EPA 816-F-13-002 . Washington D. C.: USEPA, 2013. 7 p.

VALLADARES, G. S.; AZEVEDO, E. C. D.; CAMARGO, O. A. D.; GREGO, C. R.; RASTOLDO, A. M. C. S. Variabilidade espacial e disponibilidade de cobre e zinco em solos de vinhedos e adjacências. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 733-742, 2009. ISSN 0006-8705.

VALOR-ECONÔMICO. REVISTA VALOR ECONÔMICO. **Falta de água afeta produção da Rhodia**, [Arquivo de Notícias, 12/02/2014]. Grupo Globo Notícias. São Paulo: Valor Econômico, 2014. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/empresas/3427052/falta-de-agua-afeta-producao-da-rhodia> >.

VAN DEN BERG, C. **The drivers of non-revenue water: how effective are non-revenue water reduction programs?** Policy Research Working Paper n°. 6997, World Bank Group, License: CC BY 3.0 IGO, Washington, D. C.: World Bank, 2014.

VEGAS-VILARRÚBIA, T.; LASERAS, P. L. Edaphic patterns as related to β -diversity in Swamp Forests and Meadows of the lower Orinoco Delta Plain (Venezuela). **Wetlands**, v. 28, n. 3, p. 616-631, 2008. ISSN 0277-5212.

VEIGA, T. B.; COUTINHO, S. D. S.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Aplicação da técnica Delphi na construção de indicadores de sustentabilidade. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 4, p. 31-45, 2013. ISSN 1980-0827.

VEJA. REVISTA VEJA. **Jundiaí: a cidade paulista onde não falta água**, [Arquivo de Notícias, 08/02/2015]. Por Mariana Zylberkan, Veja.com, Abril Mídia S. A., 2015. Disponível em: < <http://veja.abril.com.br/politica/jundiai-a-cidade-paulista-onde-nao-falta-agua/> >. Acesso em: 13 de Maio de 2016.

VENGOSH, A.; PANKRATOV, I. Chloride/bromide and chloride/fluoride ratios of domestic sewage effluents and associated contaminated ground water. **Ground Water**, v. 36, n. 5, p. 815-824, 1998. ISSN 1745-6584.

VESTJENS, L.; KEMPEN, G. I. J. M.; CRUTZEN, R.; KOK, G.; ZIJLSTRA, G. A. R. Promising behavior change techniques in a multicomponent intervention to reduce concerns about falls in old age: A Delphi study. **Health Education Research**, v. 30, n. 2, p. 309-322, 2015. ISSN 0268-1153.

WALDRON, K.; LUSSIER, J. M.; THIFFAULT, N.; BUJOLD, F.; RUEL, J. C.; ST-ONGE, B. The Delphi method as an alternative to standard committee meetings to identify ecological issues for forest ecosystem-based management: A case study. **The Forestry Chronicle**, v. 92, n. 4, p. 453-464, 2016. ISSN 0015-7546.

WALM. WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL. **EIA-RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental: Linha 18 – Bronze – Trecho Tamanduateí/Alvarengas**, v. III. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô, 2012. Disponível em: < http://www.metro.sp.gov.br/metro/licenciamento-ambiental/linha_18_bronze.aspx >. Acesso em: 20 de Agosto de 2015.

WANG, R.; WANG, Z.; WANG, X.; YANG, H.; SUN, J. Water hammer assessment techniques for water distribution systems. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 1717-1725, 2014. ISSN 1877-7058.

WAYS, L. W. **Water distribution systems handbook**. 1st ed. New York (NY): McGraw-Hill Education, 1999. 628 p. ISBN 0-07-134213-3.

WB. WORLD BANK. **Integrated urban water management: São Paulo**, Case study. Water and Sanitation Program. Water Partnership Program. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington DC: World Bank, 2012. 7 p.

_____. WORLD BANK. **Metropolitan governance in Brazil: inputs for an agenda and strategy**, v.2. Social Urban, Rural & Resilience. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington DC: World Bank, 2015. 109 p.

_____. WORLD BANK. **The World Bank and the International Water Association to establish a partnership to reduce water losses**, World Bank Group, International Water Association (IWA). Stockholm: World Bank/IWA, 2016. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/09/01/the-world-bank-and-the-international-water-association-to-establish-a-partnership-to-reduce-water-losses>>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2017.

WEI, T.; TANG, Z. Building low-carbon cities: assessing the fast growing U.S. cities' land use comprehensive plans. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 16, n. 01, p. 1450003, 2014.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. 3 ed. New York: Springer-Verlag, 2000.

WHATELY, M.; CUNHA, P. **Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2006.

WHO. World Health Organization. **Aluminium**, Environmental Health Criteria 194. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1997.

_____. World Health Organization. **Chloride in drinking-water**, Background document for development WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO, 2003.

WILSON, M. C.; LI, X.; MA, Y.; SMITH, A. T.; WU, J. A review of the economic, social, and environmental impacts of China's South-North Water Transfer Project: a sustainability perspective. **Sustainability**, v. 9, n. 8, p. 1489, 2017.

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

YEVJEVICH, V. Water diversions and interbasin transfers. **Water International**, v. 26, n. 3, p. 342-348, 2001. ISSN 0250-8060.

YOKEL, R. A.; MCNAMARA, P. J. Aluminium toxicokinetics: an updated minireview. **Pharmacology & Toxicology**, v. 88, p. 159-167, 2001. ISSN 0901-9928.

YOU, H. Y. Quantifying megacity growth in response to economic transition: A case of Shanghai, China. **Habitat International**, v. 53, p. 115-122, 2016. ISSN 0197-3975.

ZAKARIA, B.; ABDULLAH, R.; RAMLI, M. F.; LATIF, P. A. Selection criteria using the Delphi method for siting an integrated hazardous waste disposal facility in Malaysia. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 56, n. 4, p. 512-530, 2013. ISSN 0964-0568.

ZAMANZADEH, V.; GHAHRAMANIAN, A.; RASSOULI, M.; ABBASZADEH, A.; ALAVI-MAJD, H.; NIKANFAR, A.-R. Design and Implementation content validity study: development of an instrument for measuring patient-centered communication. **Journal of Caring Sciences**, v. 4, n. 2, p. 165-178, 2015. ISSN 2251-9920.

ZANATTA, J. A.; COSTA, M. L. Algumas reflexões sobre a pesquisa qualitativa nas ciências sociais. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**, v. 12, n. 2, p. 344-359, 2012. ISSN 1808-4281.

ZENG, H.; WU, J. Tracing the nitrate sources of the Yili River in the Taihu Lake Watershed: a dual isotope approach. **Water**, v. 7, p. 188-201, 2015. ISSN 2073-4441.

ZENG, Q.; QIN, L.; LI, X. The potential impact of an inter-basin water transfer project on nutrients (nitrogen and phosphorous) and chlorophyll a of the receiving water system. **Science of the Total Environment**, v. 536, p. 675-686, 2015. ISSN 1879-1026.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; PAULINO, J.; SANCHEZ-ROMAN, R. M.; GONZALEZ, A. M. O. The first Brazilian municipal initiative of payments for environmental services and its potential for soil conservation. **Agricultural Water Management**, v. 137, p. 75-83, 2014. ISSN 0378-3774.

APÊNDICES

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

CAAE: 57760416.9.0000.5411

Parte A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) RESOLUÇÃO MS/CNS 466/2012 e 510/2016

CONVIDO, o Sr. (a) para participar do Projeto de Pesquisa intitulado “**Análise da segurança hídrica utilizando indicadores ambientais: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, Jundiaí - SP, Brasil**”, que será desenvolvido por mim, Fernando Henrique Machado, doutorando em Ciências Ambientais pelo Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS/Unesp), com orientação do professor Dr. Gerson Araujo de Medeiros (ICTS/Unesp).

Objetivos da pesquisa:

A presente pesquisa tem como objetivo principal analisar a segurança hídrica a partir da construção de um conjunto de indicadores ambientais visando à proteção ambiental dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim (BH-JM). Essa bacia é uma área estratégica para Jundiaí - SP, pois fornece 95% da água consumida pelo município, entretanto vem sofrendo diversos impactos decorrentes do alto crescimento demográfico da região aliado a necessidade de receber água transposta de outra bacia (rio Atibaia) para atender a demanda nos períodos de estiagem.

Visando atingir esse objetivo, o(a) Sr. (a), selecionado para esta pesquisa por ter experiência na área de recursos hídricos, responderá um questionário eletrônico que levará aproximadamente 20 minutos de duração, do qual visa atribuir níveis de importância para indicadores de segurança hídrica pré-selecionados, dos quais serão avaliados também por outros especialistas de forma anônima.

1/3

(continua)

Benefícios, desconfortos e riscos:

Este estudo não apresenta benefícios diretos aos participantes, porém a sua participação contribuirá no processo de seleção de indicadores ambientais para o caso exposto, dos quais, uma vez selecionados e discutidos, poderão servir de base para a formulação de políticas públicas na BH-JM bem como para outras áreas. Ademais, responder o questionário não trará nenhum desconforto ou risco para você.

Sigilo e privacidade:

Fique ciente de que sua participação neste estudo é voluntária e que mesmo após ter dado seu consentimento para participar da pesquisa, você poderá retirá-lo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Destaca-se que os resultados desse estudo poderão ser publicados em revistas científicas, sem, no entanto, que sua identidade seja revelada.

Qualquer dúvida adicional você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa através dos telefones (14) 3880-1608 ou 3880-1609 que funciona de 2ª a 6ª feira das 8:00 às 11:30 e das 14:00 às 17:00 horas, na Chácara Butignolli s/nº em Rubião Júnior – Botucatu – São Paulo. Os contatos dos pesquisadores responsáveis pela pesquisa estão disponíveis a seguir:

Contato dos pesquisadores:Pesquisador:

Nome: Fernando Henrique Machado

Endereço: Av. Três de Março, 511, Lab. Recuperação de Terras, Altos da Boa Vista, Sorocaba – SP, 18087-180

Telefone: (15) 9 8137 - 8425

E-mail: fernando.machado@posgrad.sorocaba.unesp.br

Orientador da pesquisa:

Nome: Gerson Araujo de Medeiros

2/3*(continuação)*

Endereço: Av. Três de Março, 511, Altos da Boa Vista, Sorocaba – SP,
18087-180

Telefone: (15) 3238 - 3400

E-mail: gerson@sorocaba.unesp.br

Informações finais:

Por favor, salve uma cópia do TCLE que está disponível para ser [baixado aqui](#). É fundamental que você mantenha uma cópia do termo para eventuais consultas e/ou dúvidas. Se preferir, você pode também solicitar uma cópia impressa assinada pelos pesquisadores responsáveis.

Após terem sido sanadas todas as suas dúvidas a respeito deste estudo, ao clicar em CONCORDO EM PARTICIPAR, você terá acesso ao questionário específico e estará ciente que todos os seus dados estarão resguardados através do SIGILO que os pesquisadores se comprometeram. O [questionário](#) estará disponível de XX/XX/XXXX até XX/XX/XXXX.

- Concordo em participar
- Não concordo em participar

Apêndice B – Questionário utilizado para caracterização dos respondentes e atribuição de níveis de importância aos indicadores pré-selecionados

Informações gerais sobre o respondente	Parte B
Em qual faixa etária você se enquadra?	
<input type="radio"/> 25 a 34 anos <input type="radio"/> 35 a 44 anos <input type="radio"/> 45 a 54 anos <input type="radio"/> ≥ 55 anos	
Qual é a sua principal atividade profissional?	
<input type="radio"/> Professor <input type="radio"/> Pesquisador <input type="radio"/> Professor/Pesquisador <input type="radio"/> Consultor <input type="radio"/> Outro. Qual?	
<input type="text"/>	
Quanto tempo de experiência profissional e/ou acadêmica você tem na área ambiental?	
<input type="radio"/> ≤ 5 anos <input type="radio"/> 6 a 10 anos <input type="radio"/> 11 a 20 anos <input type="radio"/> ≥ 21 anos	
A sua formação acadêmica (graduação) é em qual área?	
<input type="radio"/> Ciências exatas e da terra <input type="radio"/> Ciências biológicas <input type="radio"/> Engenharias	

- Ciências agrárias
- Ciências sociais aplicadas
- Outro. Especificar

Qual é o seu maior grau acadêmico?

- Mestrado
- Doutorado incompleto
- Doutorado em andamento
- Doutorado
- Outro. Especificar:

Parte C

Aspectos gerais sobre segurança hídrica

A **segurança hídrica** pode ser definida como a capacidade que uma população tem de salvaguardar o acesso sustentável aos recursos hídricos em termos qualitativos e quantitativos, de forma a garantir o bem estar humano, a proteção dos ecossistemas e o desenvolvimento socioeconômico. Logo, está relacionada com medidas de gestão que asseguram o acesso aos recursos hídricos.

Diante dessa definição, e considerando o objetivo deste estudo de construir um conjunto de indicadores ambientais relacionados à segurança hídrica visando à proteção ambiental dos recursos hídricos superficiais da BH-JM, solicitamos que você expresse a sua opinião sobre quais são os indicadores mais importantes para essa finalidade.

Instruções de preenchimento

Atribua para cada critério apresentado um nível de importância conforme escala a seguir:

2/5

(continuação)

Níveis de importância			
1	2	3	4
Sem importância	Pouca importância	Importante	Muito importante
✓ Sem relevância ✓ Pode ser descartado	✓ Prioridade baixa ✓ Não é um fator determinante	✓ Prioridade média ✓ É um fator determinante	✓ Prioridade alta ✓ Tem influência direta no problema

Parte D**Indicadores****Níveis de importância**

Reservatórios de água: Área ocupada por reservatórios e barramentos de água destinados ao abastecimento público, lazer, recreação e/ou uso agrícola.

Gostaria de fazer algum comentário?

Não quero opinar Sem importância Pouca importância Importante Muito importante

Transposição de água: Volume de água transportado e análise da dependência da transposição de águas entre bacias para regularização da vazão.

Gostaria de fazer algum comentário?

Não quero opinar Sem importância Pouca importância Importante Muito importante

Qualidade físico-química e biológica da água: Variação dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água superficial bruta e a influência da transposição.

Gostaria de fazer algum comentário?

Não quero opinar Sem importância Pouca importância Importante Muito importante

3/5

(continuação)

	Não quero opinar	Sem importância	Pouca importância	Importante	Muito importante
<input type="text"/> Perdas da distribuição de água potável: Índice de perdas na distribuição de água potável que relaciona o volume de água produzido com o volume de água consumido por Jundiaí.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gostaria de fazer algum comentário?					
<input type="text"/>					
	Não quero opinar	Sem importância	Pouca importância	Importante	Muito importante
Despesas com tratamento de água: Despesas com produtos químicos destinados aos sistemas de tratamento de água e esgotos e sua relação com a variação sazonal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gostaria de fazer algum comentário?					
<input type="text"/>					
	Não quero opinar	Sem importância	Pouca importância	Importante	Muito importante
Oferta de água: Situação da oferta de água para consumo humano representado pelo volume anual de água submetido a tratamento (abrange a água bruta captada e a proveniente da transposição).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gostaria de fazer algum comentário?					
<input type="text"/>					
	Não quero opinar	Sem importância	Pouca importância	Importante	Muito importante
Rede de distribuição: Extensão da rede de distribuição de água de Jundiaí.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4/5

(continuação)

Gostaria de fazer algum comentário?

Não
quero
opinar

Sem
importância

Pouca
importância

Importante

Muito
importante

Políticas públicas: Medidas legais de proteção ambiental estabelecidas por políticas públicas de Jundiáí.

Gostaria de fazer algum comentário?

Parte E

Por favor, caso queira, adicione aqui comentários e/ou sugestões de indicadores de segurança e soberania hídrica (considere a disponibilidade e acessibilidade destes para a BH-JM).

Desenvolvido por Qualtrics

5/5

(conclusão)

Apêndice C – Teste de normalidade D’Agostino dos dados do indicador “oferta de água”

Resultados	Coluna 1 População	Coluna 2 Vol. produzido	Coluna 3 Vol. consumido	Coluna 4 Cons. per capta
Tamanho da amostra =	18	18	18	18
D (Desvio) =	0.2806	0.2646	0.2699	0.2816
Valores críticos 5%	0.2603 a 0.2862	0.2603 a 0.2862	0.2603 a 0.2862	0.2603 a 0.2862
Valores críticos 1%	0.2505 a 0.2868	0.2505 a 0.2868	0.2505 a 0.2868	0.2505 a 0.2868
p =	ns	ns	ns	ns

Fonte: Resultados do programa BioStat 5.3 (Ayres e Ayres Jr., 2007).

Apêndice D – Teste de normalidade D’Agostino dos dados do indicador “perdas de água”

Resultados	Coluna 1 População	Coluna 2 Perdas distri.	Coluna 3 Perdas lineares	Coluna 4 Perdas ligação	Coluna 5 Extensão rede	Coluna 6 Lig. ativas
Tamanho da amostra =	17	17	17	17	17	17
D (Desvio) =	0.2793	0.2836	0.2818	0.2778	0.2861	0.2867
Valores críticos 5%	0.2595 a 0.2861	0.2595 a 0.2861	0.2595 a 0.2861	0.2595 a 0.2861	0.2595 a 0.2861	0.2595 a 0.2861
Valores críticos 1%	0.2494 a 0.2868	0.2494 a 0.2868	0.2494 a 0.2868	0.2494 a 0.2868	0.2494 a 0.2868	0.2494 a 0.2868
p =	ns	ns	ns	ns	p < 0.05	p < 0.05

Fonte: Resultados do programa BioStat 5.3 (Ayres e Ayres Jr., 2007).

Apêndice E – Teste de normalidade Shapiro-Wilk aplicado nos dados do indicador “qualidade físico-química e biológica da água”

	pH	OD	Temp.	CE	Turb.	Cl-	COT	COD	NT	PT
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Shapiro-Wilk W	0.8858	0.8624	0.9165	0.8198	0.6649	0.8451	0.9795	0.9544	0.8604	0.8113
p(normal)	0.1803	0.1019	0.3644	0.03425	0.0005523	0.06572	0.9616	0.738	0.09683	0.02744
	Cl-a	IET	Al (T)	Al (D)	Fe (T)	Fe (D)	Mg (T)	Mg (D)	Mn (T)	
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Shapiro-Wilk W	0.6323	0.8765	0.6436	0.8392	0.9209	0.8537	0.83	0.9544	0.8364	
p(normal)	0.0002291	0.1442	0.0003107	0.05655	0.3996	0.08176	0.04461	0.7379	0.05263	

Fonte: Resultados do software Past 3.15 (Hammer *et al.*, 2001).