



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS -
PROFÁGUA

Estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando *trade-offs* entre custos dos investimentos e benefícios econômicos na bacia Rio Jundiaí (SP)

PAULA IVANA RIEDIGER

Porto Alegre
Dezembro de 2019

PAULA IVANA RIEDIGER

Estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando *trade-offs* entre custos dos investimentos e benefícios econômicos na bacia Rio Jundiá (SP)

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Guilherme Fernandes Marques

Porto Alegre

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Riediger, Paula Ivana

Estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando trade-offs entre custos dos investimentos e benefícios econômicos na bacia Rio Jundiáí (SP) / Paula Ivana Riediger. -- 2019.

160 f.

Orientador: Guilherme Fernandes Marques.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Enquadramento dos corpos d'água. 2. Benefícios econômicos. 3. Trade-off. I. Fernandes Marques, Guilherme, orient. II. Título.

PAULA IVANA RIEDIGER

Estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando *trade-offs* entre custos dos investimentos e benefícios econômicos na bacia Rio Jundiaí (SP)

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Aprovado em: Porto Alegre, 18 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes

Prof. Dra. Jussara Cabral Cruz

Eng. Me. Sidnei Gusmão Agra

Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Guilherme Marques, pelos ensinamentos, ideias, compreensão, e sempre pronto atendimento, considerando os meus horários e demandas expressas ao longo deste trabalho de mestrado.

Agradeço à minha família e especialmente à minha mãe, Mirna Riediger, pelos valores de garra, persistência e de empatia que me foram transmitidos.

Aos meus avós, Ilse e José Riediger, agradeço por terem me ensinado a observar e a cuidar da natureza, fazendo com que eu buscasse nos estudos e na minha profissão, os meios para contribuir com questões tão fundamentais para todos: água e saneamento básico.

Agradeço ao Vinícius Montenegro, meu amado companheiro, pela compreensão, apoio e pelas inserções pontuais e precisas ao longo da elaboração do trabalho.

Agradeço ao Gilnei Carvalho, um anjo na minha vida, pelo amor e pelo acompanhamento, quase semanal, ao longo do desenvolvimento do mestrado. Obrigada por tanto!

Agradeço aos colegas e professores do ProfÁgua, pelas trocas de conhecimento e experiências durante as aulas. Um agradecimento especial à amiga e colega Laís Fernandes, pelo apoio e pela amizade durante e após a conclusão do mestrado.

Agradeço aos amigos e colegas da Profill Engenharia e Ambiente, especialmente ao Sidnei Agra, pela confiança e pela transmissão de conhecimento na área de gestão de recursos hídricos. Agradeço também aos colegas da Profill que estiveram juntos comigo durante a elaboração do Plano PCJ. Sem os subsídios do Plano, este trabalho não teria sido possível.

Agradeço à Agência PCJ pela autorização da utilização do SSD PCJ e das informações do Plano para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço muitíssimo ao Herik, do SAAE de Indaiatuba, que foi muito solícito, tirou dúvidas e forneceu subsídios importantes para concepção de parte importante deste trabalho de mestrado.

Agradeço à Deus por ter me iluminado e a mim, por não ter recuado frente às dificuldades.

Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento. Agradeço também à Agência Nacional de Águas (ANA) e aos idealizadores do ProfÁgua que possibilitam a transmissão e a geração de conhecimento na área de gestão de recursos hídricos, tema tão caro no nosso país. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Atualmente, as restrições orçamentárias dos municípios e a falta prioridade de investimentos em saneamento, produz, como consequência, dificuldades em alcançar as metas de Enquadramento, gerando externalidades para outros usuários, além de impactos ambientais e econômicos. Além disso, os benefícios e os custos para o alcance dos objetivos de qualidade da água, de modo geral, não são incorporados aos processos de Enquadramento, o que pode resultar na sua não efetivação. Em função da necessidade de buscar ferramentas visando aprimorar este instrumento de gestão, este trabalho teve como objetivo comparar diferentes estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando os *trade-offs* entre custos dos investimentos e benefícios econômicos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá (SP). *Trade-offs* podem ser entendidos como perdas e ganhos decorrentes de decisões no âmbito da gestão, quando lidamos com recursos escassos econômicos. O fluxo metodológico consistiu na i) estimativa dos benefícios econômicos diretos associados a diferentes cenários que variam índices de cobertura de coleta, tratamento e incrementos de eficiência para alcance do Enquadramento; ii) estimativa dos investimentos necessários; iii) levantamento dos tipos de financiamento, prazos para amortização e taxas de juros praticadas; iv) combinação de cenários para análise financeira das alternativas, considerando os investimentos e os benefícios, no valor presente, considerando VPL. Os benefícios econômicos diretos associados ao alcance do Enquadramento estudados foram: redução dos custos de pré-tratamento de água, associado à redução de Nitrogênio Amoniacal no manancial; redução dos custos de adução e bombeamento; e, receita potencial da venda de água de reúso. Como esperado, a medida em que os investimentos são adiados para o futuro, o seu custo diminui, produzindo economia. Porém, ao postergar os investimentos, adia-se também os benefícios com custos de tratamento de água, energia e venda da água de reúso, que se tornam menores porque são produzidos em um intervalo menor de tempo. Os resultados mostraram que postergar os investimentos em saneamento não é vantajoso. Os cenários Tipo 1 (investimentos e benefícios iniciam nos primeiros cinco anos), para cada R\$ 1,00 investido na universalização da coleta, tratamento e alcance do Enquadramento, os benefícios que retornam no cenário de Enquadramento são de R\$ 1,03. Aumentando a eficiência de remoção de nitrogênio nas ETEs, os benefícios chegam a R\$ 1,23, podendo chegar a R\$ 5,37. A valoração dos benefícios econômicos e sua comparação com os investimentos são ferramentas úteis na orientação de Políticas Públicas e seus programas e planos decorrentes, de forma a melhor alocar recursos para maximizar o bem-estar da população.

Palavras-chave: Enquadramento dos corpos d'água; Benefícios Econômicos; Trade-off

ABSTRACT

Budgetary constraints of municipalities and the lack of priority in investments in sanitation, produces difficulties in achieving water bodies quality goals, generating externalities, environmental and economic impacts. In addition, the benefits and costs for achieving water quality objectives are generally not incorporated to the water bodies classification processes. Due to the need to improve this management instrument (water quality goal), this study aimed to compare different investment strategies in sanitation to achieve the water bodies goals, considering the trade-offs between investment costs and economic benefits in the Jundiaí River Basin. (SP). Trade-offs could be understood as losses and gains arising from management decisions when dealing with scarce economic resources. The methodology consisted in i) estimating the economic benefits associated with diferentes coverage rates, and treatment efficiency increments; ii) estimating investments required; iii) types of financing, amortization terms and interest rates practiced; iv) combination of scenarios in a financial analysis, considering investments and benefits, at present value, considering VPL. The economic benefits associated with achieving water quality goals were: reduction of water treatment costs, associated with the concentration of Ammoniacal Nitrogen in the water bodie; reduction of energy of adduction costs; and, potential revenue from the reused water. As expected, as investments are postponed into the future, their cost decreases. However, delaying investments, the benefits of water treatment costs, energy costs and revenue of reused water, are reduced too. The results showed that postponing investments in sanitation is not advantageous because the benefit / investment ratio decreases. The Type 1 scenarios (investments and benefits start in the first five years), for each R \$ 1.00 invested in the universalization of the collection, treatment, the benefits that return in the scenario that the goals of water quality are achieved are R \$ 1.03. By increasing the efficiency of nitrogen removal, the benefits reach R\$ 1,23, and could achieve R \$ 5,37. The valuation of economic benefits and their comparison with investments are valuable tools for guiding public policies, programs and related plans in order to better allocate resources to maximize the welfare of the population.

Keywords: Water bodies goals; Economic benefits; Trade-off.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Etapas para implementação do Enquadramento	28
Figura 3.2 - Classes de Enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces	30
Figura 3.3 - Metas intermediárias para o Enquadramento.....	31
Figura 3.4 – Custos e benefícios da expansão do saneamento no Brasil, de 2004 a 2016, e da universalização até 2036.....	43
Figura 3.5 - Valor presente líquido com base financeira.....	51
Figura 3.6 -Valor presente líquido com base econômica	51
Figura 3.7 – Articulação promovida pelo método desenvolvido.....	61
Figura 4.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí e o Enquadramento vigente.....	63
Figura 4.2 –Demanda total e percentual das demandas da bacia do Rio Jundiaí.....	65
Figura 4.3 - Projeção das demandas até 2035	66
Figura 4.4 - Localização das ETEs da Bacia do Rio Jundiaí Fonte: Adaptado de Consórcio Profill-Rhama (2018).....	69
Figura 4.5 – ETAs e Captações localizados na Bacia do Jundiaí. Fonte: Adaptado de Profill Rhama (2018)	70
Figura 4.6 - Amostras da Bacia do Rio Jundiaí, em termos de classe equivalente da Resolução CONAMA n° 357/2005, para o período de 2009 a 2015	71
Figura 4.7 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água	72
Figura 4.8 – Amostras de cada ponto de monitoramento da sub-bacia do Rio Jundiaí, em termos de classe equivalente da Resolução CONAMA n° 357/2005.....	74
Figura 4.9 – Perfil do ICE para 5 parâmetros no Rio Jundiaí (de montante para jusante) e a evolução anual do ICE.....	76
Figura 4.10 – Atendimento ao Enquadramento no Cenário Zero Consolidado (2020) – Q _{mlp}	78
Figura 4.11 – Atendimento ao Enquadramento no Cenário Zero Consolidado (2020) – Q ₉₅ ..	79
Figura 4.12 – Atendimento ao Enquadramento no Cenário Zero Consolidado (2020) – Q _{7,10}	79
Figura 4.13 – Permanência do atendimento ao Enquadramento na Sub-bacia do Rio Jundiaí no Cenário Zero Consolidado (2020) – Série Histórica.	80
Figura 5.1- Fluxo metodológico	81
Figura 5.2 – Relação entre o consumo de cloro (média mensal) no período de 2010 a 2018 e a concentração (média anual) de nitrogênio amoniacal no Rio Jundiaí	85
Figura 5.3 – Discretização espacial por Área de Contribuição da sub-bacia do rio Jundiaí	89
Figura 5.4 – Diagrama das ACs e localização esquemática das captações e lançamentos de ETEs da bacia	92
Figura 5.5 – Abordagem adotada para a estimativa da redução dos custos de pré-tratamento	94

Figura 6.1 – Custos e benefícios do pré-tratamento associados a cada cenário	110
Figura 6.2 - Custos de adução das ECAs Pirai e Jundiá.....	114
Figura 6.3 - Receitas potenciais de venda de água de reúso nos diferentes cenários.....	116
Figura 6.4 – Investimentos necessários em coleta, tratamento e reúso e percentuais associados	121
Figura 6.5 – Investimentos, Benefícios e Balanço (VPL) dos diferentes cenários	124
Figura 6.6 – Resultados do cenário constante, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios.	125
Figura 6.7 – Resultados do cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios	126
Figura 6.8 – Resultados do cenário Teto Biológico + parcial Membranas, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios	127
Figura 6.9 – Resultados do cenário Teto Biológico + total Membranas, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios	128
Figura 6.10 – Resultados do cenário Teto Total-Membranas Super, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios	129
Figura 6.11 – Investimentos, Benefícios e Balanço (VPL) dos diferentes cenários – Tipo 1, com destaque para o VPL positivo no Cenário Teto Biológico + parcial Membranas (Tipo 1)	131
Figura 6.12 – Investimentos, Benefícios e Balanço (VPL) dos diferentes cenários – Tipo 4	131
Figura 6.13 – Comparação percentual entre os Investimentos e Benefícios no cenário Tipo 1	132
Figura 6.14 – Comparação entre os Investimentos e Benefícios no cenário Tipo 1	133
Figura 6.15 – Relação entre benefícios e investimentos (%)	134
Figura 6.16 - Custos e benefícios da universalização da água e esgoto até 2036, no Brasil.	137
Figura 6.17 – Concentrações de Nitrogênio amoniacal com $Q_{7,10}$ e com séries históricas	139
Figura 6.18 –Permanência nas classes de enquadramento considerando a simulação com séries históricas	139

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 - Articulação com o Enquadramento	33
Quadro 3.2 - Benefícios da expansão do saneamento de 2004 a 2016.....	42
Quadro 3.3 - Classificação dos benefícios.....	57
Quadro 4.1 - Faixas de classificação do ICE.....	75
Quadro 5.1 - Descrição dos cenários para análise financeira	108

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Destinos da água de reúso produzida na EPAR Capivari II.....	48
Tabela 3.2 - Custos de fontes alternativas de água na Califórnia.....	49
Tabela 3.3 - Comparação de custos de produção de água tratada e de reúso (US\$/m ³).....	49
Tabela 4.1 - Balanço hídrico da sub-bacia do Rio Jundiáí	65
Tabela 4.2– Projeção das demandas até 2035	66
Tabela 4.3 - Operadores do Sistema de Esgotamento Sanitário e índices de coleta, tratamento e remoção.....	67
Tabela 4.4 - Informações sobre as ETEs da Bacia do Rio Jundiáí.....	68
Tabela 4.5 - Informações sobre os sistemas de abastecimento dos municípios atravessados pelo rio Jundiáí	70
Tabela 5.1 – Descrição dos cenários formulados	95
Tabela 5.2 – População atual e projetada para 2020, 2025, 2030 e 2035.....	96
Tabela 5.3 – Per capita e índices de coleta e tratamento atuais, meta e incremento até 2035	96
Tabela 5.4 - Eficiências mínimas obtidas por município para o cenário de Enquadramento.	101
Tabela 5.5 - Eficiências médias associadas a diferentes sistemas de tratamentos de efluentes	101
Tabela 5.6 – Custos médio per capita dos sistemas de tratamento.....	102
Tabela 5.7 – Percentual da capacidade de tratamento em relação à 40% da demanda da indústria	104
Tabela 5.8 – Descrição das estruturas consideradas para generalização do CAPEX para reúso	105
Tabela 6.1 - Somatório dos custos e benefícios de pré-tratamento, sem considerar valor presente	111

Tabela 6.2 – Custos de adução das ECAs Pirai e Jundiá e benefícios considerados nos cenários	113
Tabela 6.3 – Receitas potenciais de venda de água de reúso nos cenários, por município	115
Tabela 6.4 – Receitas potenciais de venda de água de reúso nos cenários, em 20 anos	115
Tabela 6.5 - Investimentos totais em coleta para os cenários constante e demais cenários ...	119
Tabela 6.6 – Investimentos necessários para tratamento nos diferentes cenários	120
Tabela 6.7 - Investimentos necessários em infraestrutura para produção e distribuição de água de reúso	121
Tabela 6.8 - Investimentos necessários em coleta, tratamento e reúso	121
Tabela 6.9 - Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos diferentes cenários	123
Tabela 6.10 – Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos diferentes cenários, considerando os benefícios de Ex Ante Consultoria Econômica (2018) e alteração na tarifa de reúso	138

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	OBJETIVO.....	25
2.2	METAS	25
3	FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL.....	27
3.1	ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA	27
3.1.1	Aspectos conceituais e legais do Enquadramento.....	27
3.1.2	Relação com os outros instrumentos de gestão.....	33
3.2	O PROCESSO DE DESPOLUIÇÃO DO RIO JUNDIAÍ E O SEU REENQUADRAMENTO	36
3.2.1	O reenquadramento do Rio Jundiaí.....	37
3.2.2	Os benefícios do reenquadramento do Rio Jundiaí	39
3.3	BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS ASSOCIADOS AOS INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO BÁSICO	40
3.3.1	Benefícios Econômicos e Sociais do Saneamento Básico	40
3.3.2	Reúso de Água.....	44
3.3.3	Custos de tratamento de água associados à qualidade do manancial	51
3.4	CONCEITOS DE ECONOMIA E FINANÇAS PARA PROJETOS DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO.....	54
3.4.1	Análise econômica x análise financeira	54
3.4.2	Dinheiro no tempo	57
3.4.3	Valoração econômica e de viabilidade econômico-financeira em projetos de saneamento e meio ambiente	59
3.5	ARTICULAÇÃO DOS TEMAS APRESENTADOS COM O MÉTODO PROPOSTO.....	61
4	A ÁREA DE ESTUDO	63
4.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL	63
4.2	ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	66
4.2.1	Esgotamento sanitário.....	67
4.2.2	Abastecimento de água.....	70
4.3	QUALIDADE DA ÁGUA E ENQUADRAMENTO	71
4.3.1	Índice de Conformidade com o Enquadramento.....	75
4.3.2	Simulação de Cenários no Plano PCJ 2020 a 2035.....	78
5	MATERIAL E MÉTODOS	81
5.1	ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DIRETOS ASSOCIADOS AO ENQUADRAMENTO.....	82
5.1.1	Investigação relativa a adequação dos benefícios considerados e elaboração de um formulário para detalhamento dos benefícios associados à captação do município de Indaiatuba, no Rio Jundiaí	83
5.1.2	Análise, sistematização dos benefícios e a sua consideração nos cenários	84
5.1.3	Cenários formulados para análise dos benefícios	87
5.1.4	Cálculo dos benefícios	93
5.2	ESTIMATIVA DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA O ALCANCE DO ENQUADRAMENTO.....	99
5.2.1	Investimentos necessários associados aos cenários.....	99
5.2.2	Investimentos em tratamento em cada cenário simulado	100
5.2.3	Infraestrutura para produção e distribuição de água de reúso	104
5.3	LEVANTAMENTO DOS TIPOS DE FINANCIAMENTO, PRAZOS PARA AMORTIZAÇÃO E TAXAS DE JUROS PRATICADAS	105

5.4	ANÁLISE FINANCEIRA DAS ALTERNATIVAS, CONSIDERANDO OS INVESTIMENTOS E BENEFÍCIOS ESTIMADOS	106
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
6.1	ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS À REDUÇÃO DE NITROGÊNIO AMONÍACAL NO RIO JUNDIAÍ	109
6.1.1	Benefício 1: Economia de cloro gás no pré-tratamento da água bruta, considerando a redução da concentração de N. amoniacal no manancial	109
6.1.2	Benefício 2: Redução dos custos de adução e bombeamento	112
6.1.3	Benefício 3: Receita proveniente da venda da água de reúso.....	114
6.2	INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA ALCANCE DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E INCREMENTOS DE EFICIÊNCIA.....	118
6.3	BALANÇO ENTRE INVESTIMENTO E BENEFÍCIOS NO VALOR PRESENTE.....	122
6.4	ARTICULAÇÃO COM ENQUADRAMENTO.....	139
6.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÃO DE TRABALHOS FUTUROS	141
7	ANEXOS.....	146
8	REFERENCIAS.....	155

1 INTRODUÇÃO

Um grande passo para a gestão dos recursos hídricos no Brasil foi dado com a criação da Lei 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas. A Lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, fornecendo também as diretrizes, os objetivos, os instrumentos e os meios de implementação da política.

O Sistema de Gestão de Recursos Hídricos e os instrumentos de gestão evoluíram muito nos últimos vinte anos, desde a sua criação, entretanto, a implementação dos instrumentos de gestão é bastante desigual no Brasil. De acordo com OCDE (2015), a reforma do setor de recursos hídricos promovida pela Lei das Águas ainda não colheu plenamente os benefícios econômicos, sociais e ambientais esperados, e as lacunas de governança multinível (estados e bacias hidrográficas) dificultam a implementação efetiva da gestão dos recursos hídricos no Brasil.

O Enquadramento dos corpos d'água é um dos instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos que visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas e permanentes. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o Enquadramento expressa as metas finais ou o objetivo de qualidade da água (classe) a ser alcançada ou mantida em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

A elaboração da proposta de Enquadramento deve ser desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante a sua elaboração, devendo conter o diagnóstico e o prognóstico da bacia, propostas de metas relativas às alternativas de Enquadramento e um Programa para sua Efetivação (Resolução CNRH 91/2008).

A Resolução CNRH 91/2008 estabelece que a proposta de Enquadramento deve vir acompanhado de estimativa dos custos para a implementação das ações de gestão, incluindo planos de investimentos e instrumentos de compromisso. De acordo com Brites (2010), a partir da análise dos custos das medidas de despoluição e da disponibilidade de recursos financeiros é possível avaliar a viabilidade financeira do alcance do Enquadramento. No entanto, o estudo menciona que na maior parte dos processos de Enquadramento realizados no Brasil os custos não são incorporados na análise das alternativas, o que pode resultar na sua não efetivação.

De acordo com ANA (2009), o Programa para Efetivação do Enquadramento deve identificar as medidas necessárias para o alcance do Enquadramento e os respectivos custos e benefícios socioeconômicos, ambientais e os prazos decorrentes. Apesar disso, o estudo menciona que, de modo geral, estes benefícios não são estimados. Observa-se, contudo, que a estimativa dos benefícios socioeconômicos e ambientais junto das alternativas e proposta para o Enquadramento era prevista pela Resolução CNRH 12/2000, que foi revogada pela Resolução CNRH 91/2008.

Marin *et al.* (2007) ponderam que o sucesso de um plano de despoluição hídrica está condicionado, dentre outros aspectos, na quantificação dos benefícios e custos dos diversos cenários de despoluição hídrica passíveis de serem implantados na bacia hidrográfica, na seleção do cenário mais adequado à bacia em estudo e no fornecimento das bases para hierarquização dos investimentos.

O Instituto Trata Brasil tem desenvolvido diversos estudos nos últimos anos que quantificam os benefícios econômicos associados à universalização do saneamento básico. O primeiro tipo de benefício econômico que se verifica com uma atividade econômica, a exemplo da expansão do saneamento básico, é o da geração de emprego, renda e impostos. Além desses efeitos, há ganhos econômicos externos (externalidades positivas), que não são diretamente perceptíveis, como a sensação de bem-estar, a redução das despesas de saúde pública e a valorização imobiliária de áreas degradadas pela falta de saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016).

Sabe-se que além destes benefícios mencionados, podem existir outros benefícios econômicos diretos, como: redução dos custos de tratamento de água, redução dos custos de captação, adução e bombeamento, considerando a possibilidade de captar em um manancial mais próximo, e receitas provenientes da venda da água de reúso (C2HM, 2018), dentre outros, que foram explorados neste estudo.

A não consideração dos custos e dos benefícios nos processos de Enquadramento pode acarretar em metas de Enquadramento de difícil alcance, tornando o instrumento pouco efetivo. Os investimentos, em geral, são muito elevados e existe dificuldade na obtenção dos recursos para sua execução. Além disso, os benefícios, ambientais e econômicos, que em geral, superam os investimentos, não são levados em consideração durante a tomada de decisão.

Neste contexto, a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, que faz parte das Bacias Piracicaba Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ), destacou-se no cenário nacional em função de ter empreendido esforços na recuperação da qualidade da água do Rio Jundiaí, e ter sido beneficiada com o reenquadramento do rio, que passou de Classe 4 para Classe 3, possibilitando a instalação de uma captação para abastecimento público no Rio Jundiaí, no contexto da crise hídrica de 2014 (INDAIATUBA, 2014). Apesar dos avanços, o Enquadramento vigente não é observado para a maior parte dos parâmetros, conforme mostram os estudos do Caderno de Enquadramento dos Corpos d'Água (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019), que possuem como escopo o desenvolvimento de um Programa para Efetivação do Enquadramento até 2035.

Sendo assim, em função da necessidade de buscar ferramentas simplificadas que possibilitem aprimorar o instrumento do Enquadramento, frente as restrições orçamentárias enfrentadas pelos municípios para a execução de obras de saneamento básico, este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma metodologia que permita comparar diferentes estratégias de investimento na redução da carga de poluentes no Rio Jundiaí (SP), bem como avaliar os *trade-offs* econômicos entre os investimentos e benefícios de cada alternativa. *Trade-offs* podem ser entendidos como “perdas e ganhos” decorrentes de decisões no âmbito da gestão, quando se lida com recursos econômicos escassos. A avaliação dos *trade-offs* não define o que é melhor, entre, por exemplo, qualidade da água ou aproveitamento econômico, mas identifica as perdas e ganhos sobre diferentes decisões possíveis, contribuindo para uma decisão informada.

Este estudo traz uma integração inovadora de três elementos com grande potencial de contribuir para a melhoria da qualidade da água. O primeiro é a concepção de um método novo, que utiliza o cálculo de *trade-offs* entre investimentos e benefícios econômicos no processo de estabelecimento de metas para o Enquadramento. O segundo é a articulação entre saneamento e gestão de recursos hídricos, tendo um parâmetro de qualidade (nitrogênio amoniacal) como elo de ligação entre decisões no âmbito da gestão (enquadramento) e do saneamento (investimentos em infraestrutura). O terceiro é a inclusão do reúso da água, uma solução que faz parte da realidade de vários centros urbanos, no modelo de articulação entre saneamento e gestão. Esse último elemento contribui não apenas para a ampliação na disponibilidade hídrica de água de maior confiabilidade, mas também para viabilizar economicamente novas infraestruturas de reúso. A integração dos três elementos no trabalho aqui proposto busca aprimorar o instrumento de gestão de enquadramento e também produzir avanços no saneamento, com inúmeros benefícios à sociedade.

Desta forma, o trabalho está de acordo com a área de concentração dos Instrumentos da Política de Recursos Hídricos, do ProfÁgua, que visa aperfeiçoar as bases técnicas para a implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos, envolvendo projetos de ferramentas e metodologias para avaliação, aperfeiçoamento e integração dos instrumentos.

Além disso, o estudo de ferramentas que promovam melhorias no Enquadramento vai ao encontro do Objetivo 6 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), referente à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável de água e saneamento para todos. Sendo assim, este trabalho se articula à meta 6.3, para o Brasil, de até 2030 “melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reúso seguro localmente. ” (IPEA, 2019).

2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e metas específicas que nortearam a dissertação de mestrado.

2.1 OBJETIVO

Comparar diferentes estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando os *trade-offs* entre custos dos investimentos e benefícios econômicos

2.2 METAS

- Estimar os benefícios econômicos associados ao alcance do Enquadramento no Rio Jundiáí;
- Estimar os investimentos necessários para universalização da coleta e tratamento, e para o alcance do Enquadramento no Rio Jundiáí;
- Utilizar de cálculos de análise financeira e engenharia econômica, como VPL na proposição de uma metodologia que permita comparar estratégias de investimento e avaliar os *trade-offs* de cada alternativa, a partir dos benefícios e investimentos calculados;

3 FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

Este capítulo apresenta temas vinculados a esta dissertação de mestrado, especialmente aspectos relativos ao Enquadramento dos corpos d'água, e a sua interface com outros instrumentos de gestão, aos benefícios sociais e econômicos associados à evolução do saneamento básico e, por fim, conceitos de economia e finanças, que subsidiaram a condução deste trabalho.

3.1 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

3.1.1 Aspectos conceituais e legais do Enquadramento

O Enquadramento dos corpos d'água é um dos instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei 9433/1997, e, de acordo com a Resolução Conama 357/2005, expressa metas finais ou o objetivo de qualidade da água (classe) a ser alcançada ou mantido, em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

De acordo com a Resolução Conama 357/2005, o Enquadramento não deve estar baseado, necessariamente, no estado atual da qualidade da água, mas nos níveis de qualidade que o corpo hídrico deve possuir para atender as necessidades e os usos da água desejados pela sociedade.

A Resolução CNRH 91/2008, por sua vez, estabelece os procedimentos gerais para o Enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. De acordo com o artigo 3º desta resolução, a proposta de Enquadramento deve ser desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante a sua elaboração, devendo conter o diagnóstico e o prognóstico da bacia, propostas de metas relativas às alternativas de Enquadramento e um programa para efetivação. A Figura 3.1 apresenta as etapas que devem ser seguidas para implementação do Enquadramento.

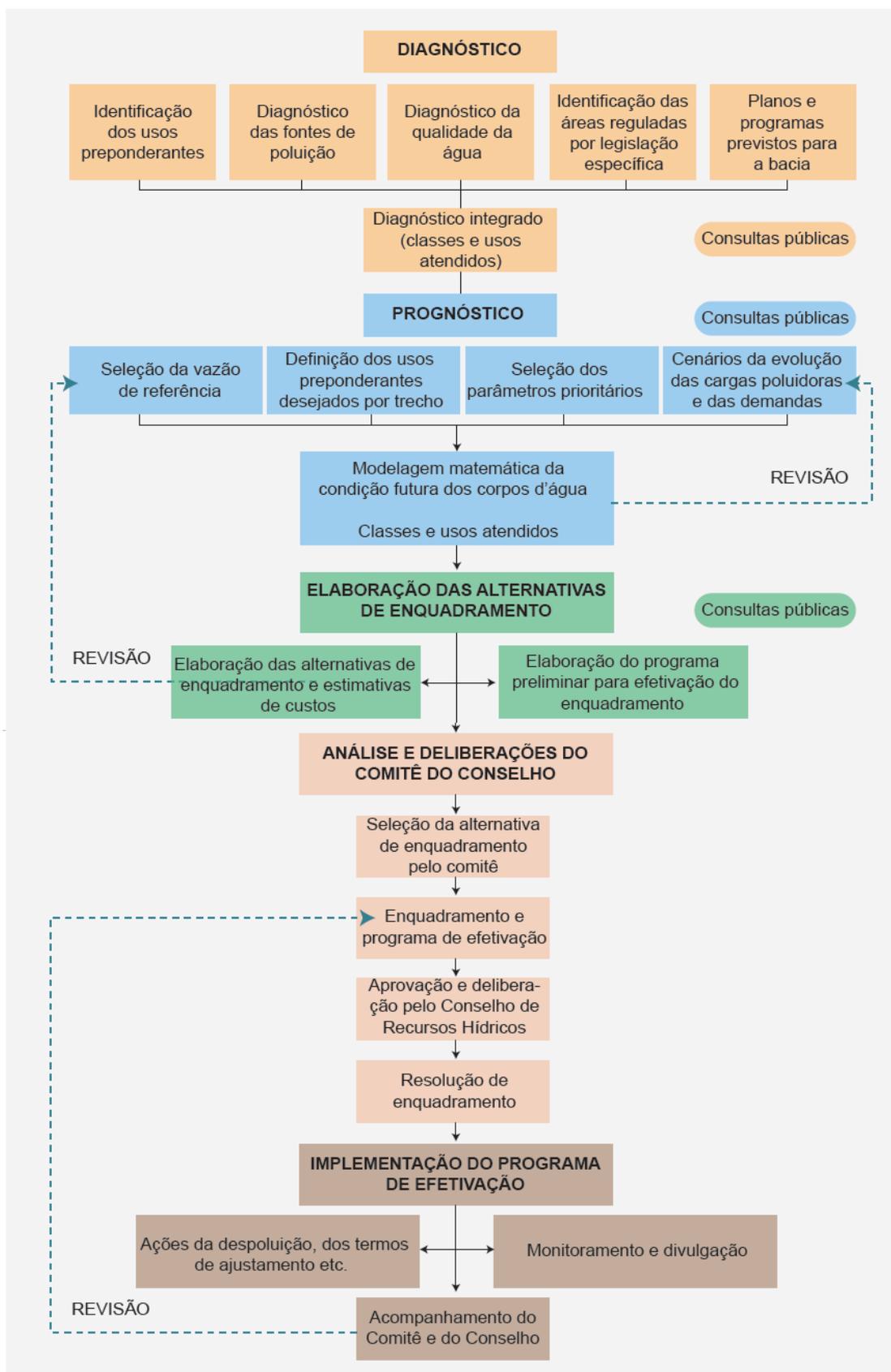


Figura 3.1 – Etapas para implementação do Enquadramento

Fonte: ANA, 2009.

Conforme evidencia a Figura 3.1, a definição do Enquadramento é feita por meio de um processo participativo, que envolve consultas públicas com os usuários da bacia, pois o instrumento deve traduzir os anseios dos usuários no que tange os usos atuais ou pretendidos dos recursos hídricos. A discussão e a aprovação da proposta de Enquadramento dos corpos d'água é uma atribuição do comitê de bacia, e sua deliberação é atribuição dos conselhos de recursos hídricos. Este processo deve levar em conta os usos desejados para o corpo d'água, sua condição atual e a viabilidade técnica e os custos necessários para o alcance dos padrões de qualidade estabelecidos pelo Enquadramento (ANA, 2013). É importante mencionar que o enquadramento dos corpos hídricos paulistas, onde está inserida a bacia do Rio Jundiáí, foi estabelecido pelo Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977, anterior à Resolução Conama 357/2005 e à Resolução CNRH 91/2008.

Conforme menciona Brites (2010), os usuários da bacia hidrográfica devem estar cientes que quanto mais restritiva a qualidade da água para atender aos usos, maiores serão os custos necessários para tratar as cargas poluidoras e maior será o reflexo em um outro instrumento de gestão (esse de gestão ambiental) que é o licenciamento. O licenciamento de atividades envolvendo lançamentos em corpos d'água enquadrados em classe mais restritivas irá exigir tecnologias de controle, monitoramento e tratamento mais elaboradas, e de maior custo, o que pode eventualmente inviabilizar algumas atividades.

De acordo com a MPF (2016), o Enquadramento é um instrumento de planejamento, que envolve um processo contínuo, com avaliações periódicas, por meio do monitoramento da qualidade das águas e revisão dos Planos de Bacias Hidrográficas. Desta forma, alterações na qualidade da água podem levar à inclusão de novos parâmetros, bem como alterações na classe de Enquadramento.

3.1.1.1 *Classes de qualidade da água e metas intermediárias*

A Resolução CONAMA 357/2005, em seu Art. 2º, define classe de qualidade como o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros, estabelecendo a classificação dos corpos hídricos superficiais e as diretrizes para seu Enquadramento. As águas doces superficiais possuem cinco classes de uso, classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, em que são atribuídos usos específicos, em níveis de exigência decrescentes, sendo a classe especial a mais restritiva, e a

classe 4, menos. A Figura 3.2 apresenta os usos da água de acordo com as classes, conforme o Art. 4º da Resolução CONAMA 357/2005.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS			Mandatório em Terras Indígenas			
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO						
AQUICULTURA						
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO						
PESCA						
IRRIGAÇÃO			Hortalças consumidas cruas ou frutas ingeridas com película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS						
NAVEGAÇÃO						
HARMONIA PAISAGÍSTICA						

Figura 3.2 - Classes de Enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces

Fonte: ANA (2013).

A Resolução CONAMA 357/2005 e a Resolução CNRH 91/2008, Art. 6º, não exigem que para a definição do Enquadramento sejam cumpridos todos os parâmetros. Por isso, em cada bacia hidrográfica devem ser selecionados os parâmetros que sinalizam os principais problemas dos corpos hídricos, e que estes sejam representativos dos impactos e que afetam os usos pretendidos.

Os parâmetros selecionados servirão como base para as ações prioritárias de prevenção, controle e recuperação da qualidade da água na bacia, em consonância com as metas progressivas. Em especial, o uso das águas para abastecimento público faz com que os parâmetros selecionados garantam o seu monitoramento para que a água não ofereça riscos à saúde do consumidor (MPF, 2016).

Conforme a Resolução CNRH 91/2008, artigo 6º, as propostas de metas relativas às alternativas de Enquadramento deverão ser elaboradas com vistas ao alcance ou manutenção das classes de qualidade de água em conformidade com cenários de curto, médio e longo prazos.

O parágrafo primeiro menciona que as propostas de metas deverão ser elaboradas em função de um conjunto de parâmetros de qualidade da água e das vazões de referência. Os parágrafos 3º e 4º, afirmam que as metas deverão ser apresentadas por meio de quadro comparativo entre as condições atuais e aquelas necessárias para o atendimento do Enquadramento, e que o quadro deve trazer uma estimativa de custo para a implementação das ações de gestão, incluindo planos de investimentos e instrumentos de compromisso.

Quando a qualidade dos corpos de água da bacia estiver em desacordo com os usos pretendidos, deverão ser propostas metas de qualidade de água obrigatórias intermediárias e finais para a efetivação do Enquadramento. Para cada meta intermediária, deverão ser estabelecidos os níveis desejados para cada parâmetro de qualidade da água, em um valor interposto entre a condição atual e a meta final estabelecida pela própria classe de Enquadramento (ANA, 2009).

De acordo com Brites (2010), as metas orientam as etapas para o alcance dos objetivos de qualidade, focalizando os problemas de poluição a serem solucionados. Portanto, as mesmas devem ser exequíveis física e financeiramente e cumpridas de médio a longo prazo. A previsão legal das metas intermediárias é fundamental para possibilitar a recuperação dos corpos hídricos com um planejamento estratégico pois sem as mesmas, o corpo hídrico teria que atingir a classe de forma imediata. A Figura 3.3 ilustra esquematicamente a situação atual da qualidade da água até alcançar o Enquadramento, passando pelas metas intermediárias, nos tempos t_1 e t_2 . As setas MC1, MC2 e MC3 representam o conjunto de medidas, e investimentos, que deverão ser implementados para que sejam alcançadas as metas intermediárias e final para o Enquadramento.

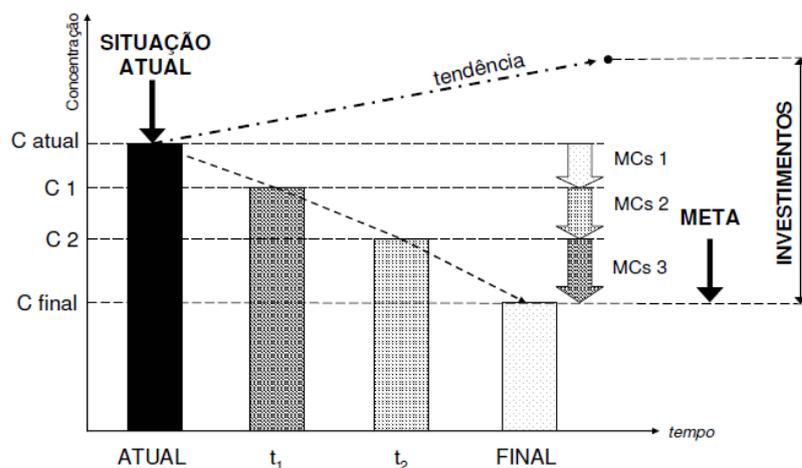


Figura 3.3 - Metas intermediárias para o Enquadramento

Com a determinação das metas final e intermediárias, deverá ser elaborado um Programa para Efetivação do Enquadramento, a ser aprovado pelo respectivo Comitê, onde estarão contempladas as metas intermediárias progressivas de qualidade da água, associadas a um cronograma de medidas e ações necessárias (ANA, 2007), conforme detalha o item a seguir.

3.1.1.2 *Programa para Efetivação do Enquadramento*

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o Programa para Efetivação do Enquadramento é o conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o Enquadramento do corpo hídrico. O alcance ou manutenção das condições e dos padrões de qualidade, determinados pelas classes em que o corpo de água for enquadrado, deve ser viabilizado por um programa para efetivação do Enquadramento.

A Resolução CNRH de 91/2008, em seu artigo 7º, diz que o Programa para Efetivação do Enquadramento deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e instrumentos de compromisso. De acordo com ANA (2009), devem ser estimados os custos das ações para implantação das metas progressivas e da efetivação do Enquadramento dos corpos d'água. Essa estimativa é essencial para que se possa priorizar as alternativas de investimentos em ações de despoluição, já que as obras de saneamento são relativamente onerosas e os recursos geralmente não são suficientes para atendimento de todas as ações necessárias.

A estimativa de custos deve incluir os investimentos na implantação de todo o sistema de esgotamento sanitário: rede coletora, coletores-tronco, interceptores, emissários, estações de recalque e estações de tratamento. O Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES) (ANA, 2018) dispõe de valores de referência de custos unitários de ETE, calculados com base nos padrões de eficiência de remoção de poluentes e na população atendida. O trabalho de Brites (2010), por sua vez, apresenta uma série de curvas de custo que podem subsidiar a estimativa dos custos de investimentos em medidas de despoluição hídrica, assim como Von Sperling (2014) e Consórcio Profill-Rhama (2019).

Conforme mencionado em ANA (2009), a recuperação da qualidade de corpo d'água pode envolver custos elevados, no entanto, os benefícios econômicos, sociais e ambientais também são expressivos, mas geralmente não são estimados, tornado mais difícil o alcance do objetivo

de qualidade da água, em função dos elevados custos e da não visualização dos benefícios obtidos em decorrência dos investimentos.

É importante mencionar que a Resolução CNRH 12/2000, que foi revogada pela Resolução CNRH 91/2008, no seu art. 7º, menciona que na elaboração da proposta de Enquadramento, devem ser avaliados os benefícios socioeconômicos e ambientais dos cenários estudados, bem como os custos e prazos decorrentes.

Observa-se que, a necessidade de apresentação dos benefícios econômicos junto da estimativa dos investimentos não está mais presente na Resolução CNRH 91/2008, o que pode desincentivar o estudo dos benefícios junto das estratégias de Enquadramento. A seguir é apresentada a articulação do Enquadramento com outros instrumentos de gestão de recursos hídricos, ambientais e de saneamento, evidenciando a sua importância junto dos demais instrumentos de gestão.

3.1.2 Relação com os outros instrumentos de gestão

A importância do Enquadramento é fortalecida pela sua relação com os demais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/1981) e da Política Nacional do Saneamento Básico (Lei Nº. 11.445/2007). As metas de qualidade das águas, ao definirem objetivos comuns para todos os atores, são as grandes articuladoras na gestão das águas.

Sua elaboração e implementação, aliada a um Programa de Efetivação, potencializa e articula todos os demais instrumentos de gestão, incluindo, Outorga de uso de recursos hídricos, Cobrança, o Sistema de Informação, Planos de Recursos Hídricos, Planos de Saneamento, a licença ambiental, Planos Diretores, Zoneamentos e áreas de recuperação e preservação ambiental, bem como realizações físicas de controle de poluição (MPF, 2016). O Quadro 3.1 apresenta a articulação do Enquadramento com outros instrumentos de gestão e as leis que fazem esta articulação.

Quadro 3.1 - Articulação com o Enquadramento

Instrumento	Articulação com o Enquadramento	Previsão Legal
Sistema de Informação de Recursos Hídricos	Reúne, dá consistência e divulga dados e informações de qualidade e quantidade de água para as metas. As metas definem diretrizes para os procedimentos do Sistema de Informação.	Arts. 25 a 27 da Lei 9433/1997

Instrumento	Articulação com o Enquadramento	Previsão Legal
Planos de Recursos Hídricos	Faz parte do conteúdo do Plano de Recursos Hídricos as metas e as medidas, programas e projetos necessários para seu alcance, incluindo o Programa de Efetivação do Enquadramento.	Art. 7, IV e V da Lei 9433/97 Art. 3 da Res. CNRH 91/2008
Outorga de uso dos recursos hídricos	A outorga visa assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e garantir os usos múltiplos definidos pela meta. As metas intermediárias e finais definem diretrizes obrigatórias para outorga, incluindo limites progressivos para cada parâmetro de qualidade de água e condições de uso.	Art. 11, 13 da Lei 9433/1997 Art. 9 da Res. CNRH 91/2008 Arts. 1 e 2 da Res. CNRH 65/2006
Cobrança pelo uso d'água	As metas intermediárias e finais definem diretrizes para a cobrança e para os investimentos de seus recursos. Além disso, é possível variar o PPU (Preço Público Unitário), ou a fórmula de cobrança, conforme a classe que o rio estiver enquadrado.	Art. 19 a 22, da Lei 9433/1997
Unidades de Conservação e Zoneamento	As metas definem diretrizes obrigatórias para o zoneamento e áreas sujeitas à restrição de uso para a proteção dos recursos hídricos	Art. 7, X da Lei 9433/1997 Art. 4, VIII da Lei 9985/2000 Art. 14, II do Decreto 4.297/2002
Área de Preservação Permanente e Reserva Legal	As metas definem diretrizes obrigatórias para a conservação e recuperação de áreas de preservação permanente e reserva legal, incluindo limites à intervenção e supressão de vegetação nas áreas de preservação e critérios para a localização da Reserva Legal.	Arts. 4, § 5º, § 6º, II, Arts. 8, 14, I Art. 61A § 17º da Lei 12.651/2012
Planos Diretores Municipais/ordenação e controle do uso do solo	As metas e Programas de Efetivação definem objetivos de qualidade e diretrizes obrigatórias para os Planos Diretores Municipais visando a proteção, recuperação e conservação dos recursos hídricos.	Arts. 2, IV e VI “g” da Lei 10.257/2001
Plano de Saneamento	As metas definem diretrizes obrigatórias para o plano de saneamento, captação de água para abastecimento e para a qualidade dos efluentes das estações de tratamento atingirem progressivamente o Enquadramento.	Art. 44 da Lei 11.445/2007 Art. 4 da Res. CONAMA 357/2005 Seção III da Res. CONAMA 430/2011
Licença Ambiental	As metas e os padrões de lançamento, definem diretrizes obrigatórias para as licenças de lançamento e para os Planos Ambientais de Conservação e Uso dos Reservatórios Artificiais exigidos no âmbito do licenciamento para as empresas de abastecimento.	Art. 9, IV da Lei 6938/1981 Res. CONAMA 430/2011 e 357/1997 Arts. 2, II e 4 da Res. CONAMA 302/2002 Art. 5 da Lei 12.651/2012

Fonte: MPF (2016)

A relação do Enquadramento com o Plano de Bacias é bastante próxima, pois a sua proposição está vinculada aos resultados da qualidade da água e simulações realizadas no Plano de Bacias. Já a outorga se relaciona com o Enquadramento pois a mesma deve respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, desta forma, a avaliação dos pedidos de outorga, de captação de água ou de lançamento de efluentes, deverão considerar as condições de qualidade estabelecidas pela classe que o rio estiver enquadrado.

A relação entre o Enquadramento e a cobrança pelo uso de recursos hídricos se estabelece direta e indiretamente (ANA, 2007). Indiretamente, quando serão cobrados os usos sujeitos a outorga (que deve considerar as classes de Enquadramento), e quando os recursos da cobrança são aplicados em obras que melhorem a qualidade da água. Diretamente, quando a fórmula da cobrança leva em consideração a classe que o rio estiver enquadrado.

De acordo com ANA (2007), o Enquadramento também é um instrumento de convergência entre as Políticas de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos, pois tem repercussão operacional sobre os órgãos do SISNAMA e SINGREH, e sua normatização compete ao CONAMA e ao CNRH, bem como aos conselhos ambientais e de recursos hídricos em âmbito estadual.

A integração entre os órgãos de recursos hídricos e ambiental pode ser visualizada entre os instrumentos de Enquadramento e licenciamento, onde ambos visam o disciplinamento legal do uso do bem comum (BRITES, 2010).

De acordo com o art. 38, § 3º da Resolução 357/2005, as ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final, aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

O Enquadramento também pode ser considerado um mecanismo de controle do uso e ocupação do solo, uma vez que restringe a instalação de empreendimentos que acarretem alterações na qualidade da água incompatíveis com a classe do Enquadramento (BRITES, 2010).

Observadas as relações intrínsecas à gestão de recursos hídricos e seus impactos na gestão do território, especialmente, no caso do Enquadramento, como instrumento definidor de restrições, vulnerabilidades e potencialidades, associados a objetivos pré-acordados nas metas, é notável

a importância de discutir os *trade-offs* acerca desse instrumento e gerar subsídios técnicos de apoio a gestão. O conceito de trade-off é discutido no item 3.1.2.

O item a seguir apresenta um resumo das principais informações associadas ao processo de despoluição do rio Jundiaí, que resultaram no seu reenquadramento e os benefícios ambientais e sociais observados em função dos investimentos em saneamento realizados na bacia, visando aproximar as temáticas até então apresentadas à área de estudo.

3.2 O PROCESSO DE DESPOLUIÇÃO DO RIO JUNDIAÍ E O SEU REENQUADRAMENTO

Os problemas históricos relacionados a degradação do Rio Jundiaí estão associados ao lançamento de efluentes industriais e domésticos no seu leito e a baixa disponibilidade hídrica da bacia, e a sua consequente, baixa capacidade de diluição. A fim de reverter a situação de escassez quali-quantitativa da Bacia do Rio Jundiaí, o Governo do Estado de São Paulo, por meio da CETESB, indústrias e operadores de saneamento, iniciaram um processo de despoluição, que resultou no seu reenquadramento para uma classe de melhor qualidade, após mais de 30 anos de planejamento e investimentos (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2016).

O programa de despoluição do Rio Jundiaí foi iniciado em 1985, com a participação do Governo do Estado de São Paulo, município de Jundiaí e indústrias locais com o objetivo de auxiliar na despoluição do Rio Tietê (INSTITUTO TRATA BRASIL, [s.d.]). Sendo a bacia do rio Jundiaí parte da bacia do Rio Tietê, os objetivos da despoluição foram:

- Trazer ao município de Jundiaí condições de desenvolvimento sustentável;
- Reduzir significativamente os impactos causados pelas cargas orgânicas geradas nas fontes industriais e domiciliares (consideradas cargas difusas);
- Revitalizar o rio Jundiaí;
- Revitalizar, conseqüentemente, o rio Tietê;
- Cumprir com o importante papel de velar pela qualidade de vida e recuperação de ambientes degradados;
- Interceptar lançamentos de esgotos para serem tratados na Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí (ETEJ);

O cumprimento dos objetivos de despoluição do Rio Jundiaí foi iniciado com o Comitê de Estudos e Recuperação do Rio Jundiaí (CERJU), uma iniciativa do Governo do Estado, Prefeitura Municipal, DAE, Cetesb e indústrias, em 1984. Em CETESB (1984) são apresentadas as motivações e a estratégia de atuação, iniciada com um “Protocolo de Intenções”, firmado por representantes dos municípios de Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba, Salto e CETESB.

O documento apresenta um diagnóstico da situação atual em termos de fontes de poluição, alternativas técnicas e projetos de ETEs em todos os municípios, para solução do problema por meio do tratamento de esgotos industriais e domésticos, uma estimativa dos recursos necessários e fontes de recursos financeiros, bem como considerações de ordem institucional, como ajustes e convênios entre municípios.

De acordo com CETESB (1984), o plano de recuperação da qualidade da água da bacia do rio Jundiaí tem como benefícios a melhoria da qualidade da população ribeirinha, o aumento da disponibilidade de água para uso industrial e agrícola, removendo obstáculos de desenvolvimento econômico e social, garantia de suprimento de água bruta para sistemas de abastecimento público com qualidade e quantidade satisfatórias, possibilitando redução dos custos de tratamento e exemplo pioneiro de participação conjunta de municípios para solução de um problema comum.

A participação efetiva dos integrantes do convênio foi garantida por meio da formação de subcomitês do CERJU, com reuniões periódicas permitiram o desenvolvimento do programa e o acompanhamento das obras previstas no projeto (INSTITUTO TRATA BRASIL, [s.d.]).

3.2.1 O reenquadramento do Rio Jundiaí

O processo de Enquadramento realizado para o Rio Jundiaí, na década de setenta, resultou, na sua maior parte, no seu Enquadramento em Classe 4. O Plano PCJ 2010 a 2020, aprovado pela Deliberação dos Comitês PCJ nº 097/10, de 09/12/2010 propôs, por sua vez, a alteração de Classe 4 para Classe 3.

No ano de 2014, com a publicação da Deliberação CRH/SP nº 162/2014, foi referendada a proposta de alteração da classe do trecho do rio Jundiaí situado entre a foz do Ribeirão São José e a foz do Córrego Barnabé, aprovada pelos Comitês PCJ através da Deliberação dos Comitês PCJ nº 206/14, de 08/08/2014.

As considerações da Deliberação dos Comitês PCJ nº 206/14 apontam a necessidade do município de Indaiatuba garantir o abastecimento público do município no contexto da crise hídrica, vivenciada nas Bacias PCJ no ano de 2014, e a qualidade da água compatível com classe 3, no trecho do município de Indaiatuba até a foz do córrego Barnabé, com base na Informação Técnica nº 062/14/CJJ, fornecida pela Cetesb. A seguir são transcritas as considerações da Deliberação dos Comitês PCJ nº 206/14:

Considerando os termos o Ofício G.P./263, datado de 05/08/2014, do prefeito de Indaiatuba, por meio do qual é solicitado o reenquadramento do rio Jundiaí, em trecho no qual pretende instalar captação de água bruta para o abastecimento de Indaiatuba, apresentando, anexo, o Ofício 565/14, datado de 06/08/2014, da CETESB – Agência Ambiental de Jundiaí, o qual, por sua vez, encaminhou ao SAAE de Indaiatuba a Informação Técnica nº 062/14/CJJ, que trata de “informações sobre a qualidade das águas do rio Jundiaí, como subsídio para o reenquadramento da classe 4 para a classe 3”, concluindo sobre a viabilidade técnica de uso das águas do rio Jundiaí, para abastecimento público após tratamento adequado, no seu trecho no município de Indaiatuba até a foz do córrego Barnabé;

Considerando a excepcionalidade do período de estiagem que ocorre nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ), obrigando os usuários de recursos hídricos, destacadamente os serviços de saneamento dos municípios, a buscarem alternativas para a manutenção do abastecimento de água às populações;

Apesar do reenquadramento do trecho da foz do ribeirão São José e a foz do córrego Barnabé, em Indaiatuba, de Classe 4 para a Classe 3, até o ano de 2017, a maior parte do rio permanecia enquadrada em Classe 4. Somente no ano de 2017, a Deliberação CRH/SP 202/2017 aprovou o reenquadramento do último trecho Enquadrado em Classe 4 para Classe 3.

Esta Deliberação referenda a proposta de alteração de classe do Rio Jundiaí de Classe 4 para Classe 3 - Deliberação dos Comitês PCJ nº 261/16, de 16/12/2016, indica a necessidade de efetivar o Enquadramento para DBO e OD até 2020, e de efetivar o Enquadramento para Fosforo Total, Nitrogênio amoniacal e Coliformes Termotolerantes até 2035, com metas intermediárias para 2020, 2025, 2030 e 2035.

O reenquadramento do Rio Jundiaí para classe 3 criou condições legais para a captação para o abastecimento humano no rio (após tratamento avançado), fornecendo maior segurança hídrica para os municípios da bacia.

3.2.2 Os benefícios do reenquadramento do Rio Jundiaí

A seguir são apresentadas informações extraídas, em sua maioria, de artigos de jornais municipais, que apresentam os benefícios do reenquadramento, sob a perspectiva das prefeituras municipais e companhias de saneamento. A maior parte dos extratos apontam a segurança hídrica fornecida pelo Rio Jundiaí, como o maior benefício do reenquadramento.

De acordo com Consórcio PCJ (2017), a melhora na qualidade do Rio Jundiaí, permitiu, em 2014, no contexto da crise hídrica, a instalação de uma captação de água bruta no trecho reenquadrado do manancial para o município de Indaiatuba, beneficiando também o município de Itupeva.

De acordo com Itupeva (2014), a despoluição do Rio Jundiaí trouxe benefícios para a cidade de Itupeva em função da melhora no ambiente, da possibilidade de uso da água para irrigação e para a pesca, considerando a volta gradual dos peixes ao rio. De acordo com a Deliberação CRH-SP 162/2014, durante as discussões sobre o reenquadramento do rio Jundiaí foi mencionado que a mudança da classe do rio Jundiaí beneficiaria a SABESP, pois permitiria a captação de água para o reforço do abastecimento de Itupeva.

De acordo com Várzea Paulista (2017) a inauguração da captação de água bruta no município de Várzea Paulista, em 2017, é uma obra de grande valor simbólico, em função dos investimentos em coleta e tratamento de esgotos, que possibilitaram a recuperação do Rio Jundiaí, que, durante muitos anos foi poluído. A Estação de Captação de Água do Rio Jundiaí possui outorga para captar 100 L/s, para o atendimento de mais de 117 mil habitantes (CONSÓRCIO PCJ, 2017).

De acordo com SAAESALTO (2019), a despoluição da bacia do Rio Jundiaí possibilitou o uso do rio para o abastecimento. A companhia de saneamento pondera que o rio Jundiaí pode garantir água para salto até 2040, e tem previsão para usar a água próxima ao trecho onde o Piráí deságua no Jundiaí.

O item a seguir apresenta estudos que estimam os benefícios do saneamento básico, que estão diretamente relacionados com a melhora da qualidade da água. Também são apresentadas informações sobre o reúso de efluentes, que possui potencial de aproveitamento em locais com escassez hídrica, com possibilidades de ganhos financeiros, tornando este um possível benefício do tratamento de esgotos.

3.3 BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS ASSOCIADOS AOS INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO BÁSICO

Este item apresenta um levantamento dos principais benefícios econômicos e sociais, diretos e indiretos, associados aos investimentos em saneamento básico, que são vinculados ao tema abordado neste estudo. Inicialmente, são apresentados os benefícios econômicos e sociais do saneamento, que incluem especialmente benefícios na qualidade de vida da população e na movimentação da economia.

É feita também uma revisão sobre aspectos relacionados ao reúso de água, devido à sua importância como potencial aumento de receitas das companhias de saneamento, proveniente da venda da água de reúso e também dos ganhos ambientais e de qualidade da água dos corpos d'água, em função da melhor qualidade do efluente lançado pelas Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs).

Por fim, são apresentados os impactos causados pela poluição dos corpos d'água na operação das Estações de Tratamento de Água (ETAs), com maior enfoque à mananciais contendo elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal. Esta análise é importante pois o tratamento de esgotos é um importante aliado na redução dos custos do tratamento de água impactadas pelo lançamento de esgotos e pelo reúso indireto (DANTAS et al., 2017).

3.3.1 Benefícios Econômicos e Sociais do Saneamento Básico

A importância do abastecimento de água e do esgotamento sanitário para a qualidade de vida, saúde pública e meio ambiente é amplamente conhecida. Uma série de estudos revelam a associação entre a ausência de saneamento e altos índices de internações hospitalares, proliferação de doenças de veiculação hídrica e elevadas taxas de mortalidade, principalmente infantil (ANA, 2019). Por isso, investimentos em saneamento básico se refletem diretamente na melhoria das condições de saúde pública, reduzindo a incidência de doenças e resultando em benefícios econômicos, ambientais e sociais positivos (OECD, 2011).

O acesso à saneamento básico reduz os riscos de doenças e aumenta tempo para educação, atividades produtivas, e aumenta a produtividade nas atividades laborais (OECD, 2011). De acordo com o estudo de Ex Ante Consultoria Econômica (2018) a situação do saneamento possui reflexo nos indicadores de saúde, evidenciando que a taxa de mortalidade infantil

(mortos por 1.000 nascidos vivos com menos de 5 anos de idade) está diretamente relacionada a acesso aos serviços de esgotamento sanitário e também na longevidade da população.

De acordo com Hutton e Haller (2004) apud Jouravlev (2004), os benefícios de uma expansão da cobertura de abastecimento de água e esgoto variam entre US \$ 2,2 e 69,2 bilhões por ano, dependendo da escala de investimento e das soluções tecnológicas adotadas, com uma rentabilidade estimada de 5 a 20 dólares para cada dólar investido. De acordo com o autor, esses benefícios potenciais representam o custo de oportunidade de não melhorar o acesso ao abastecimento de água potável e saneamento.

Diversos estudos desenvolvidos pelo Instituto Trata Brasil estimaram os benefícios associados à expansão do saneamento básico no Brasil, na Região Metropolitana de São Paulo e no Estado de São Paulo e em outras áreas de abrangência (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2010; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017a. INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017b; EX ANTE CONSULTORIA ECONÔMICA (2018).

De acordo com Instituto Trata Brasil (2016), o primeiro tipo de benefício econômico que se verifica com uma atividade econômica, a exemplo da expansão do saneamento básico, é o da geração de emprego, renda e impostos. Além desses efeitos, há os ganhos econômicos externos (externalidades positivas), que não são diretamente perceptíveis, como a sensação de bem-estar, que surge com a redução das despesas de saúde pública ou com a valorização imobiliária de áreas degradadas pela falta de saneamento.

Ex Ante Consultoria Econômica (2018) estimou os custos e benefícios da expansão do saneamento no Brasil entre 2004 a 2016, a partir de informações do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), do Ministério das Cidades, e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2004 a 2016, do IBGE, Pesquisa Nacional de Saúde, a Pesquisa Anual da Indústria da Construção, Pesquisa Anual dos Serviços, Contas Nacionais Consolidadas e DATASUS. O estudo também comparou os investimentos necessários para universalização do saneamento até 2036 e projetou os benefícios. O estudo evidenciou que os aumentos no atendimento de água e esgoto traz ganhos econômicos e sociais nos setores da saúde, educação, produtividade, turismo e valorização imobiliária, resumidos no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Benefícios da expansão do saneamento de 2004 a 2016

Benefício	Detalhamento
<i>Redução dos custos com saúde</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 2004 e 2016 o custo da sociedade brasileira com horas pagas e não trabalhadas em razão do afastamento por diarreia ou vômito caiu R\$ 75,661 milhões; • Redução das despesas com internações por infecções gastrointestinais na rede hospitalar do SUS, sendo que os gastos passaram de R\$ 201,7 milhões em 2004 para R\$ 101,5 milhões em 2016, gerando economia de cerca de R\$ 100 milhões; • O valor presente da melhoria das condições de saúde da população brasileira entre 2004 e 2016 foi de R\$ 1,737 bilhão, que resultou num ganho anual de R\$ 134 milhões.
<i>Aumento da produtividade</i>	<ul style="list-style-type: none"> • O valor presente do aumento de renda do trabalho com a expansão do saneamento entre 2004 e 2016 foi de R\$ 33,551 bilhões, que resultou num ganho anual de R\$ 2,581 bilhões.
<i>Valorização imobiliária</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ganho de R\$ 4,494 bilhões por ano no país, sendo o ganho a valor presente de R\$ 58,421 bilhões entre 2004 e 2016.
<i>Expansão do Turismo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Estimam-se ganhos de renda do turismo no Brasil devidos à dinâmica do saneamento no período de R\$ 633 milhões por ano; • No acumulado do período de 2004 a 2016, o valor presente dos ganhos no turismo atingiu R\$ 8,232 bilhões no país.
<i>Renda gerada pelo investimento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de empregos e renda na cadeia produtiva da construção civil. • 2004 e 2016, o valor presente dos investimentos em saneamento alcançaram R\$ 223,153 bilhões no Brasil. A renda direta, indireta e induzida gerada por esses investimentos somou R\$ 275,665 bilhões. Assim, os excedentes de renda gerada pelos investimentos foram de R\$ 52,512 bilhões no período.
<i>Renda das Operações</i>	<ul style="list-style-type: none"> • As operações de saneamento geram empregos e renda na cadeia produtiva do setor de água e esgoto. O aumento de renda é resultado do aumento das receitas do setor que deve ser subtraída do custo das operações que foi arcado pelas famílias para se ter uma estimativa direta dos benefícios líquidos das operações de saneamento; • Entre 2004 e 2016, o valor presente do incremento de renda nas operações de saneamento alcançou R\$ 187,967 bilhões no Brasil. O valor presente do aumento de despesas das famílias com essas operações somou R\$ 166,035 bilhões; • O excedente de renda gerada pela ampliação das receitas da operação de saneamento foi de R\$ 21,932 bilhões;
<i>Impostos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Valor da arrecadação de impostos sobre consumo e produção nas atividades da construção e na operação do sistema de saneamento; • Com base nas cargas tributárias estima-se que a arrecadação de impostos sobre consumo e produção alcançou R\$ 25,160 bilhões no período de 2004 a 2016. Esse valor ajudou a compensar os custos da sociedade brasileira com a expansão dos serviços de saneamento.

Fonte: Elaborado pela autora com base em Ex Ante Consultoria Econômica (2018)

A Figura 3.4 apresenta os custos dos investimentos em saneamento e os benefícios no período de 2004 a 2016, e também da universalização até 2036, de acordo com Ex Ante Consultoria Econômica (2018).

Custos e benefícios da expansão do saneamento no Brasil, 2004 a 2016.			Universalização da água e esgoto até 2036		
Custos e benefícios	em R\$ Bilhões*		Custos e benefícios	em R\$ Bilhões*	
	por ano	2004-2016		por ano	2016-2036
Redução dos custos com a saúde	0,134	1,737	Redução dos custos com a saúde	0,297	5,949
Aumento da produtividade do trabalho	2,581	33,551	Aumento da produtividade do trabalho	9,519	190,374
Renda da valorização imobiliária	4,494	58,421	Renda da valorização imobiliária	22,373	447,457
Renda do turismo	0,633	8,232	Renda do turismo	2,143	42,860
Subtotal externalidades (A)	7,842	101,941	Subtotal externalidades (A)	34,332	686,641
Renda gerada pelo investimento	21,205	275,665	Renda gerada pelo investimento	15,097	301,933
Renda gerada pelo aumento de operação	14,459	187,967	Renda gerada pelo aumento de operação	24,496	489,920
Impostos ligados à produção**	1,935	25,160	Impostos ligados à produção**	2,141	42,825
Subtotal de renda (B)	37,599	488,791	Subtotal de renda (B)	41,734	834,679
Total de benefícios (C=A+B)	45,441	590,732	Total de benefícios (C=A+B)	76,066	1.521,319
Custo do investimento	-17,166	-223,153	Custo do investimento	-12,063	-241,269
Aumento de despesas das famílias	-12,772	-166,035	Aumento de despesas das famílias	-7,716	-154,314
Total de custos (D)	-29,938	-389,188	Total de custos (D)	-19,779	-395,582
Balanco (E=C+D)	15,503	201,544	Balanco (E=C+D)	56,287	1.125,737

Figura 3.4 – Custos e benefícios da expansão do saneamento no Brasil, de 2004 a 2016, e da universalização até 2036.

Fonte: Ex Ante Consultoria Econômica (2018)

Considerando os investimentos necessários para a universalização do abastecimento coleta e o tratamento no Brasil (Figura 3.4) a partir do custo médio nacional, serão necessários, até 2036, R\$ 443,5 bilhões (R\$ 241,3 bilhões no valor presente). Em duas décadas, descontando os custos da universalização, os ganhos econômicos e sociais alcançariam R\$ 1,125 trilhões (EX ANTE CONSULTORIA ECONÔMICA, 2018).

Os benefícios estimados para universalização, apontam para redução dos custos com saúde (R\$ 5,494 bi, em 20 anos), aumento da produtividade do trabalho (R\$ 190,374 bi, em 20 anos), aumento da renda devido à valorização imobiliária (R\$ 447,457 bi, em 20 anos), e aumento da renda do turismo (R\$ 42,860 bi, em 20 anos). Além disso, há a renda gerada pelos investimentos (R\$ 301,933 bi, em 20 anos, a renda gerada pela expansão das receitas (R\$ 489,920 bi, em 20 anos) e os impostos sobre consumo e produção arrecadados nessas duas atividades (R\$ 42,825 bi, em 20 anos).

O trabalho de Nocko et al (2017) apresenta subsídios à valoração dos benefícios dos serviços de saneamento, considerando os serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos. De acordo com o estudo, os benefícios do tratamento de efluentes sanitários são menos óbvios aos indivíduos e mais difíceis de mensurar em termos monetários quando comparados aos serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos (Wolff, 2003). De acordo com OECD (2011), os benefícios do tratamento de efluentes ainda são insuficientemente documentados, resultando em baixa prioridade e baixos investimentos em sua infraestrutura.

Apesar da importância dos benefícios advindos da melhoria dos serviços de saneamento, a literatura é escassa com relação a valoração monetária destes (NOCKO et al., 2017). De acordo com o estudo, a valoração dos benefícios e sua análise comparativa com os custos de investimento são ferramentas de grande valor para a orientação de Políticas Públicas e seus programas e planos decorrentes, de forma a melhor alocar recursos para maximizar o bem-estar da população.

O trabalho de Marin et. al. (2007) apresentou uma metodologia para avaliação de benefícios econômicos associados à implementação de medidas de despoluição hídrica. Diferentemente dos estudos anteriormente mencionados, o benefício econômico foi quantificado em função da redução da concentração de poluentes do corpo d'água, considerando a importância relativa dos usos dos recursos hídricos e dos parâmetros de qualidade da água. A quantificação de benefícios de medidas de despoluição hídrica, proposta por Marin (2001) apud Marin et. al (2007), foi realizada por meio da avaliação direta de benefícios em grandezas de redução das concentrações de poluentes, sendo a medição das reduções de concentração de poluentes é realizada através de seções de controle situadas ao longo da bacia hidrográfica, que devem ser localizadas estrategicamente em função da vocação da bacia hidrográfica. De acordo com Marin et. al (2007), a ferramenta de tomada de decisões quanto à hierarquização de investimentos em despoluição hídrica, deve avaliar a redução da concentração de poluente dentro do contexto da importância relativa dos usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Os itens a seguir apresentam informações que foram utilizadas na concepção da estimativa dos benefícios diretos associados aos investimentos em tratamento de esgotos, sendo apresentadas informações sobre reúso de água e custos adicionais do tratamento de água associadas à mananciais poluídos.

3.3.2 Reúso de Água

A seguir são apresentadas informações sobre reúso de água, definições e formas de reúso da água, casos de destaque no Brasil e uma estimativa dos custos de implantação e dos benefícios associados ao reúso de água.

3.3.2.1 Definições e formas de reúso de água

A escassez de recursos hídricos em qualidade e quantidade adequadas e os crescentes conflitos pelo uso da água tornaram a conservação, o tratamento dos esgotos e o reúso da água componentes da gestão de recursos hídricos (Cetesb, 2018).

A tecnologia de reúso está entre as mais eficientes iniciativas para o consumo sustentável da água, resultando em grande economia de água bruta, que deixa de ser retirada dos mananciais, e maior disponibilidade de água tratada para o abastecimento da população (SABESP, 2018). De acordo com Hespanhol (2008), a qualidade da água utilizada no processo de reúso e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, bem como os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1973), o reúso pode ser classificado em três classes: reúso indireto, reúso direto e reciclagem interna. O primeiro ocorre quando a água já foi utilizada, por uso doméstico ou industrial, sendo descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas, e utilizada novamente, de forma diluída. A segunda classificação se refere ao uso planejado e deliberado de esgotos tratados para determinadas finalidades, como irrigação, industrial, potável e recarga de aquífero. Por fim, a reciclagem interna trata do reúso da água internamente em instalações industriais, visando a economia de água e o controle da poluição.

Um maior detalhamento dos tipos de reúso da água, que complementa a definição anterior é dada por Lavrador Filho (1987), citado por Brega e Mancuso (2003), conforme:

- *Reúso de água*: o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original;
- *Reúso indireto não planejado de água*: ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional ou controlada;
- *Reúso planejado de água*: ocorre quando o reúso é resultado de uma atividade humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reúso planejado pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda os padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água;

- *Reúso indireto planejado da água:* ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água superficiais e subterrâneos para serem utilizados a jusante, na sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum benefício;
- *Reúso direto planejado da água:* ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente do seu ponto de descarga até o local de reúso.

O reúso ainda pode ser classificado como reúso potável (direto e indireto) e reúso não potável. Dentre os usos não potáveis, destaca-se o reúso para fins agrícolas, industriais, recreacionais, manutenção de vazões naturais, aquicultura e recarga de aquíferos (BREGA & MANCUSO, 2003).

O documento “Diretrizes para o reúso da água”, produzido pela EPA (USEPA, 2012), aborda diversos aspectos referentes ao reúso de água, sendo que os tipos de reúso e as suas principais aplicações descritas a seguir:

- *Urbano:* usos não potáveis em áreas urbanas como irrigação de parques públicos e centros de recreação, jardins, campos de futebol, lavagem de veículos, janelas; águas de mistura para pesticidas, herbicidas e fertilizantes líquidos; controle de poeira, produção de concreto, águas de combate a incêndios; descargas sanitárias em banheiros comerciais e industriais;
- *Agrícola:* irrigação superficial ou por aspersão, inclusive consumidos cru; irrigação de jardins, pomares e vinhedos; alimentos para animais como pasto para animais de ordenha, alimento de animais, fibras e grãos;
- *Industrial:* água utilizada em sistemas de recirculação e resfriamento; água de alimentação de caldeira; água de processo industrial como indústria têxtil, química, petrolífera, de papel, mecânica, de cimento;
- *Recreação:* Pesca, navegação, outros usos de recreação;
- *Ambiental:* Banhados, pântanos, habitat de animais selvagens, aumento no fluxo de rios;
- Recarga gerenciada de aquíferos subterrâneos; e
- Aumento no suprimento de água potável: reúso potável direto e indireto.

3.3.2.2 *Reúso de água no Brasil: casos de destaque*

Diversos locais no Brasil estão implementando reúso de água em seus processos produtivos, apesar de ainda não haver diretrizes e normas claras para todos os tipos de reúso de água. Em São Paulo a Sabesp e a Sanasa (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento, de Campinas), destacam-se na produção de água de reúso, conforme apresenta-se a seguir.

A Sabesp iniciou a produção de água de reúso a partir de 1998, com a transformação da Estação de Tratamento de Esgotos convencional, ETE Jesus Netto, em uma estação para produção de água de reúso. Atualmente são produzidos, em média, 468 L/s para fornecimento externo ou uso interno da Sabesp nas estações Jesus Netto, Barueri e Parque Novo Mundo. De acordo com Sabesp (2015), o uso externo a que se destina a água é lavagem de ruas, pátios, monumentos, desobstrução de redes de esgotos, rega de jardins, entre outros. Em 2015, nessas quatro ETES, foram produzidos 1,8 milhão de m³ para esses fins.

Na ETE ABC existe o projeto Aquapolo, que tem capacidade de produzir 1,0 m³/s de água de reúso para o Polo Petroquímico de Capuava. O Projeto é uma parceria entre a Odebrecht Ambiental e a SABESP, que iniciou em 2012, e tem um contrato de 41 anos. A maior parte da água produzida é transportada por uma adutora de 17 km de extensão até o polo consumidor, sendo uma parte transportada por caminhões pipa (ABES, 2015). De acordo com Sabesp (2018), este é o maior empreendimento para a produção de água de reúso industrial na América do Sul e o quinto maior do mundo. De acordo com Sabesp (2018), a empresa possui 7,8 km de redes exclusivas para fornecimento de água de reúso.

A Sanasa (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A), localizada em Campinas (SP) é responsável pela Estação Produtora de Água de Reúso - EPAR Capivari II, que utiliza como forma de tratamento a tecnologia de Biorreatores e Membranas (MBR) para tratamento de esgoto doméstico.

O início de operação da EPAR Capivari II se deu em abril 2012, sendo a primeira fase com capacidade para tratar 180 L/s de vazão média. No ano de 2015 entrou em operação a segunda fase do sistema de esgotamento sanitário Capivari II, onde a capacidade de tratamento foi dobrada (CAMPINAS, 2015). De acordo com Campinas (2012), a ETE custou R\$

177.000.000,00, e o *payback* do investimento na EPAR virá num período estimado entre dez e quinze anos. Os principais destinos da água de reúso da Sanasa nos últimos meses do ano de 2014 são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Destinos da água de reúso produzida na EPAR Capivari II

Usos predominantes em 2014	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Construção civil	68%	45%	29%	7%
Irrigação Paisagística	27%	46%	39%	68%
Lavagem de espaços públicos	4%	7%	21%	17%
Desobstrução de redes e galerias	1%	1%	11%	3%
Corpo de Bombeiros		1%		
Lavagem de veículos				5%

Fonte: Sanasa, 2014, apud ABES 2015.

De acordo com Sanasa (2018), a companhia pretende adotar a mesma concepção da EPAR Capivari II em outras estações que planeja construir, de modo a atingir 100% de tratamento de esgoto no município, bem como promover o *retrofit* em estações que hoje possuem nível de tratamento secundário.

Destaca-se também um estudo piloto que visa avaliar a utilização da água de reúso como futura alternativa de abastecimento para os municípios das Bacias PCJ. Os estudos são desenvolvidos em uma estação piloto junto da EPAR-Capivari II (CONSÓRCIO PCJ, 2016; AGÊNCIA PCJ, 2018). A estação piloto é dotada de sistemas como osmose reversa, peróxido de hidrogênio, ozônio, raio ultravioleta, carvão ativado e carvão biologicamente ativado. A partir da associação desses sistemas, a pesquisa visa avaliar a performance técnica e econômica mais adequada para atingir qualidade da água segura e apta para consumo humano.

3.3.2.3 Custos para implantação e Benefícios associados ao reúso

A aplicação de qualquer prática de reúso de água deve considerar as questões de ordem técnica, operacional e econômica. A primeira consideração que se faz quando do desenvolvimento de um programa de reúso de água é qual será o custo para sua implantação e os possíveis benefícios a serem gerados (MORELLI, 2005).

De acordo com Abes (2015) o custo da água de reúso está se tornando comparável ao custo de fontes alternativas de água, conforme evidencia a Tabela 3.2, que ilustra os custos de produção de fontes alternativas na Califórnia.

Tabela 3.2 - Custos de fontes alternativas de água na Califórnia

Alternativas	Custo (US\$/1000 m ³)
Reúso potável direto*	660-1.620
Reúso potável indireto	660-1.620
Dessalinização da água do mar	1.220-1.890
Dessalinização da água salobra	750-1.050
Importação de água	690-1.050
Reúso não potável	250-1.590
Eficiência, conservação e restrição ao uso	380-790

*Inclui adução. Fonte: WateReuse (2014) apud ABES (2015)

MANCUSO & SANTOS (2003) apresentam diversos estudos que envolvem a temática de reúso. Dentre eles, encontram-se as tecnologias de tratamento de efluentes empregadas na produção de água de reúso, que, por sua vez, dependem da finalidade a que se destina a água tratada.

Padula (2003), apresenta informações operacionais da ETE Jesus Netto, da Sabesp, que fornece água para indústria, atendendo os padrões exigidos para a utilização industrial. O autor apresenta os custos e o valor de venda da água de reúso, comparando com os custos e valor de venda da água tratada (Tabela 3.3). Os valores são comparados com os da ETE de Fukuoka, no Japão. O autor destaca que os valores dos custos da ETE Jesus Netto, que teve um caráter pioneiro e obteve investimentos da indústria, podem não ser comparados aos custos de futuras instalações. Nos custos da ETE Jesus Netto estão incluídos custos diretos das despesas médias no período de janeiro a novembro de 2000, referentes a pessoal, encargos, energia elétrica, produtos químicos e análises de laboratório. O preço de água tratada em São Paulo foi tomado como igual ao da Sabesp para faixa mais cara, para fornecimento acima de 50m³/mês e finalidade industrial. O custo de US\$ 0,36/m³ é adotado para venda interna na Sabesp.

Tabela 3.3 - Comparação de custos de produção de água tratada e de reúso (US\$/m³)

Descrição	Água tratada (US\$/m ³)		Água de reúso (US\$/m ³)	
	Fukuoka (1988)	São Paulo (2000)	Fukuoka (1988)	São Paulo (2000)
Custo	1,88	0,36	2,01	1,47
Venda	3,73	5,17	2,99	0,52

Fonte: Padula (2003).

A fim de comparar o preço da água potável e da água de reúso produzida pela Sanasa com base nas informações de Ares PCJ (2018), os valores da água tratada foram comparados ao valor do caminhão, que é mais elevado que o valor da água disponibilizada pela rede de abastecimento. A tarifa da água potável, considerando um caminhão com 14 m³ e 7 m³, varia entre R\$ 39,98/m³

e R\$ 56,90/ m³, respectivamente, e para caminhões de água de reúso, transportada, também com 14 m³ e 7 m³, entre R\$ 25,72/ m³ e R\$ 40,42/ m³, respectivamente. Considerando o valor da água de reúso sem o custo do transporte (para retirada) o valor cobrado é de R\$ 2,20/ m³.

O estudo desenvolvido por CH2M (2018) apresenta subsídios para elaboração de uma proposta de modelos de financiamento para projetos de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Nele é realizado um levantamento de modelos de financiamento de reúso e saneamento, bem como a construção de modelos financeiros com o intuito de estabelecer um potencial modelo aplicável a projetos de reúso no Brasil.

De acordo com CH2M (2018), a estimativa dos custos de um projeto é relativamente simples, e depende do tipo de projeto, da construção e da operação. No entanto, a estimativa das tarifas é mais complexa, pois, em geral, as tarifas são negociadas visando atingir objetivos como recuperação de custos, conservação de recursos, modificação de comportamento.

De acordo com WateReuse (2009) apud CH2M (2018), existem quatro formas básicas de metodologias de precificação para reúso de água: tarifa de recuperação total de custos, tarifa com base no mercado, tarifa de custo marginal e subsídio total. A tarifa de recuperação total de custos, como o próprio nome indica, é a tarifa que visa recuperar os custos de capital amortizados, assim como os custos anuais de operação e manutenção.

Já a tarifa baseada no mercado é estabelecida com base na disposição de pagamento de um cliente ou de uma comunidade e não tem relação direta com o custo unitário do serviço. Ela pode ser estabelecida através de uma pesquisa referencial das taxas cobradas pelo reúso em outras localidades, e também pode ser estabelecida como uma porcentagem da taxa cobrada pela água potável, que varia, normalmente, entre 20% e 100%, sendo a média, em torno de 70 % da tarifa de água potável.

A tarifa de custo marginal apresenta relação direta com o custo unitário do serviço, com base nos custos de capital amortizados e nos custos de Operação e Manutenção (O&M), assumindo um volume faturado na utilização total do sistema, ao invés da utilização inicial/atuais. Por fim, tem-se o subsídio total, que consiste no fornecimento da água de reúso de forma gratuita para o cliente.

De acordo com CH2M (2018), avaliações mais completas dos benefícios financeiros e econômicos do reúso de água podem ser obtidas por meio de uma análise de custo-benefício, conforme ilustram as Figura 3.5 e Figura 3.6.

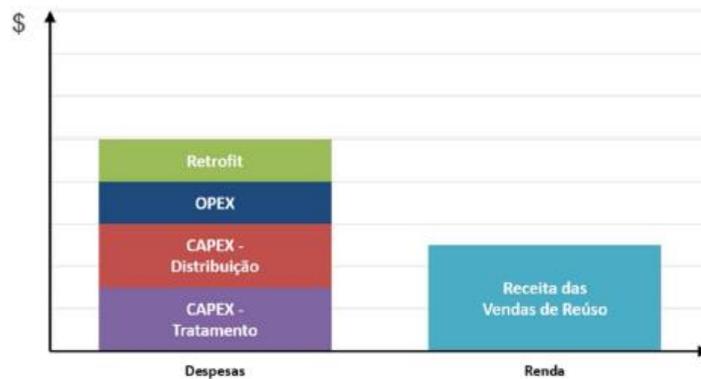


Figura 3.5 - Valor presente líquido com base financeira

Fonte: CH2M (2018)

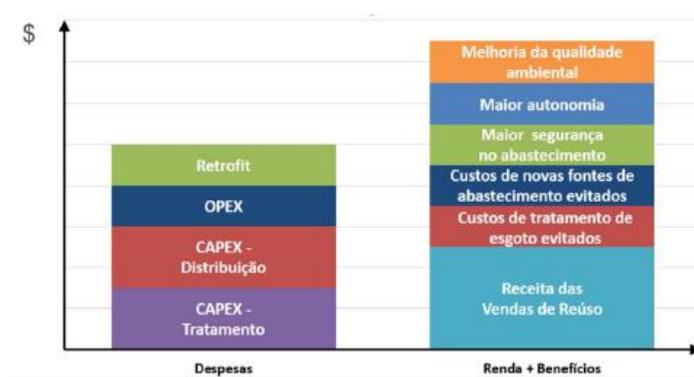


Figura 3.6 - Valor presente líquido com base econômica

Fonte: CH2M (2018)

A Figura 3.5 evidencia que na lógica financeira, os benefícios se limitam na receita promovida pela tarifa da venda da água de reúso. Por outro lado, a Figura 3.6 evidencia que existem benefícios econômicos que podem incluir fatores como melhoria na qualidade ambiental, maior segurança no abastecimento, custos de tratamento evitados, no caso de reúso de esgoto bruto. Ainda, de acordo com CH2M (2018), a ampliação do tratamento de esgotos evita surtos na saúde pública, amplia a confiança no sistema, promove economia com fertilizantes, no caso da agricultura e também de água.

3.3.3 Custos de tratamento de água associados à qualidade do manancial

Jouravlev (2004) menciona que em bacias densamente povoadas, as águas residuais de um centro urbano estão frequentemente localizadas a poucos quilômetros a montante das captações

de água de outras cidades, com tempo insuficiente para processos de decomposição e dispersão de poluentes. Os efeitos resultantes são maiores custos de tratamento da água para consumo humano e impactos nos demais usos dos recursos hídricos, incluindo os já mencionados impactos na saúde pública custos mais altos de suprimento de fontes mais distantes.

De acordo com Dantas et al. (2017), nos últimos anos a qualidade da água de muitos mananciais foi significativamente piorada, como consequência da escassez hídrica e do lançamento de efluentes domésticos e industriais, passando a apresentar elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, de carbono orgânico total, de metais e de organismos patogênicos, configurando uma condição de reúso indireto, em função dos riscos sanitários envolvidos no tratamento de águas desta natureza em ETAs de ciclo completo.

De acordo com Di Bernardo (1993), a presença de determinados contaminantes na água natural indica a necessidade da realização de um tratamento complementar, que antecede as etapas de coagulação e floculação. No caso de águas que apresentam elevado índice de contaminação, proveniente de poluição, adiciona-se a função de desinfecção ao uso do oxidante na água bruta, ou seja, o oxidante pode atuar na destruição ou inativação de microrganismos patogênicos, algas e bactérias de vida livre, além de contribuir na melhoria da eficiência de coagulação e filtração e prevenção do crescimento de algas nos decantadores.

No caso de águas naturais que contenham amônia, o uso do oxidante cloro na pré-oxidação promove a formação de cloraminas que, sendo a amônia de origem orgânica, reduz o poder de desinfecção (DANTAS et al. 2017). Nesses casos, é necessário aplicar uma dosagem de cloro superior à demanda mínima requerida pela quantidade de nitrogênio amoniacal, sendo este um processo chamado de “cloração ao break point”. Após as reações do cloro com a amônia, gerando as cloraminas, o excesso de cloro irá oxidar totalmente as cloraminas, resultando somente cloro residual livre. A quantidade de cloro a ser aplicada deve ser na ordem de 10 mg/l Cl₂ para cada 1 mg/l de Nitrogênio Amoniacal N-NH₃. A cloração ao ponto de quebra tem por principais objetivos:

- Desinfecção mais eficiente, sempre com cloro residual livre, predominando o HOCl;
- Obtenção de residuais estáveis que podem ser mantidos nas etapas posteriores do processo de tratamento da água;
- Oxidação da matéria orgânica;
- Oxidação da amônia e cloraminas;
- Evitar problemas de sabor e odor;

Apesar dos benefícios relacionados à aplicação de oxidante no tratamento complementar, o uso dessas substâncias deve se dar sob um rígido controle operacional, principalmente quanto à possibilidade da formação de subprodutos que apresentam sérios riscos à saúde humana. A formação de subprodutos da desinfecção ocorre devido à presença de matéria orgânica natural na água bruta, em especial as substâncias húmicas. Dentre os principais subprodutos que devem receber a devida atenção podemos citar os orgânicos halogenados: trihalometanos; ácidos haloacéticos; haloacetoneitrilas; haloacetonas; halofenóis; cloropicrina; cloral hidrato; cloreto cianogênico. A decisão de se empregar o uso de oxidantes no tratamento complementar deve sustentar-se no prévio conhecimento da natureza da matéria orgânica presente na água, inclusive abrangendo diferentes períodos sazonais (Di Bernardo, 1993). A utilização de materiais adsorvedores, como o carvão ativado, no tratamento complementar pode resultar na remoção de substâncias orgânicas e, no caso de pré-oxidação com cloro, auxilia na remoção de subprodutos provenientes desse processo.

De acordo com Von Sperling (2014), em um curso de água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgoto a montante. Se esta poluição é recente, o nitrogênio estará prioritariamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se antiga, maior parte será formada por nitrato (as concentrações de nitrito são normalmente mais reduzidas), desde que se tenha, no meio em questão, o suficiente de oxigênio dissolvido para permitir a nitrificação.

O trabalho de Coelho (2008) apresenta os dados de custo de produtos químicos para tratamento de água da ETA Guandu, cujos mananciais são impactados por poluição doméstica e industrial. De acordo com o trabalho, o consumo de produtos químicos é de aproximadamente R\$ 3.500.000,00/mês (Oliveira, 2007 *apud* Coelho, 2008), sendo que os valores adicionais de produtos químicos (sulfato, cloro e cal) no tratamento da água bruta em função do alto grau de poluição dos afluentes da lagoa Guandu equivalem a de R\$ 1,5 a 2,0 milhões por ano, segundo a Companhia Estadual de Água e Esgoto (CEDAE) (COPPE, 2001 *apud* Coelho, 2008). Tal valor equivale a aproximadamente 5% dos gastos totais com produtos químicos na ETAG.

Por fim, o item a seguir apresenta conceitos de economia e finanças, que são importantes para o dimensionamento de obras de saneamento e recursos hídricos e para avaliar a viabilidade econômica do empreendimento e a melhor forma de aplicar os recursos. Tais conceitos foram

utilizados neste trabalho, por isso, o próximo item apresenta conceitos importantes que foram utilizados neste trabalho.

3.4 CONCEITOS DE ECONOMIA E FINANÇAS PARA PROJETOS DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

A seguir são apresentados conceitos que subsidiaram o projeto de pesquisa, como a conceituação de análise econômica e análise financeira (utilizados no estudo proposto), conceitos sobre métodos de avaliação de investimentos e dinheiro no tempo, como o VPL (Valor Presente Líquido), e também conceitos associados a economia, como custos de oportunidade, benefícios e *trade-off*.

3.4.1 Análise econômica x análise financeira

De acordo com Lanna (2001),

“a Análise Econômica tem por objetivo determinar o retorno econômico de um projeto para o grupo social cujo ponto de vista é adotado. Não vem ao caso que parte do grupo social aludido participa dos custos e que parte auferes os benefícios. Já a Análise Financeira determina se e como o capital de risco, ou de qualquer outra natureza, investido no projeto retorna ao investidor. Nesse caso acha-se obviamente em pauta quem paga as despesas e quem auferes as receitas do projeto.” LANNA (2001)

A **Análise Econômica** verifica se os custos do projeto são superados por seus benefícios e se eles se são a forma mais eficiente de investimento. Este tipo de análise depende dos seus propósitos básicos, que poderão ser analisados sob à ótica do interesse público nacional ou regional, determinando suas contribuições para o alcance de metas de Desenvolvimento Econômico Nacional ou Regional. A Análise Econômica também pode ser realizada sob o ponto de vista de um grupo social ou privado, sendo que, em qualquer caso é verificada a existência de méritos econômicos para o grupo sob cujo ponto de vista é realizada a análise.

Ainda, de acordo com Lanna (2001), do ponto de vista público, todas as consequências adversas e benéficas de um projeto deverão ser consideradas como custos e benefícios econômicos, respectivamente, desde que possam ser quantificadas. A Análise Econômica, considerando o ponto de vista público, se volta a analisar o aumento dos bens e serviços, bem como a eficiência econômica, para a sociedade como um todo. Dessa forma, pode ser entendida como Análise Econômica sob um ponto de vista social.

Na **Análise Financeira**, se acha em questão o plano financeiro para implantação e operação do projeto, se esse plano foi concebido de tal forma que as disponibilidades financeiras, somadas aos ingressos de recursos financeiros estão alinhadas com as exigências financeiras de investimentos, despesas operacionais, amortização de empréstimos e seus juros, remuneração pelo trabalho ou capital investido. Assim, é verificado se o projeto é viável financeiramente. A Análise Financeira deverá ser realizada sob qualquer ponto de vista necessário para se estabelecer a viabilidade financeira de um projeto. A questão permanente é se a soma dos ingressos financeiros, na forma de receitas, aplicações e empréstimos, supera, em qualquer instante, a soma das despesas do projeto.

De acordo com Nocko et al. (2017), simplificada, a análise de viabilidade financeira tem por objetivo verificar se a receita proveniente do investimento será superior ao custo de investimento. A análise de viabilidade econômica tem uma perspectiva pública (social), que compara benefícios sociais a custos sociais resultantes de um investimento, de forma a verificar o diferencial do nível de bem-estar para a sociedade.

Apresenta-se a seguir, conceitos necessários para realização de uma análise financeira, com base em Lanna (2001):

- **Taxa de Juros e de Desconto:** A taxa de desconto é usada para estabelecer equivalências de valores no tempo. Um bem ou serviço disponível no futuro vale menos do que se fosse disponível no presente. Essa depreciação do valor com o tempo (e não com o uso) é o desconto que tais taxas avaliam.
- **Período de Análise:** Na Análise Financeira o período de análise deverá se estender até o instante a partir do qual não existam questões relacionadas à viabilidade financeira do projeto. Isso eventualmente ocorrerá ao término do pagamento dos empréstimos contraídos para fazer face aos investimentos iniciais, podendo conduzir a períodos de análise mais curtos do que na Análise Econômica.
- **Tipificação de Financiamentos:** As condições dos financiamentos diferem basicamente em quatro aspectos: o período de carência, o período de amortização, a forma de amortização, com pagamentos uniformes ou variáveis, e a taxa de juros. O período de carência é aquele contado a partir da concretização do empréstimo até o momento do primeiro pagamento. O período de pagamento é aquele no qual a dívida deverá ser amortizada e a taxa de juros é aquela que remunerará o capital emprestado.

- **Trade-off:** podem ser entendidos como perdas e ganhos decorrentes de decisões no âmbito da gestão, quando estão em questão recursos escassos. Nesses casos, a opção por uma determinada solução pode implicar abrir mão de outras, com outros benefícios. A avaliação dos *trade-offs* depende das preferências do tomador de decisão e não envolve juízo de valor. Ou seja, não se trata de comparar o que é melhor, mas tão somente identificar o que se perde e o que se ganha, para que a sociedade possa tomar uma decisão informada. Por exemplo, o *trade-off* associado à opção por um rio com melhor qualidade de água (que tem vários benefícios, inclusive ambientais intangíveis) pode ser a perda de oportunidades de aproveitamento econômico da água e do solo.

O desconhecimento sobre os reais *trade-offs* em uma decisão leva a resultados enviesados, que desconsideram consequências importantes (algumas cujos desdobramentos só ocorrem no futuro) e com potencial para causar arrependimento e conflitos.

De acordo com Novaes (2000) apud SALAZAR (2010) é necessária à institucionalização de instrumentos econômicos na promoção da sustentabilidade, desenvolvendo e aplicando técnicas de valoração econômica do *trade-off* ambiental de projetos de infraestrutura urbana.

May et al (2003) afirmam que, do ponto de vista econômico, o valor de um recurso ambiental é aquele que tenha importância fundamental na tomada de decisão, por isso, o valor econômico de um recurso ambiental é a sua contribuição para o bem-estar social. Assim, na valoração econômica ambiental, quem recebe o valor não é o meio ambiente ou recurso ambiental, e sim as preferências individuais das pessoas em relação a um recurso ou serviço ambiental. Por isso, a valoração econômica de recursos ambientais envolve a análise de *trade-offs*, ou seja, escolha entre opções.

- **Benefícios econômicos:** Os benefícios são classificados em tangíveis e intangíveis, conforme possam ser avaliados economicamente ou não. Entre os tangíveis, os benefícios primários são aqueles que resultam de ligações físicas com o projeto, diferentemente dos benefícios secundários que são derivados de ligações de natureza econômica.

Os **benefícios primários diretos** são aqueles intencionais e que, via de regra, serão os únicos a fazerem parte de uma Análise Financeira, pois são os únicos que resultam em receitas para o projeto. Os benefícios primários indiretos são "economias externas" do projeto, que decorrem de ligações físicas ou tecnológicas sem os resultados do projeto, tendo caráter não intencional.

Os benefícios secundários são resultantes de externalidades econômicas do projeto. Eles são originados de ligações econômicas com os resultados do projeto. O Quadro 3.3 resume a diferenciação entre os benefícios.

Quadro 3.3 - Classificação dos benefícios

Classificação dos benefícios		
Benefícios Tangíveis	Benefícios primários	Diretos: em geral, fazem parte da análise financeira, pois resultam em receita.
		Indiretos: Economias externas, de caráter não intencional.
	Benefícios secundários	Retrospectivos: São originados de ligações econômicas com os resultados do projeto, ou seja, ocorrem em função dos estímulos econômicos que um projeto acarreta.
		Prospectivos: são resultantes de atividades econômicas que utilizam a produção do projeto como insumo
Benefícios intangíveis	Mensuráveis Não mensuráveis	

Fonte: Lanna (2001)

3.4.2 Dinheiro no tempo

Os métodos tradicionais de avaliação de investimento mais utilizados são: valor presente líquido (VPL), TMA (Taxa mínima de Atratividade) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

3.4.2.1 VPL – Valor presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é um dos métodos mais utilizados pela engenharia econômica, sendo de grande valia para avaliar investimentos. Seu intuito é fornecer qual seria o ganho monetário que se teria na realização de um investimento a uma determinada taxa de juros. Ele é uma ferramenta de análise de investimentos que considera a mudança de valor do dinheiro no tempo.

Segundo Souza (2007), o método do VPL demonstra qual o valor monetário de determinado projeto para a empresa hoje. A operacionalização do método consiste em descontar todos fluxos de caixa para o instante zero por uma taxa e somar o valor do investimento inicial. Estes fluxos normalmente são descontados pela TMA da empresa. O VPL é calculado com a seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0$$

Em que:

FC_0 : fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial), podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

FC_j : representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

i : é a taxa de desconto ou taxa de juros;

n : período de tempo.

No caso de uma única alternativa de investimento:

- Se o $VPL > 0$ aceita-se o projeto;
- Se o $VPL < 0$ rejeita-se o projeto;
- Se o $VPL = 0$, é indiferente investir ou não nesse projeto.

De acordo com Lanna (2001), o VPL dos projetos na área de saneamento básico é geralmente negativo, quando calculado com base na taxa de desconto igual a 12%, uma vez que a Taxa Interna de Retorno (TIR) desses empreendimentos raramente é superior a esse percentual. De acordo com o autor, o fato de o VPL ser negativo não implica necessariamente na inviabilidade financeira do projeto.

3.4.2.2 TMA - Taxa mínima de atratividade

Define-se como TMA a taxa a partir da qual o projeto é rentável economicamente. Esta taxa define qual é a mínima remuneração de capital aceita, para que os ganhos sejam superiores ao custo de utilização do capital. Em outras palavras, a TMA corresponde à rentabilidade mínima para qualquer aplicação, sendo então, a base para aceitação ou rejeição de uma proposta de investimento (OLIVEIRA, 1982). Uma maneira de se avaliar um projeto é comparando-se a TMA com a TIR (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010), que é descrita a seguir.

3.4.2.3 TIR - Taxa Interna de Retorno

Segundo Souza (2007), a TIR é a taxa pela qual os fluxos de caixa são descontados para obter-se um VPL igual a zero. De acordo com Oliveira (1982), a TIR de um projeto é a taxa de juros para qual o valor presente das receitas torna-se igual aos desembolsos. Entende-se que a TIR é a taxa de remuneração de um capital investido, ou pode-se dizer que é a rentabilidade do projeto. Uma TMA maior que a TIR resulta em um VPL negativo. Então, para determinar se um projeto

é rentável ou não por meio da TIR, esta taxa com a TMA escolhida. Caso ela seja maior, o investimento será considerado rentável.

3.4.3 Valoração econômica e de viabilidade econômico-financeira em projetos de saneamento e meio ambiente

Em Yoshitake et al (2011), foram verificados se os métodos de valoração econômica do meio ambiente constituem uma alternativa viável para a escolha de projetos que resultem em ganhos ambientais. O estudo avalia se a incorporação do Método de avaliação contingente (MVC) enquadra-se ao modelo de avaliação econômica e financeira utilizado pelo Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). O MVC é utilizado para avaliar economicamente a Disposição a Pagar (DAP), pelos benefícios ambientais decorrentes dos investimentos em saneamento, aplicado a um caso exemplo de uma companhia de saneamento. As técnicas de análise de retorno dos investimentos em projetos de saneamento básico, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), e o Índice Benefício-Custo (B/C) foram também calculadas no estudo. Os resultados evidenciam que a incorporação do valor econômico dos benefícios gerados pelo projeto, por meio do cálculo da DAP pelo tratamento secundário, obtido pelo MVC, comprovou a viabilidade econômica do empreendimento, onde o Valor Presente Líquido (VPL) passou a ser positivo, a Taxa Interna de Retorno (TIR) superou a taxa de atratividade e a relação Índice Benefício- Custo (B/C) foi maior que um.

O trabalho de Salazar (2010) utilizou uma metodologia semelhante à de Yoshitake et al (2011), e analisou os modelos de valoração econômica do meio ambiente aplicáveis na avaliação dos indicadores de retorno dos investimentos em projetos de saneamento básico. Os resultados mostraram que há divergência entre os valores obtidos nos indicadores de viabilidade econômica de projetos pelo método atualmente empregado pela companhia de saneamento de Goiás e o método que integra a avaliação econômica dos benefícios ambientais decorrente desse investimento. A análise dos modelos de valoração econômica do meio ambiente e sua incorporação às técnicas de análise de retorno dos investimentos em projetos de saneamento básico comprovaram ser uma alternativa viável para escolha e hierarquização de projetos que venham resultar em ganhos ambientais.

Silva (2015) avaliou a viabilidade econômico-financeira dos sistemas compartimentados anaeróbio/aeróbio/anóxica vertical de manejo de águas residuárias de origem doméstica em

empreendimentos habitacionais de interesse social. Foi avaliada a viabilidade econômico-financeira do sistema através do Valor Presente Líquido, Valor Presente de Custo (VPC) e Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). Foram utilizados métodos de análise de incerteza para complementar a análise. Foram utilizados os VPC e CAUE pois o VPL dos sistemas é negativo, e o VPC e CAUE são mais adequados para análise de investimento quando estes não visam lucro. O melhor resultado encontrado foi “Com Reúso e Sem Investimento Inicial”, sendo que, quanto maior for a tarifa de água, mais viável é o projeto (o empreendimento habitacional deixa de gastar com tarifas de água e esgoto cobradas das companhias estaduais de saneamento básico ao utilizar água de reúso oriunda do sistema). A premissa sem investimento inicial considera que o custo de construção e instalação do sistema esteja implícito no custo de construção do empreendimento.

Machion (2006) caracterizou os investimentos necessários à construção da Estação Escola de Tratamento de Esgotos da Universidade Estadual de Campinas aplicando-se um método de valoração ambiental e analisou a viabilidade econômica destes investimentos considerando-se o reúso do efluente tratado. Para tanto, foi feito o diagnóstico de consumo da ETE, a estimativa da vazão de reúso, considerando 15% do consumo de água do campus, simulação dos valores de faturas de água, considerando o percentual descontado do reúso, estimativa da vida útil do empreendimento (20 anos) e, por fim, o cálculo dos indicadores econômicos (payback, VPL, VPLU (Valor Presente Líquido Unitário), TIR e custo-benefício (B/C)). Foram construídos dois cenários e com taxa de desconto de 1,5 % a. m (aproximado da taxa Selic), o período de retorno de investimentos atingido foi de 162 meses, inferior à vida útil estimada para a obra. As análises de sensibilidade apontaram como limite de viabilidade econômica acréscimos de 6 % sobre o valor dos investimentos necessários à construção e de 25 % sobre o valor dos custos de operação e manutenção da ETE da UNICAMP, com períodos de retorno de 222 e 225 meses. O payback atualizado representou o ponto onde os indicadores mudaram de comportamento, e o VPL e o VPLU passaram a ser positivos, a TIR superou a taxa de atratividade e a relação B/C foi maior que um.

3.5 ARTICULAÇÃO DOS TEMAS APRESENTADOS COM O MÉTODO PROPOSTO

A partir dos conceitos apresentados neste capítulo, neste trabalho foi concebido um método que integra o instrumento de Enquadramento dos corpos d'água com o saneamento básico, considerando o tratamento de esgotos e o tratamento de água. Esta integração se dá a partir da estimativa dos benefícios econômicos diretos associados aos investimentos em saneamento básico, e da utilização de *trade-offs*, para ilustrar as a articulação dos investimentos e dos benefícios no tempo, por meio da utilização do VPL. A Figura 3.7 sintetiza esta articulação entre o instrumento de gestão e o saneamento.

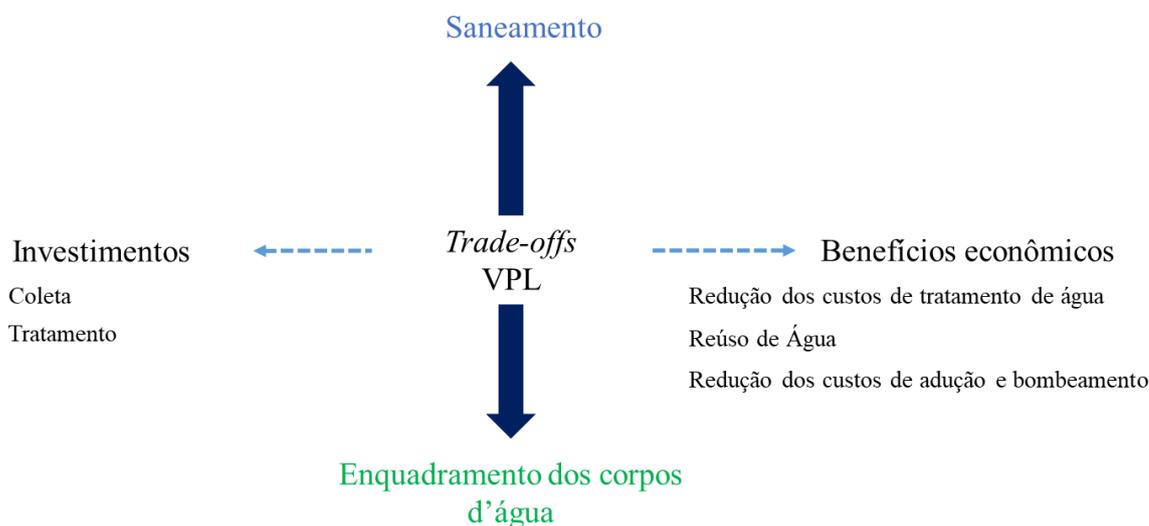


Figura 3.7 – Articulação promovida pelo método desenvolvido

É importante mencionar que o método desenvolvido é aplicado na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí. No entanto, esta bacia apresenta características similares a diversas bacias críticas em termos quali-quantitativos no Brasil (densamente urbanizadas e com lançamentos de esgotos que impactam significativamente as captações de jusante) tornando o método aplicável, principalmente, em bacias com tais características. Detalhamento da área de estudo é feito a seguir.

4 A ÁREA DE ESTUDO

4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

A Bacia Hidrográfica do Rio Jundiáí está situada da porção leste do estado de São Paulo, fazendo parte das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (Bacias PCJ), situada entre os estados de São Paulo e Minas Gerais (Figura 4.1). A bacia hidrográfica do Rio Jundiáí faz parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI) 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiáí, que corresponde à porção paulista das Bacias PCJ.

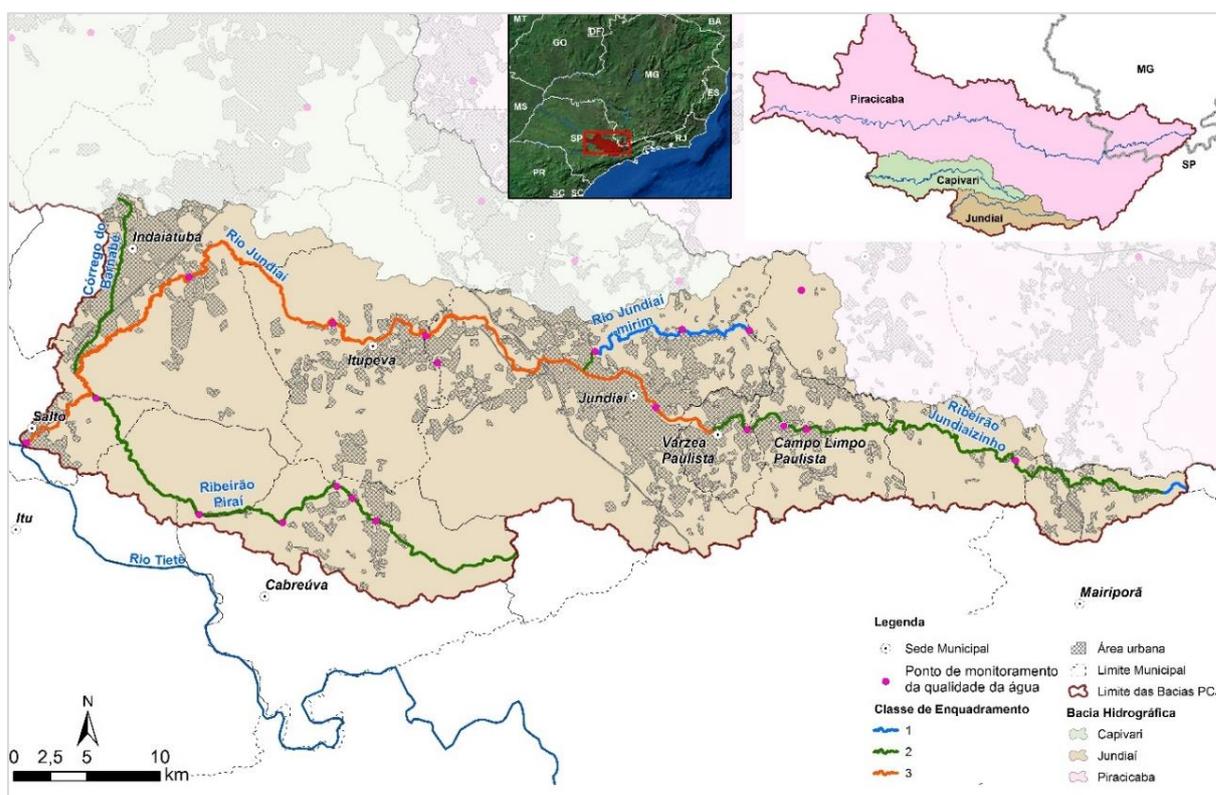


Figura 4.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Jundiáí e o Enquadramento vigente

De acordo com Neves et al. (2007), por estar situada em uma região com grande concentração urbana e industrial, a UGRHI-05 apresenta sérios problemas de degradação dos recursos hídricos e muitos conflitos pelo uso da água. Por isso, movimentos populares em defesa do meio ambiente ocorrem nesta região desde a década de 70, impulsionando o desenvolvimento de um sistema de gestão.

O Rio Jundiáí é um importante afluente da margem direita do rio Tietê e tem suas nascentes a 1.000 m de altitude, na Serra da Pedra Vermelha, localizada no município de Mairiporã, apresentando desnível topográfico total em torno de 500 m, percorrendo 123 km até a sua foz,

na cidade de Salto. Seus principais tributários são o Rio Jundiaí-Mirim, o ribeirão Pirai e o córrego Barnabé (COBRAPE, 2010).

A Bacia do Rio Jundiaí possui uma área de 1154 km² (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018), e está localizada entre as regiões metropolitana de São Paulo e de Campinas, apresentando alta concentração urbana e industrial.

Onze municípios estão total ou parcialmente inseridos na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí, a saber: Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba, Salto, Atibaia, Jarinu, Mairiporã, Itu; Cabreúva, sendo que somente os seis primeiros possuem sede na área de estudo e são atravessados pelo rio Jundiaí.

Com base na atualização do Plano das Bacia PCJ 2010 a 2020 (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018) a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí possuía, no ano de 2016, aproximadamente 922 mil habitantes, sendo esta população predominantemente urbana (97% da população total inserida na bacia).

O uso do solo predominante na Bacia do Rio Jundiaí é o campo, ocupando 32,55% da área total. A classe mata nativa é a segunda mais extensa, representando 28,41%, sendo a maior concentração na porção centro sul, nos terrenos elevados da Serra do Japi. As áreas urbanizadas abrangem em torno de um quinto da área da Bacia (20,91%), as quais estão mais concentradas na porção central (municípios de Jundiaí e Itupeva) e oeste (município de Indaiatuba). A silvicultura e lavoura temporária ocupam, aproximadamente, 8% e 6,55%, respectivamente. As demais oito (8) classes mapeadas somam, aproximadamente, 4%, sendo, portanto, pouco representativas (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018).

A disponibilidade hídrica ($Q_{7,10}$), de acordo com Consórcio Profill-Rhama (2018), é de 2,34 m³/s na foz do rio Jundiaí. As demandas totais correspondentes ao ano de 2015, de Consórcio Profill-Rhama (2019b), somavam 3,94 m³/s, sendo 69% correspondente às demandas do abastecimento, 15% de demanda industrial, 15% de demanda de irrigação e 1% de dessedentação animal (Figura 4.2).

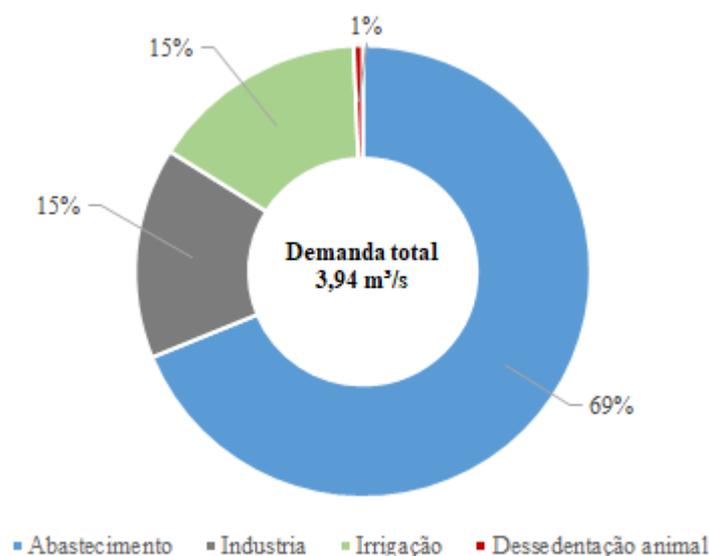


Figura 4.2 –Demanda total e percentual das demandas da bacia do Rio Jundiá

Fonte: Elaborado com base nos dados de Consórcio Profill-Rhama (2019b).

O saldo hídrico, considerando 100% da disponibilidade hídrica ($Q_{7,10}$), descontadas das demandas e acrescidas do retorno, é de $0,95 \text{ (m}^3/\text{s)}$ (Tabela 4.1). Já o percentual de comprometimento, uma outra maneira de observar o balanço hídrico, considerando o Consumo/Disponibilidade, para 100% da $Q_{7,10}$, é de 59%. Uma outra abordagem, que considera a metade da $Q_{7,10}$, vazão de referência para definição de criticidade nas Bacias PCJ, de acordo com Consórcio Profill-Rhama (2018), é o saldo hídrico disponível para retirada sem que se chegasse a 50% da $Q_{7,10}$. Considerando essa condição, o saldo hídrico é de $-0,22 \text{ m}^3/\text{s}$, e o percentual de comprometimento, considerando o Consumo/Disponibilidade, é de 119%, evidenciando elevada criticidade na bacia do Rio Jundiá.

Tabela 4.1 - Balanço hídrico da sub-bacia do Rio Jundiá

Balanço hídrico da Bacia do Rio Jundiá	Vazão (m^3/s)
Disponibilidade natural ($Q_{7,10}$)	2,34
Disponibilidade (Q_{95})	6,49
Demandas	3,94
Retorno	2,55
Consumo	1,39
Saldo hídrico (100% da $Q_{7,10}$)	0,95
Saldo hídrico (50% da $Q_{7,10}$)	-0,22
Consumo/disponibilidade (100% da $Q_{7,10}$)	59%
Demanda/disponibilidade (100% da $Q_{7,10}$)	168%
Consumo/disponibilidade (50% da $Q_{7,10}$)	119%
Demanda/disponibilidade (50% da $Q_{7,10}$)	337%

Fonte: Elaborado com base nos dados de Consórcio Profill-Rhama (2019b).

A projeção das demandas, por setor, é apresentada na Tabela 4.2 e na Figura 4.3.

Tabela 4.2– Projeção das demandas até 2035

Setor	ATUAL	2020	2025	2030	2035
Abastecimento	2,712	2,851	3,027	3,210	3,397
Industria	0,595	0,622	0,657	0,694	0,733
Irrigação	0,608	0,681	0,783	0,902	1,038
Dessedentação animal	0,025	0,029	0,035	0,042	0,051
Total	3,941	4,182	4,502	4,848	5,218

Fonte: Elaborado com base nos dados de Profill-Rhama (2019b).

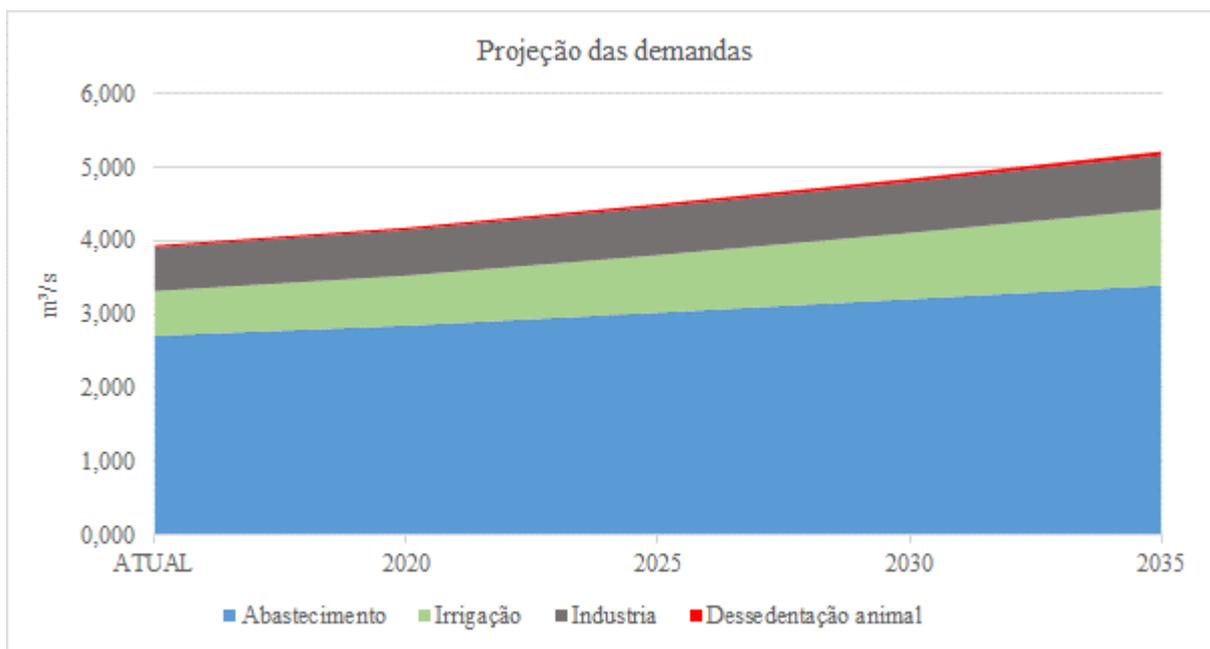


Figura 4.3 - Projeção das demandas até 2035

Fonte: Elaborado com base nos dados de Profill-Rhama (2019b).

Nota-se que a demanda da indústria corresponde a 15% das demandas totais, onde destacam-se os municípios de Jundiaí, Indaiatuba e Campo Limpo Paulista. O município de Jundiaí possui um parque industrial diversificado com mais de 500 empresas atuando nos setores químico, de embalagens, de autopeças, metalmecânico, de alimentos, de vestuário, cerâmico, etc., sendo parte de sua produção exportada para muitos países. Já os setores industriais mais expressivos de Indaiatuba são os de confecções e os de metalurgia. (CBH PCJ, IRRIGART, 2007).

4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Este item apresenta informações relativas à situação geral de saneamento, considerando a situação de esgotamento sanitário e do abastecimento urbano de água dos municípios da Bacia do Rio Jundiaí.

4.2.1 Esgotamento sanitário

A Tabela 4.3 apresenta informações relativas à evolução da cobertura de coleta e tratamento dos municípios total ou parcialmente inseridos na área de estudo, com base em Cobrape (2010) e Consórcio Profill-Rhama (2019). São apresentadas também informações relativas aos operadores do serviço de esgotamento sanitário dos municípios, e a população urbana inserida na Bacia do Rio Jundiáí.

Tabela 4.3 - Operadores do Sistema de Esgotamento Sanitário e índices de coleta, tratamento e remoção

Município	Sede na Bacia do Rio Jundiáí	Lança. no rio Jundiáí	Operador	População urb. Inserida nas Bacias PCJ (2016)	População urb. Inserida na Bacia do Rio Jundiáí (2016)	2008 Cobrape (2010)		2017 Consórcio Profill-Rhama (2019)	
						IC (%)	ITC. (%) ²	IC (%)	ITC. (%) ²
Atibaia	Não	Não	CAB Atibaia S.A.	120.463	580	67%	30%	65%	65%
Cabreúva	Não	Não	Sabesp	32.415	32.415	59%	96%	80%	100%
Campo Limpo Paulista	Sim	Sim	Sabesp	78.787	78.787	54%	0%	70%	96%
Indaiatuba	Sim	Sim	SAAE Indaiatuba	210.201	197.680	96%	10%	96%	69%
Itupeva	Sim	Sim	Sabesp	45.940	45.830	80%	0%	75%	97%
Jarinu	Não	Não	Sabesp	21.243	1.031	18%	100%	19%	100%
Jundiáí	Sim	Sim	CSJ	375.794	368.374	98%	100%	98%	100%
Mairiporã	Não	Não	Sabesp	19.182	19.182	57%	62%	26%	76%
Salto	Sim	Não	Conasa/Sanesalto	35.327	35.327	90%	50%	90%	96%
Várzea Paulista	Sim	Sim	Sabesp	115.359	115.359	68%	0%	91%	100%
Total Geral				1.054.711	894.565	86%	50%	90%	92%

Pop. Urb: População urbana 2016 (Consórcio Profill-Rhama, 2018); IC: Índice de Coleta; ITC: Índice de tratamento em relação ao esgoto coletado. Fonte: Elaborado com base nos dados de Profill Rhama (2018; 2019) e Cobrape (2010).

Observando os dados da Tabela 4.3 nota-se que a situação da cobertura dos municípios evoluiu muito nos últimos anos. Considerando a situação de coleta, nota-se que o índice de cobertura passou, em 2008, de 86%, para 90%, em 2017, na Bacia do Rio Jundiáí. Já o índice de tratamento passou de 50%, em 2008, para 92%, em 2017. Este índice médio para a bacia do Rio Jundiáí foi calculado com base na média ponderada pela população urbana inserida na área de estudo. Considerando somente os municípios que possuem lançamentos no Rio Jundiáí, conforme pode ser observada na Tabela 4.3, a situação varia de 70 a 98%, para coleta, e de 69 a 100%, dos esgotos coletados e tratados. Destacam-se com elevados índices de coleta e tratamento os municípios de Jundiáí, Indaiatuba e Várzea Paulista. Os índices mais baixos de coleta e tratamento são observados nos municípios que não possuem sede na Bacia do Rio

Jundiaí e também não possuem lançamentos no corpo hídrico principal, como Jarinu e Mairiporã.

Atualmente, todos os municípios que são atravessados pelo rio Jundiaí e possuem lançamentos neste corpo hídrico (Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Indaiatuba, Itupeva, Jundiaí), possuem índices de coleta e tratamento elevados. Informações sobre as Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) que lançam seus efluentes na Bacia do Rio Jundiaí são apresentadas na Tabela 4.4. A localização das ETEs pode ser visualizada na Figura 4.4.

Tabela 4.4 - Informações sobre as ETEs da Bacia do Rio Jundiaí

Município	Nome ETE	Processo predominante	Vazão de projeto (L/s)	Efic. (DBO)	Efic. (N)	Efic. (P)	Lançamento
Cabreúva	ETE Jacaré (nova)	Lodos ativados, remoção de N + físico químico	153,00	95%	51%	99%	Ribeirão Piraí
Indaiatuba	ETE Mário Araldo Candello	Lodo ativado	1.323,00	95%	75 a 95%	35 a 60%	Rio Jundiaí
Itupeva	ETE Rio das Pedras	Lodo ativado	9,80	85%			Rio Jundiaí
	ETE Nica Preta	Reator UASB + filtro aerado	88,23	95%			Rio Jundiaí
Jundiaí	ETE Jundiaí	Lagoas + Maturação	2.520,00	95%	46%	75%	Rio Jundiaí
Várzea Paulista/ Campo Limpo Paulista	ETE Várzea Paulista	Reator UASB + Lodo ativado	560,00	95%			Rio Jundiaí

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019).

Dentre as ETEs localizadas na área de estudo, todas lançam seus efluentes no Rio Jundiaí, com exceção da ETE Jacaré, do município de Cabreúva, que lança seus efluentes no Ribeirão Piraí. A ETE atualmente utiliza como forma de tratamento o sistema de lodos ativados. No entanto, é importante ressaltar que se encontra em processo de licenciamento a nova ETE Jacaré, que irá operar com processo de lodos ativados, com remoção de N e tratamento físico-químico, para remoção de fósforo (conforme a Tabela 4.4). A vazão de projeto é de aproximadamente 153 L/s, sendo a concentração dos efluentes de projeto é de 17mg/L de DBO, 12,3 mg/L de N. amoniacal e 0,08 mg/L de P (CONSÓRCIO PROFIL-RHAMA, 2019).

A eficiência na remoção de DBO observada nas ETEs varia de 85 a 95%, e somente os municípios de Jundiaí e Indaiatuba possuem ETEs com tratamento para remoção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P). No caso de Jundiaí, a remoção de N é de 46% e de Fósforo, de 75%, e de Indaiatuba, a remoção de N varia entre 75 a 95%, e a de P, de 35 a 60%. Quanto à ETE Jacaré, esta irá operar com tratamento terciário quando da entrada de operação da Barragem do

Ribeirão Piraí, em processo de licenciamento, situada a jusante do lançamento. (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019).

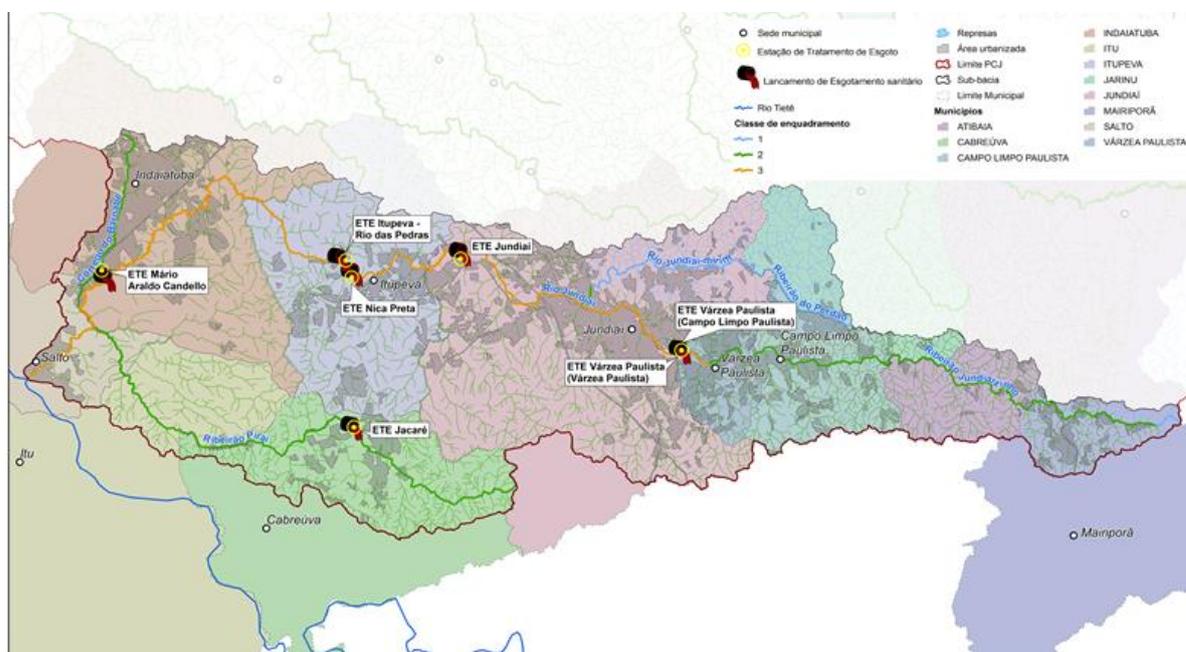


Figura 4.4 - Localização das ETEs da Bacia do Rio Jundiáí Fonte: Adaptado de Consórcio Profill-Rhama (2018)

De acordo com o documento elaborado pelo Instituto Trata Brasil (S.D), em que consta informações relativas ao saneamento do município de Jundiáí, a Estação de Tratamento de Efluentes do município de Jundiáí – ETEJ foi inaugurada em 1998 e demandou investimentos da ordem de R\$ 20 milhões, sendo 39% proveniente do governo do estado, 39% do município e 22% das indústrias.

De acordo com Consórcio Profill Rhama (2018), a estação de Tratamento de esgotos de Indaiatuba está passando por processo de ampliação e visa tratar 100% do esgoto coletado no município. A ampliação contempla tratamento terciário através de desinfecção do efluente por hipoclorito de sódio e utilização de membranas ultra filtrantes no processo de produção de água de reúso (INDAIATUBA, 2017).

Nos anos de 2012 e 2013 foram inauguradas, pela Sabesp, as Estações de Tratamento de Esgoto em Itupeva e Várzea Paulista, sendo a última (ETE Várzea Paulista) responsável pelo tratamento dos esgotos do município dos municípios de Várzea Paulista e de Campo Limpo Paulista (ITUPEVA, 2014).

4.2.2 Abastecimento de água

Informações acerca dos sistemas de abastecimento dos municípios, considerando as captações e ETAs localizadas na bacia do Jundiá são apresentadas a seguir, na Figura 4.5 e na Tabela 4.5.

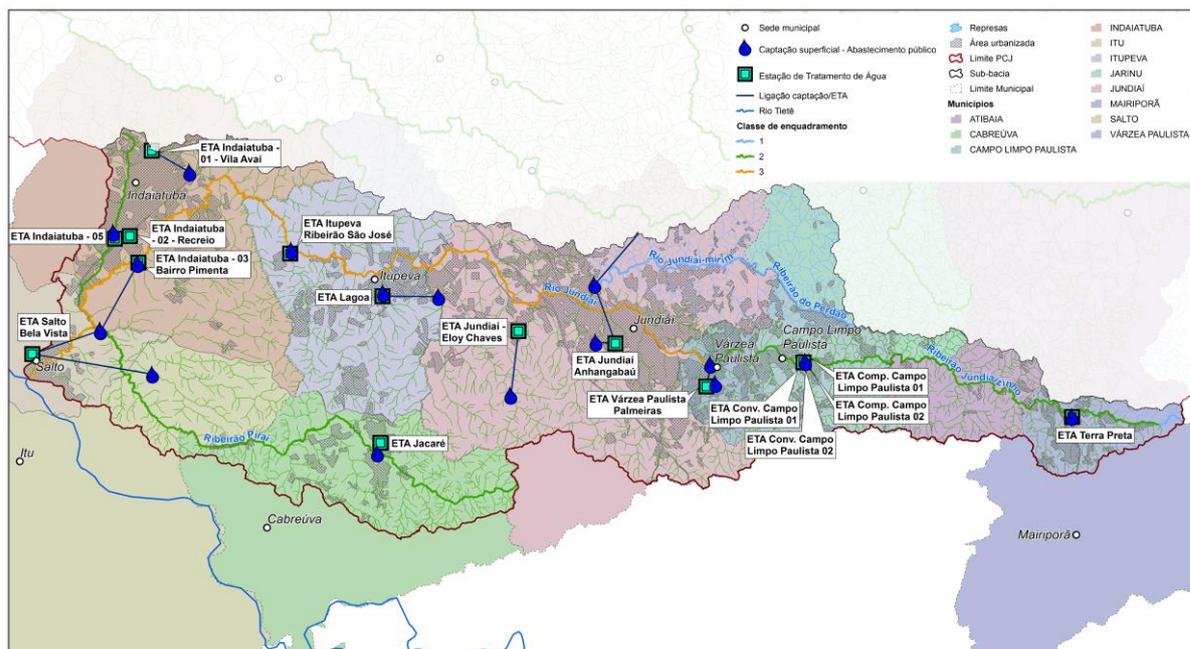


Figura 4.5 – ETAs e Captações localizados na Bacia do Jundiá. Fonte: Adaptado de Profill Rhama (2018)

Tabela 4.5 - Informações sobre os sistemas de abastecimento dos municípios atravessados pelo rio Jundiá

Município	Nome do Sistema	Nome da ETA	Capacidade máxima de trat. (L/s)	Corpo Hídrico	Captação superficial máxima (L/s)
Campo Limpo Paulista	Integrado Campo/Várzea	ETA Campo Limpo Paulista - 01	355,00	Rio Jundiá	313,64
		ETA Campo Limpo Paulista - 02	160,00	Rio Jundiá	141,36
Várzea Paulista	Isolado Várzea Paulista 1	ETA Várzea Paulista - Palmeiras	75,00	Córrego Guapeva/Córrego Pinheirinho/Córrego do Moinho (reversão)	68,00
				Rio Jundiá	100,00
Jundiá	Rio Jundiá Mirim	ETA Jundiá - Anhangabaú	2000,00	Rio Jundiá Mirim	2400,00
		ETA Jundiá - Eloy Chaves	50,00	Rio Moises	50,00
Itupeva	Sistema ETA Lagoa	ETA Lagoa	103,00	Córrego Caxambu	51,40
	Sistema São José	ETA Itupeva - Ribeirão São José	45,00	Córrego da Lagoa	51,40
Indaiatuba	ETA I Indaiatuba	ETA Indaiatuba - 01 - Vila Avaí	400,00	Córrego Santa Rita/Represa Morungaba/Cupini II/Cupini I	137,00
		ETA Indaiatuba - 04	24,00	Rio Capivari Mirim	16,00
	ETA III Indaiatuba	ETA Indaiatuba - 03 - Bairro Pimenta	500,00	Córrego da Barrinha	70,00
				Ribeirão Piraf	300,00
	ETA Indaiatuba - 05	150,00	Rio Jundiá	300,00	
Salto		ETA Salto - Bela Vista	450,00	Córrego Barnabé	150,00
				Ribeirão Ingá	52,00

Município	Nome do Sistema	Nome da ETA	Capacidade máxima de trat. (L/s)	Corpo Hídrico	Captação superficial máxima (L/s)
	Isolado Salto 1 (Bela Vista)			Rio Pirai	450,00
	Isolado Salto 3 (João Jabour)	ETA Salto - João Jabour	120,00	Rio Buru	65,00
	Isolado Salto 4 (Buru-Baú)	ETA Salto - Baú	3,00	Rio Buru	3,00

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019b).

Atualmente, somente os municípios de Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista e Jundiaí possuem captações no rio Jundiaí.

4.3 QUALIDADE DA ÁGUA E ENQUADRAMENTO

Consórcio Profill Rhama (2019) traz uma análise da situação atual da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com base nos dados do monitoramento da Cetesb, no período de 2009 a 2015, sendo as principais informações sintetizadas a seguir.

A tabela apresentada no Anexo I apresenta a descrição dos pontos de monitoramento da qualidade da água da CETESB, situados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, compreendendo 21 pontos de monitoramento (Figura 4.7), sendo nove (09) pontos na calha do rio Jundiaí.

A Figura 4.6 apresenta o universo das amostras de qualidade da água no período entre 2009 e 2015 em termos de equivalência de classe da Resolução CONAMA nº 357/2005 para todos os pontos de monitoramento situados na bacia do Rio Jundiaí.

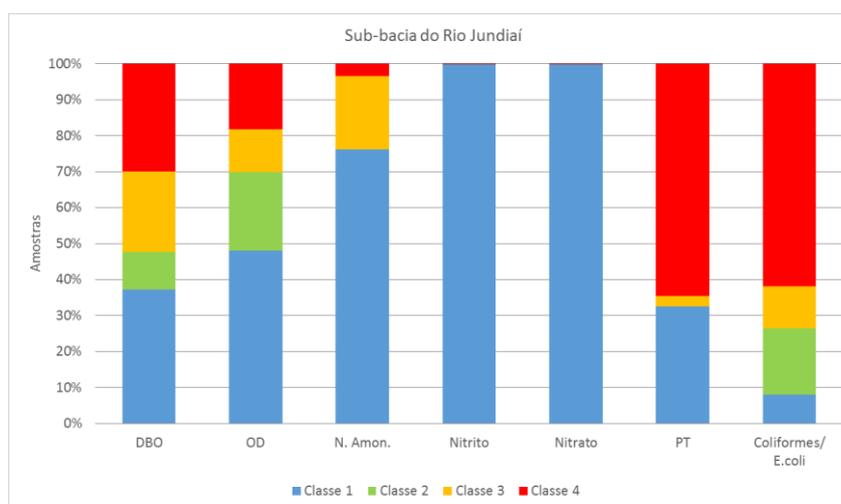


Figura 4.6 - Amostras da Bacia do Rio Jundiaí, em termos de classe equivalente da Resolução CONAMA nº 357/2005, para o período de 2009 a 2015

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

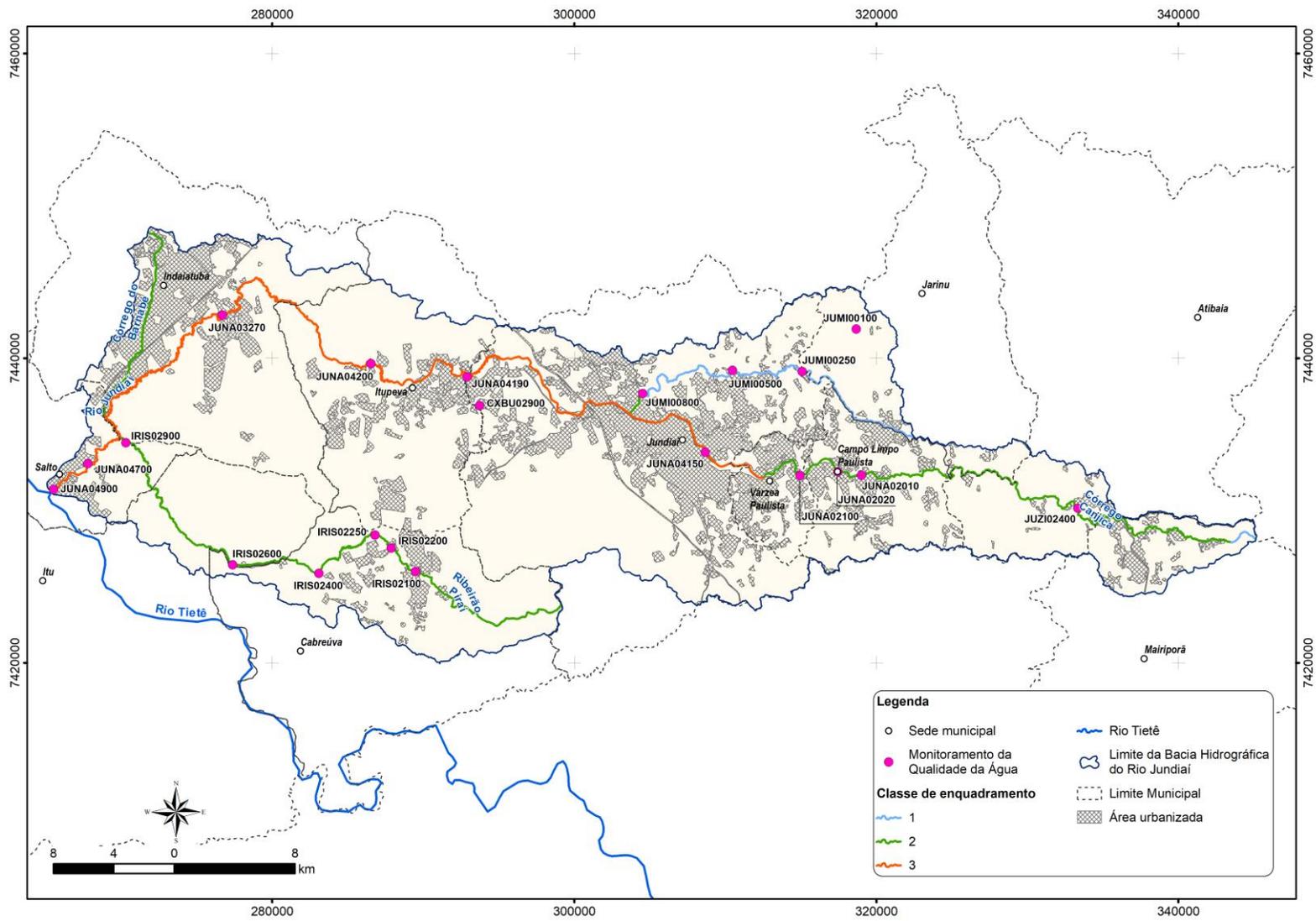


Figura 4.7 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água

Nota-se que os parâmetros Coliformes Termotolerantes e Fósforo Total foram classificados na classe 4 em mais de 60% das amostras. Em termos da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD), estão, aproximadamente, 30% e 20%, respectivamente na classe 4, sendo, portanto, na maior parte das amostras em melhores condições de qualidade da água. O Nitrogênio amoniacal esteve na maior parte do tempo na classe 1, embora, em mais de 15% do tempo esteve na classe 3. Os demais parâmetros estão na maior parte do tempo em Classe 1 ou 2. Em termos do Nitrito e Nitrato apresentaram, praticamente todas amostras possuem qualidade equivalente à classe 1.

A Figura 4.8 apresenta o percentual de amostras nas classes da Resolução CONAMA nº 357/2005 para cada ponto de monitoramento da sub-bacia do Rio Jundiaí, de montante para jusante, ao longo dos sete anos de monitoramento (2009-2015). Observando os pontos de monitoramento situados na calha do Rio Jundiaí (pontos com o código JUNA), observa-se piora na qualidade da água após a captação de água de Campo Limpo Paulista (JUNA02020). Os pontos mais críticos para os parâmetros DBO, OD e Nitrogênio Amoniacal são: JUNA04150 (na área urbana de Jundiaí, a jusante do lançamento da ETE Várzea Paulista), JUNA04190 (na área urbana de Itupeva, a jusante do lançamento da ETE Jundiaí). O ponto JUNA04190 apresenta mais de 50% das amostras equivalentes a classe 4 para oxigênio dissolvido, assim como o ponto e JUNA04200 (a jusante da área urbana de Itupeva), com 40% das amostras equivalentes à classe 4 para OD. O rio apresenta uma leve melhora no seu percurso, e volta a piorar no ponto JUNA04900 (próximo a foz no rio Tietê, na área urbana de Salto). Considerando o parâmetro DBO, os pontos situados no rio Jundiaí apresentam a maior parte das amostras em condição equivalente às classes 3 e 4, com exceção dos pontos situados mais próximos das nascentes, em Campo Limpo Paulista. Considerando o parâmetro Nitrogênio Amoniacal, os pontos situados na calha do rio Jundiaí apresentam em mais de 50% das amostras condição equivalente à classe 3. Considerando o parâmetro Coliformes Termotolerantes/*E.coli* e Fósforo total, todos os pontos do Rio Jundiaí estão em condição equivalente à Classe 4 na maior parte das amostras.

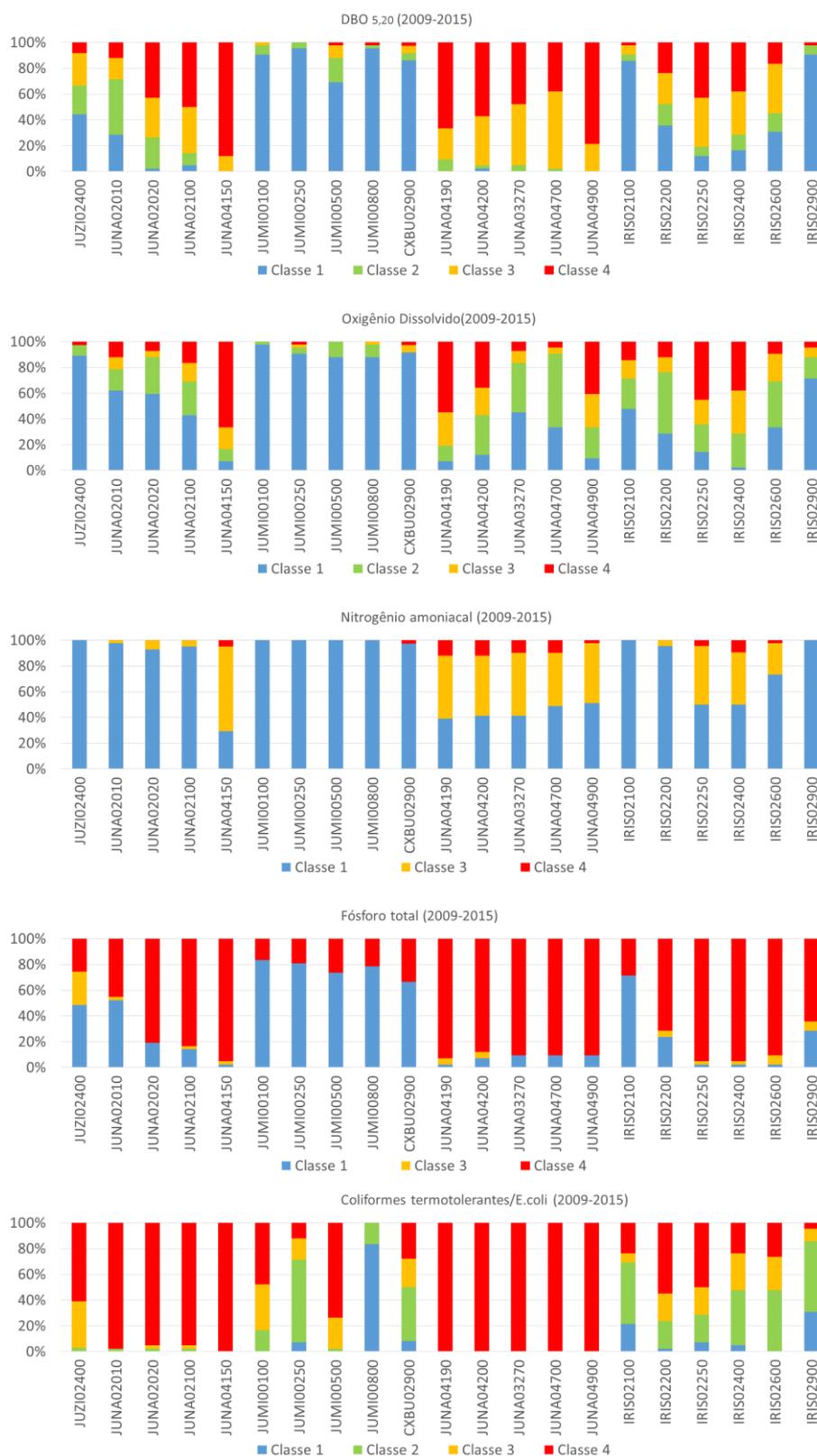


Figura 4.8 – Amostras de cada ponto de monitoramento da sub-bacia do Rio Jundiáí, em termos de classe equivalente da Resolução CONAMA n° 357/2005

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

4.3.1 Índice de Conformidade com o Enquadramento

De acordo com ANA (2013), o Índice de Conformidade com o Enquadramento (ICE) mede a distância entre a condição atual de um corpo d'água e a meta de qualidade estabelecida pelo Enquadramento. Este indicador pode auxiliar na avaliação do quanto se está aproximando ou distanciando dos objetivos de qualidade de água almejados no Enquadramento e no processo de acompanhamento das metas de despoluição.

O ICE foi desenvolvido pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá (CCME, 2001), a partir da comparação dos valores das variáveis de qualidade da água com os padrões de qualidade da água instituídos pela legislação ou com os critérios de qualidade da água fundamentados cientificamente. O índice corresponde à combinação dos valores de três fatores que representam a desconformidade às metas de qualidade da água. Os fatores criam um vetor no espaço tridimensional, sendo que cada fator corresponde a um componente do vetor. O comprimento do vetor pode variar entre 0 e 100, sendo que os números mais elevados indicam maior aderência à classe, conforme o Quadro 4.1. Os três fatores que compõem o ICE são:

- Fator 1 - Abrangência/Espaço: representa a abrangência das desconformidades, isto é, o número de variáveis de qualidade da água que violaram os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observação;
- Fator 2 - Frequência: representa a porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiveram em desconformidade em relação ao número de observações, isto é, aos testes para comparar o valor observado com o padrão (critério) estabelecido; e,
- Fator 3 - Amplitude: representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto é, a diferença entre o valor observado e o valor desejado de acordo com o objetivo de qualidade da água.

Quadro 4.1 - Faixas de classificação do ICE

Classificação	Faixa de ICE	Descrição
Ótima	$ICE > 94$	A qualidade da água está protegida com virtual ausência de impactos. A qualidade da água está muito próxima da condição natural. Estes valores de ICE somente podem ser obtidos se todas as medidas estiverem durante todo tempo dentro dos padrões estabelecidos pelo Enquadramento.
Boa	$79 < ICE \leq 94$	A qualidade de água está protegida, apresentando somente um pequeno grau de impacto. A qualidade da água raramente desvia dos padrões estabelecidos pelo Enquadramento.
Regular	$64 < ICE \leq 79$	A qualidade de água está protegida, mas ocasionalmente ocorrem impactos. A qualidade da água algumas vezes se desvia dos padrões estabelecidos pelo Enquadramento.
Ruim	$44 < ICE \leq 64$	A qualidade de água está frequentemente afetada. Com frequência os parâmetros de qualidade da água não atendem os padrões estabelecidos pelo Enquadramento.
Péssima	$ICE \leq 44$	A qualidade da água está quase sempre alterada. Os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos pelo Enquadramento.

Fonte: (ANA, 2013)

Conforme mencionado anteriormente, ICE elevado indica que a qualidade da água está próxima da Classe de Enquadramento. Porém, no caso de águas enquadradas em Classe 4, a classificação adotada por ANA (2013), especialmente para as faixas Ótima, deve ser observada com ressalvas, pois nesta faixa a qualidade da água, em geral, não é boa, ou com ausência de impactos, mas sim, a qualidade da água é compatível ao Enquadramento.

O cálculo do ICE apresentado em Consórcio Profill-Rhama (2019), seguiu a metodologia de Amaro (2009). O Índice foi calculado para o período compreendido entre 2009 e 2015, sendo apresentadas as informações para cinco parâmetros: DBO, OD, N. Amoniacal, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes/*E.coli*. A Figura 4.9 apresenta a evolução anual do ICE, de 2009 a 2015, para os pontos situados no rio Jundiáí.

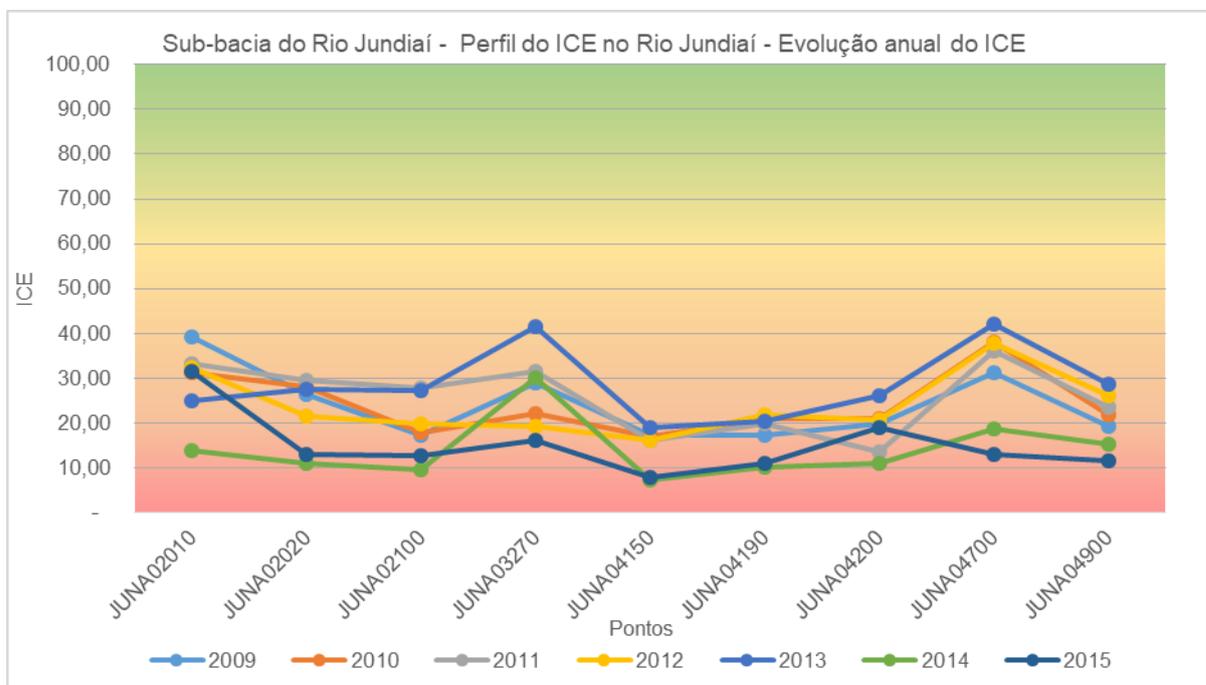


Figura 4.9 – Perfil do ICE para 5 parâmetros no Rio Jundiáí (de montante para jusante) e a evolução anual do ICE

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

De modo geral, o ICE no Rio Jundiáí evidencia qualidade da água distante do Enquadramento, no entanto, os resultados mostram ocorre uma melhora significativa da qualidade da água ao longo dos anos. O ponto que apresenta os melhores resultados está situado próximo à captação do município de Campo Limpo Paulista (JUNA02010), sendo evidenciado o decréscimo da qualidade da água à medida em que correm os lançamentos de esgotos ao longo do curso d'água. Os pontos com menor ICE (mais distantes do Enquadramento) são os pontos JUNA04150 e JUNA04190, a jusante dos lançamentos de Várzea Paulista e Jundiáí, respectivamente. Nota-se

que os ICEs, nos anos de 2014 e 2015, são bastante baixos, possivelmente em função das baixas vazões ocorridas durante o período de forte estiagem. Em todos os pontos o ICE esteve na faixa de classificação “Péssima”, portanto, distante do Enquadramento, o que se deve, majoritariamente, como pode ser observado nos resultados do monitoramento (Figura 4.8) para os parâmetros Fósforo total e Coliformes termotolerantes.

4.3.2 Simulação de Cenários no Plano PCJ 2020 a 2035

Nos estudos do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 de Consórcio Profill-Rhama (2019) foram realizadas simulações de qualidade da água por meio do Sistema de Suporte à Decisão SSD PCJ. O modelo foi desenvolvido para a gestão dos recursos hídricos nas Bacias PCJ, sendo que nele estão inseridos os dados do Plano (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018 e CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019). O SSD PCJ representa as Bacias PCJ em 225 Áreas de Contribuição, que correspondem a trechos de rio da drenagem principal.

As simulações apresentadas em Consórcio Profill-Rhama (2019) para análise do atendimento ao enquadramento de nos 225 trechos foram realizadas considerando as três vazões de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{mlp}) e também com uma série histórica mensal de vazões de 31 anos. Os resultados para as vazões de referência evidenciam o percentual das áreas de contribuição que atendem o enquadramento e os resultados com séries históricas, a permanência do tempo que o enquadramento é verificado nos trechos.

Nas figuras a seguir (Figura 4.10, Figura 4.11 e Figura 4.12) são apresentados os resultados do atendimento do Enquadramento na bacia do rio Jundiaí, no cenário atual (2020), para as três vazões de referência Q_{mlp} , Q_{95} e $Q_{7,10}$, respectivamente.

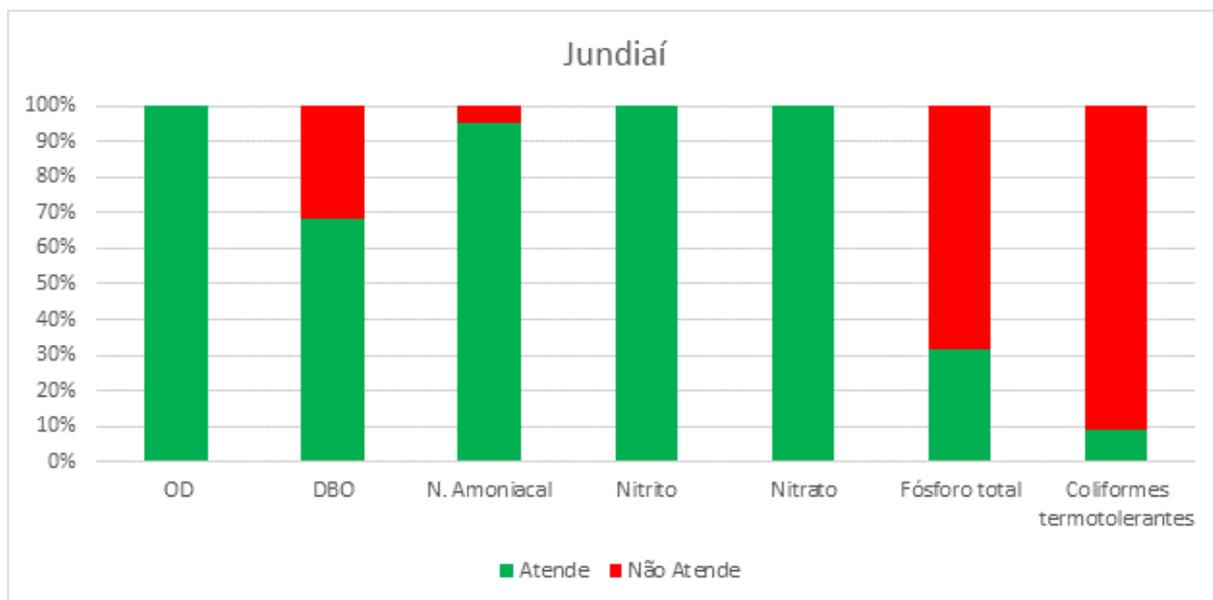


Figura 4.10 – Atendimento ao Enquadramento no Cenário Zero Consolidado (2020) – Q_{mlp}

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

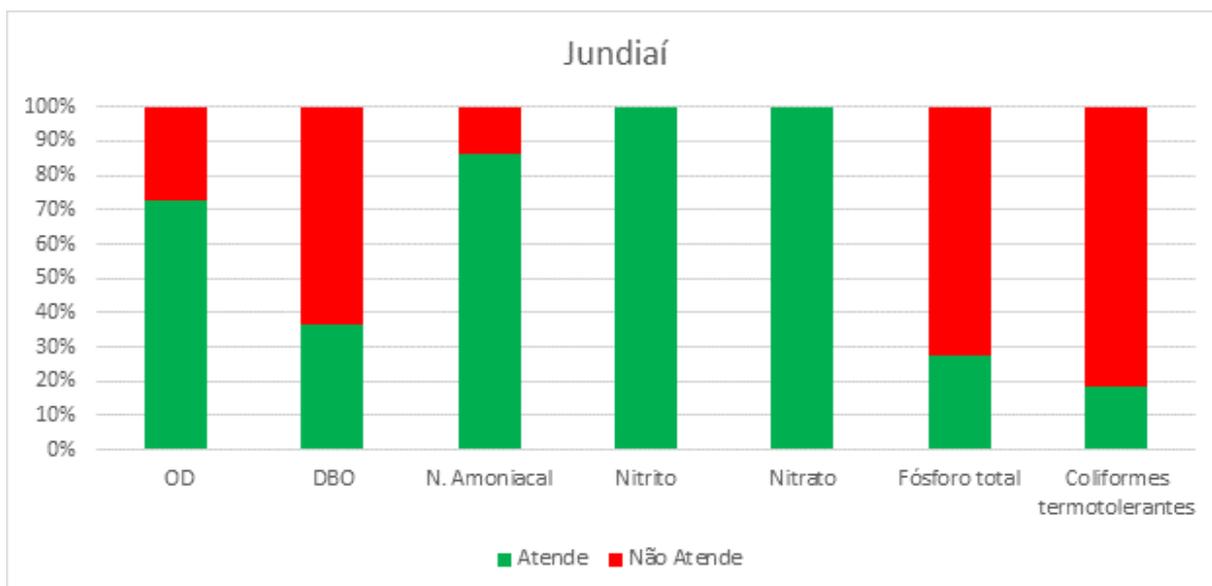


Figura 4.11 – Atendimento ao Enquadramento no Cenário Zero Consolidado (2020) – Q₉₅

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

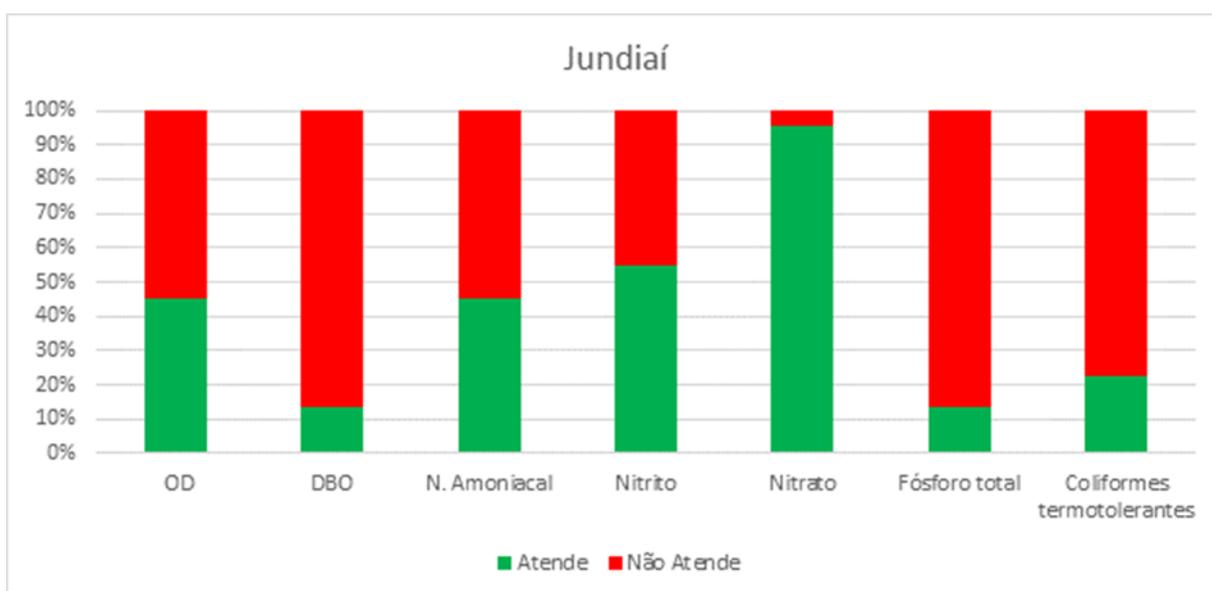


Figura 4.12 – Atendimento ao Enquadramento no Cenário Zero Consolidado (2020) – Q_{7,10}

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

Os resultados mostram decrescente percentual de atendimento ao enquadramento nas ACs da bacia do rio Jundiaí, conforme a disponibilidade hídrica é reduzida, da vazão média até a Q_{7,10}. Considerando a vazão média, oxigênio dissolvido é atendido em 100% das áreas de contribuição, nitrogênio amoniacal, em torno de 95% das ACs, nitrito e nitrato, em 100% das ACs. DBO é atendido em aproximadamente 70% das ACs. Já os parâmetros fósforo total e coliformes termotolerantes possuem baixos percentuais de atendimento, sendo 30% e 20%, respectivamente. Considerando a Q_{7,10} (vazão que deve ser observado o enquadramento), o

percentual de atendimento das ACs é reduzido, sendo que para OD, o índice de atendimento nas ACs passa para 45%, para DBO, em torno de 12%. O nitrogênio amoniacal passa para 45%, fósforo e coliformes, 12% e 22%, respectivamente.

A Figura 4.13 mostra a permanência do Enquadramento nas ACs, considerando a série histórica de vazões. Os resultados mostram que o enquadramento para DBO é observado em 61% do tempo, para OD, 96% do tempo, N amoniacal, 93% do tempo, Fósforo total, 35% do tempo, e coliformes, 11% do tempo. Todos parâmetros ao mesmo tempo são observados somente em 10% do tempo, devido, principalmente, ao parâmetro coliformes termotolerantes.

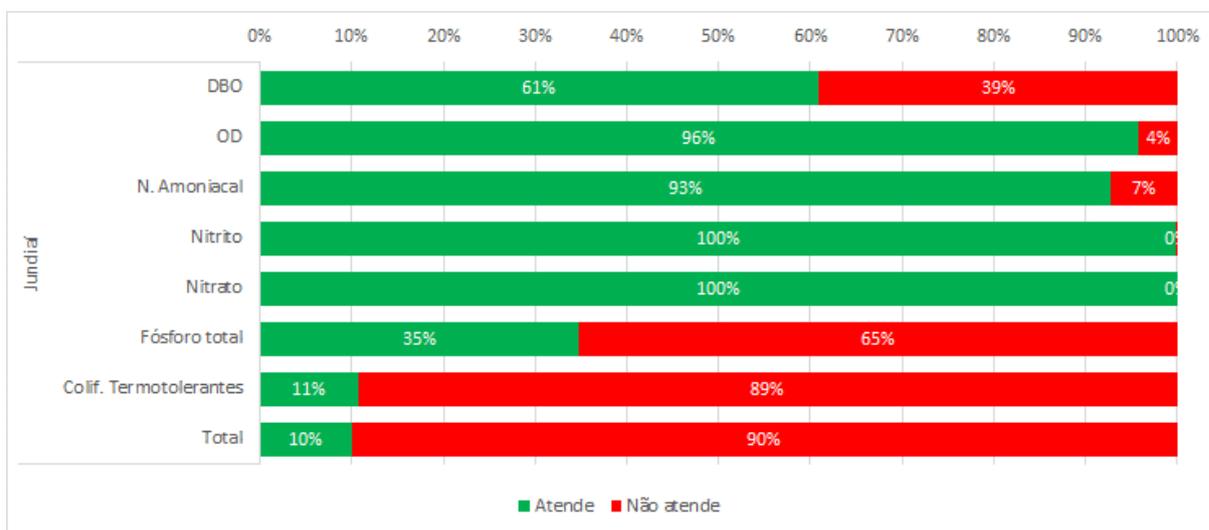


Figura 4.13 – Permanência do atendimento ao Enquadramento na Sub-bacia do Rio Jundiá no Cenário Zero Consolidado (2020) – Série Histórica.

Fonte: Consórcio Profill Rhama (2019)

5 MATERIAL E MÉTODOS

Este item apresenta a metodologia empregada para estimativa dos benefícios econômicos associados à investimentos em saneamento e ao alcance do Enquadramento. O cálculo dos benefícios e dos investimentos, bem como o *trade-off* associado a eles, é estimado a partir de diferentes cenários que relacionam incrementos graduais de população, coleta, tratamento e eficiências de ETEs.

O objetivo destes cálculos é evidenciar que existem benefícios econômicos relacionados aos investimentos em saneamento, e que estes benefícios podem servir de subsídio a discussões quanto a estratégias de investimento dos municípios e dos Comitês de Bacia, visando o alcance das metas de Enquadramento. O fluxo metodológico para análise das alternativas de investimento, considerando os benefícios econômicos do abatimento dos poluentes são listadas a seguir. A Figura 5.1 sintetiza o fluxo metodológico utilizado.

- I. Estimativa dos benefícios econômicos diretos associados a diferentes cenários que variam índices de cobertura de coleta, tratamento e incrementos de eficiência, para alcance do Enquadramento;
- II. Estimativa dos investimentos necessários relacionados aos cenários;
- III. Levantamento dos tipos de financiamento, prazos para amortização e taxas de juros praticadas;
- IV. Combinação de cenários para análise financeira das alternativas, considerando os investimentos e os benefícios, no valor presente.

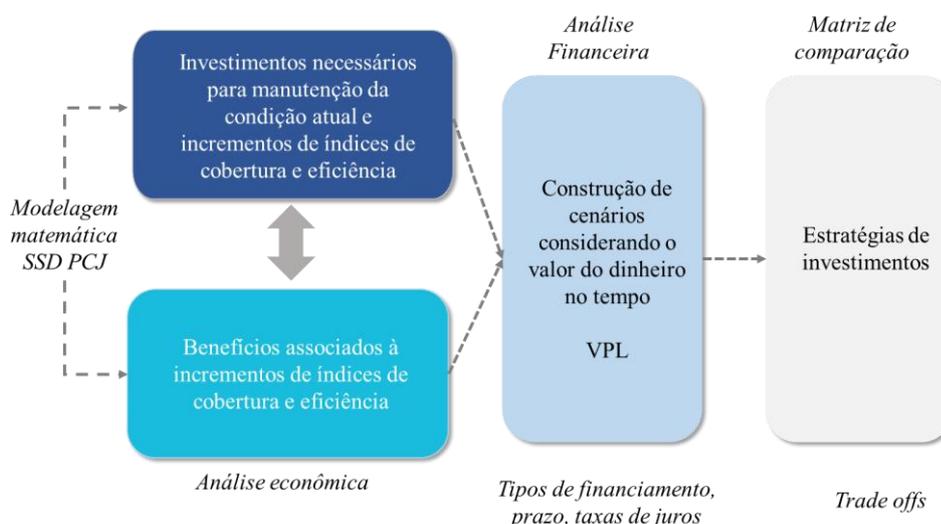


Figura 5.1- Fluxo metodológico

A seguir são detalhados todos os passos listados (de I a IV listados anteriormente).

5.1 ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DIRETOS ASSOCIADOS AO ENQUADRAMENTO

Como apresentado no item 3.2, que versa sobre os benefícios do saneamento, são muitos os benefícios ambientais e sociais associados à melhoria da infraestrutura de saneamento. No entanto, este trabalho buscou mensurar os benefícios econômicos diretos associados ao incremento na coleta e no tratamento de esgotos, especificamente no rio Jundiaí, que foi reenquadrado para classe 3, conforme descrito no item 3.2.

Os benefícios inicialmente investigados foram: (i) redução dos custos de tratamento da água; (ii) redução dos custos de adução e bombeamento, considerando a possibilidade de captar em um manancial mais próximo da ETA; e (iii) receita proveniente da água de reúso direto não potável da água.

De modo a estimar os benefícios associados ao reenquadramento do rio Jundiaí, foram seguidos os seguintes passos:

1. Investigação relativa a adequação dos benefícios considerados e elaboração de um formulário para detalhamento dos benefícios associados à captação do município de Indaiatuba, no Rio Jundiaí. Buscou-se verificar se os benefícios que estavam sendo considerados (acima mencionados, de i a iii) eram adequados e se possuíam aderência na área de estudo.
2. Análise das informações recebidas por meio do formulário (do item 1);
3. Concepção de cenários combinando diferentes possibilidades de expansão do sistema de coleta e tratamento, bem como variação na população;
4. Cálculo dos benefícios econômicos associados à diferentes cenários de abatimento de cargas poluidoras.

A seguir são detalhados os passos anteriormente listados.

5.1.1 Investigação relativa a adequação dos benefícios considerados e elaboração de um formulário para detalhamento dos benefícios associados à captação do município de Indaiatuba, no Rio Jundiaí

Inicialmente, buscou-se verificar se os benefícios preliminarmente propostos para inclusão no trabalho estavam adequados, ou se haviam outros que não estavam sendo levados em consideração no estudo. Aproveitou-se a oportunidade da realização de reuniões com as agências da Cetesb, no âmbito da revisão do Plano das Bacias PCJ (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019), para acesso à informação de fonte primária (Domênico Tremaroli, gerente da Agência de Campinas da Cetesb, que esteve à frente das Ações do Cerju, descrito no item 3.2.2), visando obter informações sobre os benefícios observados pela despoluição do Rio Jundiaí.

A partir de contato com Domênico, foram obtidas informações das ações do Cerju (item 3.2), e foi mencionada a importância da despoluição para a recuperação da qualidade da água do manancial, possibilitando a sua utilização para abastecimento público e também para a volta dos peixes ao rio Jundiaí. Na ocasião, foi mencionado que os custos de tratamento de água no município de Sumaré são elevados devido à necessidade de pré-tratamento (cloração da água bruta), em função da presença de nitrogênio amoniacal na água, e que o problema ocorre também no rio Jundiaí.

Em função do município de Indaiatuba ser o primeiro a ser beneficiado pelo reenquadramento, com a captação para abastecimento público no rio Jundiaí, entrou-se em contato com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) Indaiatuba para obtenção de informações quanto à sua percepção quanto aos benefícios do reenquadramento. Elaborou-se, então, um formulário para o SAAE com as informações necessárias para a estimativa dos benefícios econômicos associados a melhoria da qualidade da água do rio Jundiaí.

O formulário, disponível no Anexo II, contemplou informações sobre o projeto de pesquisa e sobre captações do município de Indaiatuba, com base em Consórcio Profil-Rhama (2018), bem como questões específicas, abrangendo problemas operacionais observados nas ETAs; estimativa de custos adicionais em função da qualidade do manancial; adequabilidade dos benefícios que estavam sendo considerados preliminarmente no projeto; informações relativas à água de reúso e investimentos realizados nos SES.

5.1.2 Análise, sistematização dos benefícios e a sua consideração nos cenários

A seguir são descritos os benefícios considerados neste estudo bem como a forma de utilização das informações nos cenários concebidos, com base na análise e sistematização das informações recebidas do SAAE Indaiatuba.

a) Benefícios da redução de N. Amoniacal no manancial (redução dos custos de pré-tratamento de água)

A partir das informações recebidas do formulário do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) Indaiatuba, foram observados elevados custos associados aos produtos químicos utilizados no pré-tratamento da água.

As informações recebidas evidenciaram a relação direta entre a vazão captada no rio Jundiáí, a concentração de N. Amoniacal no manancial e o consumo de cloro gás. De acordo com os dados, em função da necessidade de realizar “*cloração ao break point*” a quantidade de cloro a ser aplicada deve ser na ordem de 10 mg/L Cl₂ para cada 1 mg/L de Nitrogênio Amoniacal.

Além das informações de oxidante (cloro gás), foram recebidas informações de quantidades de alcalinizante, coagulantes e adsorventes, para todas as ETAs do SAAE, entre 2011 a 2018. Porém, em função dos custos de oxidante serem mais elevados e estarem diretamente associados à presença de N. Amoniacal na água, optou-se em trabalhar somente com as informações de Cloro Gás.

De acordo com as informações do (SAAE) de Indaiatuba, com o reenquadramento do Rio Jundiáí de Classe 4 para Classe 3, no contexto da crise hídrica de 2014 e 2015, foi possível garantir o abastecimento do município com a captação no Rio Jundiáí e obter segurança hídrica. Apesar disso, os elevados custos do pré-tratamento que devem ser realizados para remoção de nitrogênio amoniacal representam um desafio para a gestão e sustentabilidade da operação dos sistemas de abastecimento. De acordo com as informações recebidas, os mananciais da região são afetados por algum tipo de poluição, que é acentuada nos períodos de estiagem.

A figura abaixo ilustra as informações recebidas, evidenciando a relação entre o consumo de cloro no SAAE de Indaiatuba e a concentração de nitrogênio amoniacal no Rio Jundiáí, sendo os valores referentes ao consumo de cloro, apresentados como média mensal no período de 2010 a 2018 e os valores referentes ao nitrogênio estão como média anual.

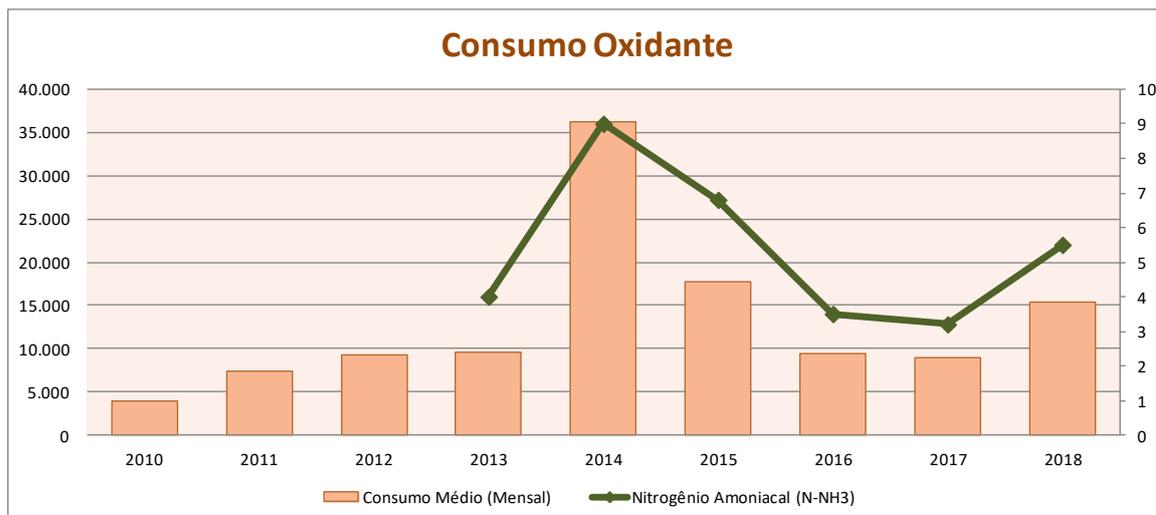


Figura 5.2 – Relação entre o consumo de cloro (média mensal) no período de 2010 a 2018 e a concentração (média anual) de nitrogênio amoniacal no Rio Jundiaí

Fonte: Informações primárias recebidas do SAAE Indaiatuba

O gráfico evidencia um alto consumo de cloro nos anos em que ocorreram períodos de forte estiagem (2014), quando a concentração de nitrogênio amoniacal atingiu valores acima de 10 mg/L. O consumo de cloro não se refere somente a captação das águas do Rio Jundiaí, ou seja, estão contabilizados o consumo de todas as ETAs do SAAE. Apesar disso, observa-se que o aumento no consumo de cloro nos anos 2014, 2015 e 2018 são justificados, principalmente, pela captação no rio Jundiaí, que foi utilizado principalmente neste contexto de crise hídrica. As informações evidenciam um aumento de, aproximadamente, 3,8 vezes no consumo de oxidante em 2014 em relação ao ano anterior.

Apenas como ilustração dos custos que podem chegar de oxidante (Cloro Gás), considerando a vazão captada de 300 L/s, com a concentração de N. Amoniacal de 3,7 mg/L (limite de N. amoniacal para as classes 1 e 2, para pH 7,5), o consumo diário de Cloro Gás seria de R\$ 13.570,42. Considerando o limite da classe 3 (que o rio Jundiaí está enquadrado, na sua maior parte), de 13,3 mg/L, para pH 7,5, os custos diários seriam de R\$ 48.780,14. Estes dados mostram que, mesmo atendendo a classe que o rio está enquadrado, os custos do pré-tratamento seriam muito elevados. De acordo com informações do SAAE, em 2014 foi observada concentração de 19,40 mg/L de N. Amoniacal, acarretando em custos da ordem de R\$ 71.152,99/dia.

Partindo dessas informações, de modo a estimar os benefícios associados a redução da concentração de N. amoniacal no rio Jundiaí, associados à diferentes cenários que variam as

eficiências de remoção de N. amoniacal, e, por conseguinte, reduzem os custos de pré-tratamento, foram formulados cenários simulados com o SSD PCJ, descritos no item 5.1.3.

b) Redução dos custos de adução e bombeamento

O SAAE Indaiatuba informou as características das bombas das Estações de Captação de Água Bruta (ECA) do Pirai e Jundiá, bem como os valores que seriam pagos, em outubro de 2018, de energia elétrica considerando que as ECAs Pirai e Jundiá captassem a vazão outorgada de 300 L/s.

Foram analisados os custos de adução e bombeamento das duas captações de Indaiatuba (Captações da ETA III, que possuem outorga de 300L/s no ribeirão Pirai e no rio Jundiá), e tais custos foram transformados em valores unitários de R\$/L captado. A partir das características das bombas, e dos valores dos custos de demanda e consumo de energia dos horários de ponta e fora de ponta, bem como dos impostos (em torno de 30%), os valores mensais totalizariam R\$ 59.313,07 para a ECA Pirai e R\$ 37.092,18, para a ECA Jundiá. Considerando a vazão outorgada, obteve-se o valor de R\$ 0,08/m³ para a adução do ribeirão Pirai e R\$0,05/m³ para a adução do rio Jundiá.

Nos cenários simulados, considerou-se que o rio Jundiá está sendo utilizado preferencialmente em relação ao ribeirão Pirai. Desta forma, o benefício de economia de energia ocorre em todos os cenários, sendo ele a diferença entre os custos de adução e bombeamento da captação do rio Jundiá e do Ribeirão Pirai.

c) Receita proveniente da água de reúso

A receita potencial (dado que ela não ocorre atualmente) proveniente da venda da água de reúso é outro benefício econômico que está sendo considerado. O aumento da eficiência das ETEs existentes aumenta as possibilidades de utilização da água de reúso. Como a água de reúso pode ser utilizada pra diversas finalidades não potáveis, que requerem diferentes níveis de qualidade do efluente tratado, foram selecionadas informações referentes às demandas industriais dos municípios, sendo este o uso com maior potencial de aproveitamento da água de reúso.

Cinco municípios possuem ETEs que lançam esgotos no rio Jundiá: Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista (sistema integrado), Jundiá, Itupeva e Indaiatuba. Para estes municípios foram utilizadas as demandas industriais (captações superficiais e subterrâneas dos municípios) de

Consórcio Profill-Rhama (2019b) sendo estas informações consideradas como as demandas industriais dos municípios.

Para cada cenário formulado, considerou-se que o aumento da eficiência de tratamento das ETEs (descritos na Tabela 5.1) favorece a venda da água de reúso, aumentando o benefício à medida que as eficiências aumentam. Os itens a seguir apresentam os cenários concebidos e as informações do modelo utilizado para a realização das simulações dos cenários.

5.1.3 Cenários formulados para análise dos benefícios

Os cenários elaborados são:

- a) **Constante:** Representa a situação atual de coleta e tratamento se mantendo inalterada ao longo do período de análise (20 anos), porém, a população aumenta. Não é investido em ampliação da cobertura de coleta e tratamento, somente investe-se na manutenção dos índices atuais, para a população incremental. Este cenário serve de base de comparação entre os benefícios com os demais cenários.
- b) **Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico:** Representa uma situação onde a coleta e o tratamento são ampliadas para 98% e 100%, respectivamente. O tratamento biológico de remoção de N é variável entre os municípios, conforme Consórcio Profill-Rhama (2019). O objetivo deste cenário é mostrar os potenciais benefícios do Enquadramento, considerando a universalização da coleta e tratamento (98% coleta e 100% tratamento) combinados com aumento da eficiência de remoção de N.
- c) **Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas:** Representa uma situação onde a coleta e o tratamento são ampliadas para 98% e 100%, respectivamente. Porém o tratamento é combinado, sendo que parte da vazão tratada com tratamento Biológico, passa por tratamento com membranas, aumentando a eficiência média para 85% para Nitrogênio Total. O objetivo deste cenário é evidenciar os benefícios considerando a universalização da coleta e tratamento (98% coleta e 100% tratamento) combinados com aumento da eficiência de N para (85%).

- d) ***Cenário Teto – total Membranas***: Representa uma situação onde a coleta e tratamento são ampliadas para 98% e 100%, respectivamente. Este cenário considera que toda vazão tratada pela ETE com tratamento biológico passa por pós tratamento com membranas, com eficiência média de 95% para Nitrogênio total. O objetivo desse cenário é evidenciar os benefícios considerando a universalização da coleta e tratamento (98% coleta e 100% tratamento) combinado com aumento da eficiência de N para (95%).

5.1.3.1 *Modelo utilizado para subsídio ao cálculo dos benefícios*

O SSD PCJ (Sistema de Suporte à Decisão das Bacias PCJ) foi selecionado como modelo para subsidiar a estimativa dos benefícios de redução dos custos de pré-tratamento da água (cloro gás). O modelo foi desenvolvido para a gestão dos recursos hídricos nas Bacias PCJ, em parceria entre a Agência das Bacias PCJ e a FCTH, da USP, e nele estão inseridos os dados da Revisão do Plano de Bacias (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018 e CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019), incluindo as informações dos municípios atravessados pelo rio Jundiaí.

O SSD PCJ é estruturado com base em redes de fluxo do tipo AcquaNet e permite verificar o reflexo dos usos dos recursos hídricos na disponibilidade e na qualidade dos principais corpos d'água superficiais das Bacias PCJ. Este sistema possibilita, através de modelos matemáticos integrados a uma base de dados, simular e avaliar cenários diversos de utilização dos recursos hídricos para os usos que compõem as Bacias PCJ. É possível representar no modelo a base de áreas de contribuição ACs (225) que foram definidas na sua concepção (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018). Cada AC corresponde a um trecho de rio da drenagem principal das Bacias PCJ, onde são atribuídos os usos. A Figura 5.3 apresenta as ACs da sub-bacia do rio Jundiaí.

- Índice Remanescente da Carga de Esgoto Coletado não Tratado;
- ACs onde os Lançamentos do Esgoto Coletado não Tratado e não coletado é lançado;
- Índice Remanescente da Carga de Esgoto não Coletado;

3. Dados de ETAs:

- Nome da ETA;
- Capacidade máxima de tratamento;
- Capacidade máxima de captação superficial;
- Municípios atendidos pela ETA.

4. Dados de ETEs

- Nome da ETE;
- Eficiência;
- Capacidade máxima de tratamento;
- Eficiência na remoção de DBO;
- Eficiência na remoção de N;
- Eficiência na remoção de P;
- Área de contribuição (AC) em que está o lançamento e a distância a foz da AC.

5. Demandas

Foram inseridas informações dos cadastros da Cobrança, para captações e lançamentos, superficiais e subterrâneos, dos usos industriais, urbano privado, outros, além das demandas de irrigação e dessedentação animal.

5.1.3.2 Detalhamento das simulações com o SSDPCJ

A partir das informações inseridas no SSD, como disponibilidades hídricas ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{mlp}), e série de vazões (do período 1940-1970), e demandas pontuais e estimadas, população, demanda per capta, índices de perdas, índices de atendimento de água, coleta e esgoto, ETEs e suas características, o modelo realiza uma simulação quali-quantitativa, sendo o detalhamento quanto a formulação da modelagem de quantidade e qualidade disponível em Consórcio Profill-Rhama (2018).

A partir da simulação dos cenários é possível baixar os resultados de saída do modelo, referentes à vazão tratada pelas ETAs, junto da área de contribuição (AC) de onde a vazão é captada (caso uma ETA possua captações em mais de uma AC, é possível saber qual a vazão captada em cada uma das ACs). Além disso, a partir da simulação, também é possível obter as concentrações dos parâmetros (DBO, OD, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Fósforo orgânico e inorgânico e coliformes), na foz de cada AC.

Por isso, neste trabalho foi utilizada a informação das concentrações dos poluentes na foz da AC a montante das captações de Indaiatuba no Rio Jundiaí (na foz da AC JUNA 165). O resultado das vazões captadas pelas ETAs, que varia conforme a disponibilidade hídrica e as demandas em cada cenário, foi obtida na ETA Indaiatuba - 03 - Bairro Pimenta, nas ACs JUNA 164 (Figura 5.4). É importante frisar que o Ribeirão Pirai é mais distante da ETA, porém a qualidade da água é melhor, e o município utiliza este manancial preferencialmente em relação ao rio Jundiaí. Apesar disso, nos cenários formulados, que consideram os benefícios da economia de cloro do pré-tratamento, foi considerado somente os benefícios da redução de N. amoniacal no rio Jundiaí, sendo observada somente as concentrações na JUNA165.

Deste modo, nos cenários são implementadas alterações nos municípios a montante da captação (Itupeva, Jundiaí, Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista), que repercutem na redução dos custos de pré-tratamento da captação de Indaiatuba.

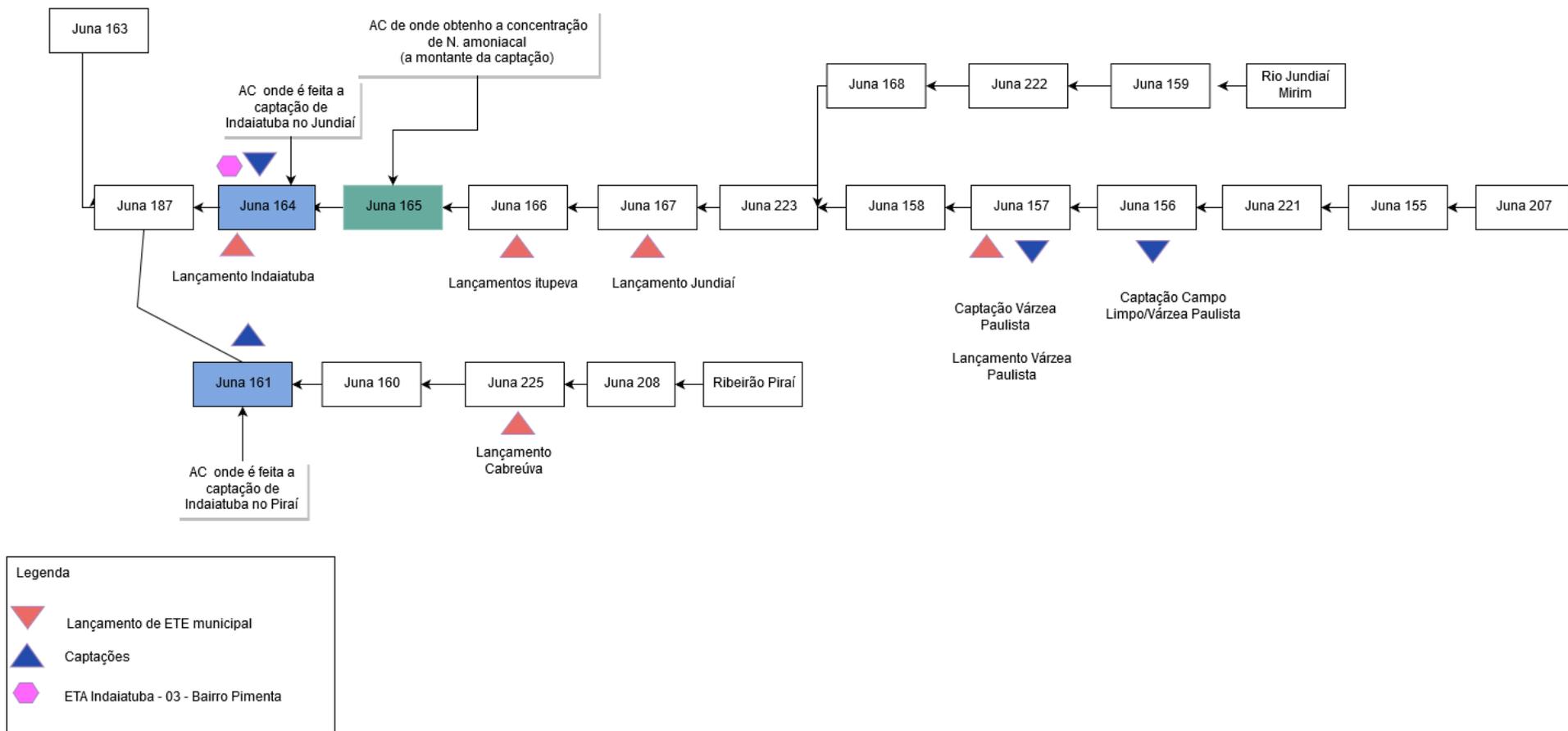


Figura 5.4 – Diagrama das ACs e localização esquemática das captações e lançamentos de ETEs da bacia

5.1.4 Cálculo dos benefícios

5.1.4.1 *Pré-tratamento da água bruta*

De acordo com Marin et al (2007), um aspecto relevante na avaliação dos benefícios de despoluição hídrica é a escolha dos parâmetros de qualidade da água envolvidos na análise, os quais devem caracterizar todos os tipos de fontes de poluição e todos os tipos de poluentes que levam à degradação da qualidade da água. Desta forma, selecionou-se para a análise relativa ao abatimento, o parâmetro Nitrogênio Amoniacal.

Primeiramente, foi selecionado um período para análise das concentrações de N. amoniacal no manancial (rio Jundiáí) e as vazões captadas pela ETA. De modo a obter uma variação destas informações, optou-se em trabalhar com a série de vazões mensais inseridas no SSD (período de 1940-1944). Caso fossem utilizadas as vazões de referência, não haveria variação na concentração de nitrogênio ao longo do tempo. As informações que variaram em cada cenário foram:

- População apresentada na Tabela 5.2;
 - Cada cenário varia a população (2020, 2025, 2030 e 2035), sendo esta população constante ao longo dos 5 anos simulados (Tabela 5.1);
- Indicadores de coleta e tratamento, desde a situação atual, até a universalização (98% de coleta e 100% de tratamento (Tabela 5.3);
- Eficiências de remoção de Nitrogênio total, variando conforme o cenário, variando desde a eficiência atual até 95% (Figura 5.5).

A Figura 5.5 apresenta a abordagem adotada para a estimativa do benefício da redução dos custos de pré-tratamento.

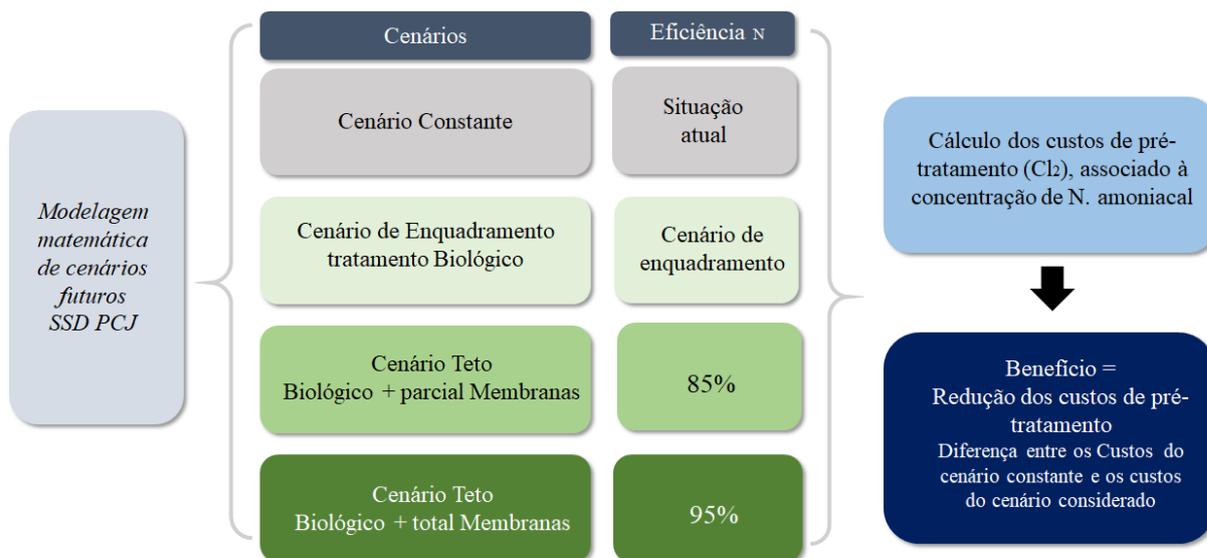


Figura 5.5 – Abordagem adotada para a estimativa da redução dos custos de pré-tratamento

A Tabela 5.1 apresenta o detalhamento dos cenários.

Tabela 5.1 – Descrição dos cenários formulados

Cenário	Descrição	Objetivo	População	Perdas	Coleta	Tratamento	Eficiência remoç. N.
Constante	Situação atual de coleta e tratamento permanece, porém, a população aumenta.	Investimentos mantém a situação atual de coleta e tratamento, mas não é investido em ampliação da cobertura de coleta e tratamento. Base de comparação entre os benefícios com os outros cenários.	2020	Atual	Atual	Atual	Atual ou 35%
			2025	Atual	Atual	Atual	Atual ou 35%
			2030	Atual	Atual	Atual	Atual ou 35%
			2035	Atual	Atual	Atual	Atual ou 35%
Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico	Situação de coleta e tratamento é ampliada para 98% e 100%, respectivamente. Tratamento biológico de remoção de N variável - cenário de Enquadramento.	Evidenciar os benefícios do cenário de Enquadramento, considerando a universalização da coleta e tratamento (98% coleta e 100% tratamento) + aumento da eficiência de N > (75%).	2020	25%	98%	100%	Variável – Cenário de Enquadramento
			2025	25%	98%	100%	Variável – Cenário de Enquadramento
			2030	25%	98%	100%	Variável – Cenário de Enquadramento
			2035	25%	98%	100%	Variável – Cenário de Enquadramento
Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas	Situação de coleta e tratamento é ampliada para 98% de coleta e 100% de tratamento. Tratamento combinado de membranas + Biológico, com eficiência média de 85% de N. Este cenário considera que somente um percentual da vazão tratada pela ETE é feito tratamento complementar com membranas, resultando em uma eficiência média de 85%.	Evidenciar os benefícios considerando a universalização da coleta e tratamento (98% coleta e 100% tratamento) + aumento da eficiência de N para (85%).	2020	25%	98%	100%	85%
			2025	25%	98%	100%	85%
			2030	25%	98%	100%	85%
			2035	25%	98%	100%	85%
Cenário Teto – total Membranas	Situação de coleta e tratamento é ampliada para 98% de coleta e 100% de tratamento. Tratamento considerando membranas, com eficiência de remoção de N de 95%. Este cenário considera que toda vazão tratada pela ETE, após passar pelo tratamento biológico, é realizado tratamento com membranas.	Evidenciar os benefícios considerando a universalização da coleta e tratamento (98% coleta e 100% tratamento) + aumento da eficiência de N para (95%).	2020	25%	98%	100%	95%
			2025	25%	98%	100%	95%
			2030	25%	98%	100%	95%
			2035	25%	98%	100%	95%

Tabela 5.2 – População atual e projetada para 2020, 2025, 2030 e 2035

Município	Pop. 2016 inserida nas Bacias PCJ			Projeção Pop. 2020 inserida nas Bacias PCJ			Projeção Pop. 2025 inserida nas Bacias PCJ			Projeção Pop. 2030 inserida nas Bacias PCJ			Projeção Pop. 2035 inserida nas Bacias PCJ		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Campo Limpo Paulista	78.787	293	79.080	82.601	308	82.909	87.627	326	87.953	92.960	346	93.306	98.633	367	99.000
Indaiatuba	210.201	3.320	213.521	229.121	3.617	232.738	255.191	4.028	259.219	284.221	4.489	288.710	316.559	5.003	321.562
Itupeva	45.940	7.658	53.598	51.805	8.638	60.443	60.209	10.040	70.249	69.964	11.666	81.630	81.313	13.557	94.870
Jundiaí	375.794	16.396	392.190	392.038	17.100	409.138	413.320	18.033	431.353	435.747	19.010	454.757	459.432	20.042	479.474
Várzea Paulista	115.359	90	115.449	121.412	94	121.506	129.436	100	129.536	137.993	108	138.101	147.111	114	147.225

Fonte: Consórcio Profill-Rhama, 2018.

Tabela 5.3 – Per capita e índices de coleta e tratamento atuais, meta e incremento até 2035

Município	Consumo per capita (l/hab./dia)	2017		Cenários de efetivação do enquadramento 2035		Incremento necessário	
		Índice de Coleta (%)	Índice de Trat. (%) em relação ao coletado	Índice de Coleta (%)	Índice de Trat. (%) em relação ao coletado	Índice de Coleta (%)	Índice de Trat. (%) em relação ao coletado
Campo Limpo Paulista	144,00	70%	96%	98%	100%	28%	4%
Indaiatuba	187,90	96%	69%	98%	100%	2%	31%
Itupeva	180,50	75%	97%	98%	100%	23%	3%
Jundiaí	202,50	98%	100%	98%	100%	0%	0%
Várzea Paulista	122,30	91%	100%	98%	100%	7%	0%

Fonte: Elaborado com base nos dados de Consórcio Profill-Rhama (2018) e Consórcio Profill-Rhama (2019b)

Os custos com Cloro Gás foram obtidos a partir da seguinte equação:

$$C \text{ (R\$/mês)} = Q \left(\frac{L}{s}\right) * c_{NH_4} \left(\frac{mg}{L}\right) * \frac{10 \frac{mg}{L} Cl_2}{1 \frac{mg}{L} NH_4} * C_c * 30 * 24 * 3600$$

Onde:

C = Custo mensal de Cloro Gás (R\$/mês)

Q = Vazão captada no rio Jundiá (L/s)

c = Concentração de N. Amoniacal no corpo hídrico (mg/L)

C_c = Custo cloro gás (R\$/mg)

De acordo com as informações recebidas do SAAE Indaiatuba, o valor do Cloro Gás, com 99% de pureza, é R\$ 14,15/kg (0,00001415 R\$/mg), sendo estas informações consideradas nos cenários concebidos.

Considerou-se que a concentração máxima de N. amoniacal aceitável no manancial para que não seja necessário realizar pré-tratamento com cloro é de 1,5 mg/L, concentração definida pela Portaria da Consolidação (BRASIL, 2017) referente ao padrão organoléptico de potabilidade da água tratada.

Por fim, o cálculo dos benefícios consiste na subtração do custo de oxidante (Cloro gás) do Cenário Constante em relação ao custo de oxidante (Cloro gás) nos diferentes cenários, conforme a seguinte equação:

$$\text{Benefício Cl } p = CX_p - CN_p$$

Onde:

Benefício Cl = Benefício da redução do consumo de Cloro gás (R\$/mês);

CX = Custo de oxidante do Cenário Constante (R\$/mês);

CN = Custo de oxidante (Cloro gás) de cada cenário (R\$/mês);

p = data correspondente, no período de 5 anos de vazões da simulação;

Os benefícios foram calculados para cada mês, sendo eles, posteriormente acumulados por ano, para a apresentação dos resultados.

5.1.4.2 *Economia de Energia (Adução e bombeamento)*

Conforme o item 5.1.2, que mostra a abordagem dos benefícios, a partir das informações recebidas do SAAE Indaiatuba, tem-se que o valor unitário de adução do ribeirão Piraí é de R\$ 0,08/m³, e no Jundiaí, R\$0,05/m³. Sendo assim, considerando que o rio Jundiaí está sendo utilizado (e o ribeirão Piraí, em função de ser mais distante e mais caro, não está sendo utilizado), o benefício é a economia de energia (Bp2) ao utilizar o rio Jundiaí. Este benefício ocorre em todos os cenários, sendo ele a diferença entre os custos de adução e bombeamento da captação do rio Jundiaí (CpJ) e do Ribeirão Piraí (CpP). É importante destacar que essa diferença entre os custos de adução e bombeamento é constante em todos os cenários.

$$Bp2 = CbPiraí p - CbJundiaí p$$

Onde:

Bp2=Benefício de Economia de Energia (R\$/mês);

Cb: Custo de bombeamento - Energia (R\$/mês)

p= data correspondente no período de 5 anos de simulação;

Os benefícios foram calculados para cada mês, sendo eles, posteriormente acumulados por ano, para a apresentação dos resultados.

5.1.4.3 *Receita potencial da venda de água de reúso*

Para a quantificação do benefício da receita potencial da venda de água de reúso, foram considerados os mesmos cenários (Tabela 5.1), e para cada cenário atribuiu-se maior ou menor potencial de venda da água de reúso. Cabe destacar que o SSD não foi utilizado para quantificar este benefício. O percentual atribuído a cada cenário é apresentado a seguir:

- **Cenário Constante:** Mesmo que com o nível de tratamento das ETEs atuais, é possível que os esgotos tratados sejam utilizados para usos menos exigentes, porém, foi considerado que **não há benefício** de venda de água de reúso neste cenário;
- **Cenário de Enquadramento (Tratamento biológico): 20% da demanda da indústria,** de cada município, tem potencial de utilização para reúso e geração de receita;

- **Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas:** Com a melhoria do nível de tratamento das ETEs, arbitrou-se um aumento para **40% da demanda industrial** com potencial de utilização para reúso e geração de receita;
- **Cenário Teto - Biológico + total Membranas:** Com a melhoria do nível de tratamento das ETEs, arbitrou-se um aumento para **100% da demanda da indústria** com potencial de utilização para reúso e geração de receita;
- **Cenário Teto - Biológico + total Membranas Super:** Todo o volume de efluente produzido pelas ETEs, operando a 100% da capacidade de tratamento (4,55 m³/s), é vendido como água de reúso. Esse cenário implicaria o atendimento de 87% da demanda total para 2035 da bacia do Rio Jundiáí com água de reúso (Consórcio Profill-Rhama, 2019). Seria possível atender integralmente os 0,73 m³/s, da demanda industrial, com ainda um excedente de água de reúso igual a 3,81 m³/s, que poderia atender a demanda a irrigação, dessedentação animal e a demanda de abastecimento urbano.

De acordo com C2HM (2018), a tarifa de reúso baseada no mercado varia, de modo geral, entre 20% e 100% da tarifa cobrada pela água potável, sendo a média em torno de 70 % da tarifa de água. Sendo assim, com base em C2HM (2018), foi utilizada o valor de 70% da tarifa média da água potável da categoria industrial do município de Jundiáí (ARES PCJ, 2019), que possui o maior potencial de geração de receita deste benefício, por possuir a maior capacidade instalada de tratamento de esgotos, e também a maior demanda industrial. Desta forma, foi considerado o preço de R\$ 11,57 por m³.

5.2 ESTIMATIVA DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA O ALCANCE DO ENQUADRAMENTO

5.2.1 Investimentos necessários associados aos cenários

Conforme pode ser observado na Tabela 5.3, atualmente os índices de cobertura de coleta nos municípios atravessados pelo rio Jundiáí são bastante elevados, no entanto, para que seja alcançada a universalização da coleta, considerando 98% de atendimento, e que esta seja mantida ao longo do tempo, são necessários elevados investimentos para atender o crescimento vegetativo da população.

Foram estimados os investimentos necessários em coleta para cada um dos municípios atravessados pelo rio Jundiáí, considerando o valor per capita de R\$/hab 1.706,80

(CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019), e a projeção da população dos 5 municípios (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2018), até 2035 (Tabela 5.2).

As estimativas levaram em consideração as seguintes informações:

- Índices de coleta atuais e índice dos cenários (todos com 98%) (Tabela 5.3);
- População atual (2016), 2020, 2025, 2030 e 2035 (Tabela 5.5);
- Custo per capita para coleta R\$ 1.706,80/hab (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019);

Em cada cenário, foi calculada a população atendida com coleta, nos seis municípios, em 2016, 2020, 2030 e 2035 e a população incremental atendida em cada quinquênio. A população incremental entre um cenário e outro foi multiplicada pelo custo per capita de coleta (R\$ 1.706,80/hab), resultando no custo total a cada período de 5 anos. Destaca-se que no cenário constante, a população atendida cresce, mesmo que o índice de atendimento com coleta permaneça o mesmo.

Cabe destacar que normalmente, ao executar uma grande obra de saneamento, tal como a modernização ou construção de uma ETE, ocorre a revisão tarifária da cobrança pelo tratamento de esgotos, possibilitando a recuperação dos investimentos feitos ao longo do tempo. Este benefício (receita operacional) não foi considerado nos estudos, pois o intuito foi evidenciar outros benefícios para além da recuperação dos investimentos por meio das tarifas cobradas.

5.2.2 Investimentos em tratamento em cada cenário simulado

Os investimentos necessários em tratamento, considerando os cenários, levaram em consideração as seguintes abordagens:

- Cenário Constante

Para o cenário constante, que considera que as condições atuais são mantidas até 2035, foi analisado somente se a capacidade instalada das ETEs atuais é suficiente para atender ao incremento populacional, até 2035.

- Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico:

Para a estimativa dos investimentos necessários, foi considerado o resultado das eficiências necessárias, por município, do cenário de efetivação do Enquadramento, apresentado em Consórcio Profill-Rhama (2019c), conforme o Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Eficiências mínimas obtidas por município para o cenário de Enquadramento

Município	Eficiências mínimas adotadas			
	DBO	Nitrogênio	Fósforo	Coliformes
Campo Limpo Paulista	95%	70%	99%	99.999%
Indaiatuba	97%	95%	99%	99%
Itupeva	95%	80%	99%	99.99%
Jundiaí	95%	80%	99%	99.999%
Várzea Paulista	95%	70%	99%	99.999%

Fonte: Consórcio Profill-Rhama (2019c)

Caso a infraestrutura atual das ETEs atenda as eficiências requeridas para a efetivação do Enquadramento, não são foram considerados investimentos em alteração do tipo de tratamento. Destaca-se que a estimativa dos investimentos necessários considerou somente a eficiência necessária para Nitrogênio amoniacal, em função do impacto nos custos de pré-tratamento da água, sendo desconsideradas as eficiências necessárias de fósforo e de coliformes, dado que estes elementos não impactam os usos da água do rio Jundiaí.

Caso a eficiência atual das ETEs não atenda a eficiência necessária (apresentada na Tabela 5.4), foi calculado o investimento necessário para adequação das ETEs existentes. A Tabela 5.5 apresenta as eficiências médias associadas aos diferentes sistemas de tratamentos de efluentes, considerando os valores máximos e mínimos associados a cada tipo de tratamento.

Tabela 5.5 - Eficiências médias associadas a diferentes sistemas de tratamentos de efluentes

Sistema de Tratamento	Eficiência de remoção (%)			
	DBO	N Orgân.	N Amon.	N total
Tratamento Primário Avançado	45-80	10-20	<30	<30
Lagoa Facultativa	75-85	10-20	<50	<60
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	75-85	10-20	<50	<60
Lagoa aerada mistura completa + lagoa de sedimentação	75-85	10-20	<30	<30
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	80-85	15-50	50-65	50-65
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa alta taxa	80-85	15-50	65-85	75-90
UASB	60-75		<50	<60
UASB + Lodos Ativados	83-93	15-50	50-85	<60
UASB + biofiltro Aerado Submerso	83-93	15-50	50-85	<60
UASB + Filtro Biológico de alta carga	80-93	15-50	<50	<60

Sistema de Tratamento	Eficiência de remoção (%)			
	DBO	N Orgân.	N Amon.	N total
UASB + flotação por ar dissolvido	83-93	15-50	<30	<30
UASB + lagoas de polimento	77-87	15-50	50-65	50-65
Lodos Ativados convencional	85-93	15-50	>80	<60
Lodos ativados aeração prolongada	90-97	15-50	>80	<60
Lodo ativado batelada	90 - 97	15-50	>80	<60
Lodo ativado convencional com remoção biológica de N	85 - 93	15-50	>80	>75
Lodo Ativado convencional com remoção biológica de N e P	85- 93	15-50	>80	>75
Lodo ativado convencional + filtração terciária	93- 98	15-50	>80	<60
Biofiltro aerado submerso com remoção de N	88-95	15-50	>80	>75
Infiltração lenta	90-99	>80	>75	
Infiltração rápida	85-98	>65	>65	
Escoamento superficial	80-89	30-65	<65	
Sistemas alagados construídos (<i>wetlands</i>)	80-90	<50	<60	
Infiltração lenta	90-99	>80	>75	
Tratamento selecionado				

Fonte: BRITES, 2010 apud Consórcio Profill-Rhama (2019b) e Von Sperling (2014)

O Tabela 5.5 evidencia que quando são necessárias eficiências elevadas para remoção de nitrogênio, o tratamento “Lodo Ativado convencional com remoção biológica de N” apresenta altas eficiências para remoção nitrogênio, sendo este o tratamento considerado para adequação dos sistemas de tratamento atuais. Já o Tabela 5.6 apresenta a comparação entre os custos médios por habitante por tipo de tecnologia empregada no tratamento de efluentes, sendo destacada os custos do tipo de tratamento selecionado.

Tabela 5.6 – Custos médio per capita dos sistemas de tratamento

Sistema de Tratamento	Custo médio por hab (R\$/hab)					
	Brites (2010)	Von Sperling (2014)	ANA (2017)	EPA (2006)	Lo (2015)	PCJ
Tratamento Primário Avançado	136,60	-	-	-	-	-
Lagoa Facultativa	123,85	-	-	-	-	-
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	165,40	-	195,69	-	-	-
Lagoa aerada mistura completa + lagoa de sedimentação	192,38	-	-	-	-	-
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	205,80	-	-	-	-	-
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa alta taxa	178,05	-	-	-	-	-
UASB	72,61	114,50	247,42	-	-	-
UASB + Lodos Ativados	279,35	265,00	320,58	-	-	424,21
UASB + Filtro Biológico anaeróbio	-	-	319,40	-	-	-
UASB + biofiltro Aerado Submerso	291,82	265,00	351,23	-	-	-
UASB + Filtro Biológico de alta carga	226,91	286,50	-	-	-	-
UASB + flotação por ar dissolvido	382,56	286,50	-	-	-	231,67
UASB + lagoas de polimento	181,38	NI	-	-	-	-
Lodos Ativados convencional	264,43	387,00	307,97	-	-	-
Lodos ativados aeração prolongada	279,35	337,00	-	-	-	447,39
Lodo ativado batelada	329,98	337,00	-	-	-	-

Sistema de Tratamento	Custo médio por hab (R\$/hab)					
	Brites (2010)	Von Sperling (2014)	ANA (2017)	EPA (2006)	Lo (2015)	PCJ
Lodo ativado convencional com remoção biológica de N	350,00	487,00				353,66
Lodo Ativado convencional com remoção biológica de N e p	400,00	537,50	-	2.186,91	-	-
Lodo ativado convencional + filtração terciária	400,00	537,50	-	-	-	-
Lodos ativados com coagulação (Fe) mais filtração	-	-	425,67	-	-	-
Biofiltro aerado submerso com remoção de N	275,01	322,50	-	-	-	-
Infiltração lenta	-	179,50	-	-	-	-
Infiltração rápida	-	179,50	-	-	-	-
Escoamento superficial	-	201,00	-	-	-	-
Sistemas alagados construídos (<i>wetlands</i>)	-	215,00	-	-	-	-
Tanque séptico + infiltração	-	265,00	-	-	-	-
MBR	-	-	-	-	334,61	
Custo <i>per capita</i> dos tratamentos selecionados						

Fonte: Adaptado de Brites (2010), von Sperling (2014), ANA (2017), EPA (2006) e Lo et al. (2015), valores atualizados para 2019, Apud Consórcio Profill-Rhama (2019b)

Em Consórcio Profill-Rhama (2019) são apresentados os valores de implantação de uma ETE nova com remoção biológica de nutrientes e também os valores para *retrofit* (adequações de ETEs para remoção biológica de nutrientes), considerando diferentes faixas de vazão, com base em EPA (2006). Considerando a existência de ETEs com capacidade instalada em todos os municípios, considerou-se o valor de 30% de uma ETE nova para o tipo de Lodo ativado convencional com remoção biológica de N (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2019C).

A partir da capacidade de tratamento das ETEs atuais, calculou-se a população equivalente à capacidade de tratamento da ETE. A partir desta população e do custo *per capita*, de R\$ 487,00/hab (custo per capita para Lodo ativado convencional com remoção biológica de N, conforme o Tabela 5.6), calculou-se o valor de uma ETE nova e aplicou-se o percentual de 30%, adotado para o custo de *retrofit*.

- Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas:

Considerou-se que o tratamento com membranas é um tipo de pós tratamento, combinado com o tratamento biológico com remoção de N, por isso, os investimentos para este cenário correspondem à soma dos investimentos “Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico” (descrito anteriormente) com os investimentos necessários para aplicação de membranas ao percentual da capacidade de tratamento da ETE, que corresponde à 40% da demanda da indústria, conforme descreve o item 5.1.4.3. Este percentual é variável, para cada município, conforme pode ser observado na última coluna do Tabela 5.7.

A partir da população equivalente relativa à capacidade de tratamento da ETE e do custo *per capita* para MBR de R\$ 334,61/hab (Tabela 5.6) e o percentual da capacidade da ETE (Tabela 5.7) referente à 40 % da demanda da indústria do município, somado aos investimentos do “Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico”, tem-se o valor total do investimento para este cenário.

Tabela 5.7 – Percentual da capacidade de tratamento em relação à 40% da demanda da indústria

Município	Capacidade de tratamento ETEs (L/s)	Demanda da indústria (L/s)		% da capacidade da ETE
		Total	40%	
Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista*	560,00	288,15*	115,23	20,60
Indaiatuba	1.323,00	60,51	24,43	1,80
Itupeva	155,38	26,61	6,91	4,40
Jundiaí	2.520,00	208,59	74,69	3,00

*Devido ao sistema integrado de Campo Limpo e Várzea Paulista (ETE Várzea Paulista), a demanda industrial dos municípios foi somada.

- Cenário Teto – total Membranas;

Este cenário considera 100% da capacidade da ETE passa por pós tratamento com membranas. Dessa forma, o que diferencia os investimentos do “Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas”, é que neste cenário não é aplicado o percentual de 40% da demanda da indústria. Por isso, os investimentos para este cenário correspondem à soma dos investimentos “Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico” com os investimentos em membranas, considerando toda capacidade de tratamento da ETE.

5.2.3 Infraestrutura para produção e distribuição de água de reúso

A fim complementar as informações dos investimentos necessários associados a infraestrutura necessária para produção e distribuição de água de reúso, além do *retrofit* das ETEs (descritas no item anterior), considerou-se as informações de C2HM (2018), referente à análise de viabilidade técnica-econômica, em nível conceitual, para a implantação de um projeto de reúso não potável, a partir do efluente tratado na EPAR Capivari II (situada no município de Campinas, que já trata seus efluentes com a membranas, apresentado no item 3.3.2.2.

Dentre a infraestrutura dimensionada no CAPEX de C2HM (2018), selecionou-se para incorporação aos investimentos necessários um Sistema de Tratamento Adicional (Desinfecção com Hipoclorito de Sódio), bombas de água não potável, adutora de água não potável, e dois reservatórios, apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Descrição das estruturas consideradas para generalização do CAPEX para reúso

Item	Detalhamento	Custo Total (Ano base: 2017)
Sistema de Tratamento Adicional – Desinfecção com Hipoclorito de Sódio	Dosagem: Hipoclorito de Sódio 10% Aplicação média: 60 mg/L Capacidade para 49 L/s	R\$ 281.099,00
Bombas de Água Não Potável (EPAR até Aeroporto)	Tipo de bomba: Centrífuga Horizontal Arranjo: 1 em operação + 1 reserva Trecho: EPAR até Aeroporto de Viracopos Capacidade: 49 L/s	R\$ 172.368,00
Aduutora de Água Não Potável (EPAR até Aeroporto)	Vazão: 49 L/s; Diâmetro 300mm; Trecho: EPAR até Aeroporto de Viracopos Extensão aproximada: 10,8 km	R\$ 7.741.786,00
Reservatório de Água Não Potável (Aeroporto)	Tempo de detenção hidráulica: 6 horas; Capacidade unitária: 200 m ³	R\$ 924.476,00
Reservatório de Água Não Potável (Centro de Reservação)	Tempo de detenção hidráulica: 6 horas Capacidade unitária: 380 m ³	R\$ 1.261.440,00
Contingência para Itens Construtivos		30%
Engenharia		8%
Licenciamento		2%
Gerenciamento de Construção		4%
Administração		3%
Aspectos Legais		3%
Total		R\$ 17.182.157,00

Fonte: Adaptado de C2HM (2018)

A partir do valor total estimado, de R\$ 17.182.157,00, que atende a vazão de 49L/s, obteve-se o valor de R\$ 350.656,00/L/s. Este valor unitário foi multiplicado pelo percentual da demanda da indústria, variável em cada cenário.

5.3 LEVANTAMENTO DOS TIPOS DE FINANCIAMENTO, PRAZOS PARA AMORTIZAÇÃO E TAXAS DE JUROS PRATICADAS

As informações sobre formas de financiamento das obras de coleta e tratamento de esgotos, que envolvem investimentos de maior monta, foi realizada a partir de informações primárias fornecidas pela Gerência Executiva e Negocial de Governo Porto Alegre/RS da Caixa Econômica Federal. A taxa de juros adotada para os cenários foi de 9%, sendo,

- Juros (FGTS) de 6%;
- Taxa de administração (CAIXA) de até 2%;
- Taxa de Risco (CAIXA) de até 1%.

De acordo com as informações recebidas, as companhias de saneamento captam o recurso com até 9% de taxa e podem amortizar em 240 meses, sendo este o período (20 anos), utilizado nas análises econômicas para trazer os investimentos e benefícios para o valor presente.

5.4 ANÁLISE FINANCEIRA DAS ALTERNATIVAS, CONSIDERANDO OS INVESTIMENTOS E BENEFÍCIOS ESTIMADOS

A partir da estimativa dos investimentos e dos benefícios, foi considerado o tempo típico de amortização (20 anos) das obras de saneamento, sendo definida a combinação dos cenários investimentos e dos benefícios no tempo, considerando o seu valor presente líquido (VPL). Os investimentos e os benefícios foram trazidos para o valor presente, considerando a seguinte equação, considerando a metodologia de Marin et al. (2007), que comparou os benefícios econômicos da redução de poluentes no valor presente:

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

Em que:

VP: Valor presente;

VF: Valor futuro;

i: é a taxa de desconto ou taxa de juros = 9%;

n: período de tempo (n=0 até 19), totalizando 20 anos.

Os cenários foram combinados considerando os valores presentes dos benefícios e dos investimentos calculados anteriormente. Ao longo dos 20 anos de planejamento, foram criados 4 períodos de 5 anos, para combinação entre os investimentos e benefícios:

- 2020-2024 – 1º Quinquênio;
- 2025-2029 – 2º Quinquênio;
- 2030-2034 – 3º Quinquênio;
- 2035-2040 – 4º Quinquênio;

Considerou-se que os investimentos em coleta e tratamento são realizados, ao mesmo tempo nos cinco municípios, concentrados sempre no segundo e terceiro ano (de cada período), considerando que existe um período de contratação dos estudos anterior ao início do investimento. É sabido que, normalmente, o período entre a contratação dos estudos de

viabilidade, anteriores ao início da obra é maior do que um ano, e que os investimentos tendem a ocorrer em momentos diferentes em cada município e também de maneiras diferentes ao longo do tempo. Porém, para fins de comparação entre os cenários e para evidenciar o efeito de iniciar os investimentos mais cedo e mais tardiamente, optou-se em manter fixa a mesma lógica na construção dos cenários.

Considerou-se que os benefícios começam a ocorrer no ano seguinte da conclusão dos investimentos. O Quadro 5.1 apresenta o resumo dos cenários e a descrição dos períodos em que ocorrem. Ressalta-se que os cenários são divididos em tipo 1, 2, 3 e 4, sendo que eles diferem no período em que começam os investimentos e os benefícios. Nos cenários Tipo 1, os investimentos para universalização da coleta (98%) e alteração ou complementação da tecnologia de tratamento começam no primeiro quinquênio, e os benefícios também. Nos cenários Tipo 2, os investimentos para universalização da coleta e alteração ou complementação da tecnologia de tratamento e os benefícios começam no segundo quinquênio, os Tipo 3, no terceiro quinquênio, e os Tipo 4, no quarto e último quinquênio. Em todos os cenários, os investimentos são realizados no segundo e terceiro ano do quinquênio, e os benefícios começam a partir do terceiro ano.

Quadro 5.1 - Descrição dos cenários para análise financeira

Período em que ocorrem os investimentos e começam os benefícios	Tipo cenário	Cenários	Código Cenário	Período em que ocorre o investimento para universalização e tratamento	Período de produção de Benefícios	Tipo de Benefício (Economia de Cl no pré-tratamento)	Benefício Energia	Benefício da Receita da água de Reuso
2020-2024	1	Constante	Constante -1	Não ocorre*	2020 até 2039	Não há	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Não há
2025-2029	2	Constante	Constante -2	Não ocorre*	2020 até 2039	Não há	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Não há
2030-2034	3	Constante	Constante -3	Não ocorre*	2020 até 2039	Não há	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Não há
2035-2039	4	Constante	Constante -4	Não ocorre*	2020 até 2039	Não há	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Não há
2020-2024	1	Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico 1	CE - 1	2021 e 2022	2023 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 20% da demanda da indústria, a partir de 2023
2025-2029	2	Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico 2	CE - 2	2026 e 2027	2028 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 20% da demanda da indústria, a partir de 2028
2030-2034	3	Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico 3	CE - 3	2031 e 2032	2033 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 20% da demanda da indústria, a partir de 2033
2035-2039	4	Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico 4	CE - 4	2036 e 2037	2038 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 20% da demanda da indústria, a partir de 2038
2020-2024	1	Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas 1	C-BPM - 1	2021 e 2022	2023 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante (do mesmo ano)	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 40% da demanda da indústria, a partir de 2023
2025-2029	2	Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas 2	C-BPM - 2	2026 e 2027	2028 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 40% da demanda da indústria, a partir de 2028
2030-2034	3	Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas 3	C-BPM - 3	2031 e 2032	2033 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 40% da demanda da indústria, a partir de 2033
2035-2039	4	Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas 4	C-BPM - 4	2036 e 2037	2038 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 40% da demanda da indústria, a partir de 2038
2020-2024	1	Cenário Teto – total Membranas 1	C-BTM - 1	2021 e 2022	2023 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da demanda da indústria, a partir de 2023
2025-2029	2	Cenário Teto – total Membranas 2	C-BTM - 2	2026 e 2027	2028 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da demanda da indústria, a partir de 2028
2030-2034	3	Cenário Teto – total Membranas 3	C-BTM - 3	2031 e 2032	2033 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da demanda da indústria, a partir de 2033
2035-2039	4	Cenário Teto – total Membranas 4	C-BTM - 4	2036 e 2037	2038 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da demanda da indústria, a partir de 2038
2020-2024	1	Cenário Teto - total Membranas Super 1	C-BTM-Super 1	2021 e 2022	2023 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da produção da ETE a partir de 2023
2025-2029	2	Cenário Teto - total Membranas Super 2	C-BTM-Super 2	2026 e 2027	2028 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da produção da ETE, a partir de 2028
2030-2034	3	Cenário Teto - total Membranas Super 3	C-BTM-Super 3	2031 e 2032	2033 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da produção da ETE, a partir de 2033
2035-2039	4	Cenário Teto - total Membranas Super 4	C-BTM-Super 4	2036 e 2037	2038 até 2039	Diferença do custo de pré- tratamento em relação ao cenário constante	Diferença entre o custo de adução e bombeamento do ribeirão Piraí e do Rio Jundiáí.	Venda de 100% da produção da ETE, a partir de 2038

*Somente ocorrem investimentos para manutenção da situação atual.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados, individualmente, os benefícios e os investimentos associados a cada cenário. Esta abordagem visa evidenciar, individualmente, as ordens de grandeza dos benefícios e dos investimentos associados aos diferentes cenários formulados. Na sequência, é apresentado o balanço entre os investimentos e os benefícios, considerando o valor presente, em cada cenário.

6.1 ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS À REDUÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIACAL NO RIO JUNDIAÍ

6.1.1 Benefício 1: Economia de cloro gás no pré-tratamento da água bruta, considerando a redução da concentração de N. amoniacal no manancial

Para a estimativa do benefício resultante da economia de cloro gás na água bruta, considerando a redução da concentração de N. amoniacal no rio Jundiaí, foi realizada a simulação da qualidade da água com o SSD PCJ, para avaliação do impacto das modificações nos índices de coleta, que chegam a 98%, e tratamento, 100% do esgoto coletado, e incrementos graduais de eficiência de Nitrogênio amoniacal, conforme a metodologia descrita no item 5.1.4.1. Os benefícios aqui se referem à diferença nos custos de pré-tratamento em cada cenário em relação ao Cenário Constante (que corresponde à manutenção da situação atual de coleta e tratamento, porém, aumentando a população).

Os resultados das simulações, nos diferentes cenários, considerando os custos anuais de pré-tratamento, e os benefícios (economia de cloro gás no pré-tratamento) em relação ao cenário constante, são ilustrados na Figura 6.1.

O cenário Teto Biológico + Total Membranas não possui custos de pré-tratamento associados à cloração da água bruta, em função das concentrações de N. amoniacal ficarem, em todos os meses simulados, inferiores à 1,5mg/L. Desta forma, o benefício corresponde à redução total deste custo de pré-tratamento.

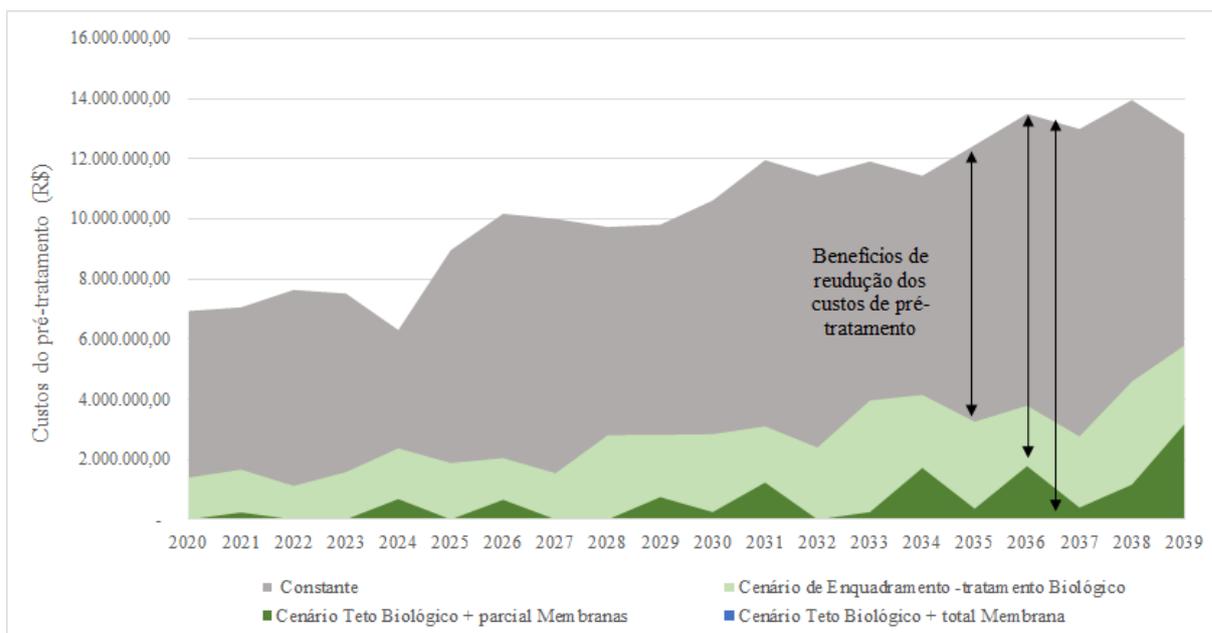


Figura 6.1 – Custos e benefícios do pré-tratamento associados a cada cenário

A fim de ilustrar os resultados das simulações, e fazer diferentes combinações entre os cenários, os resultados das simulações foram acumulados para os períodos de cinco anos. A Tabela 6.1 ilustra o somatório dos custos de pré-tratamento e os benefícios de cada cenário, considerando o período em que ocorrem. As células coloridas correspondem aos períodos em que se iniciam os benefícios, que, por sua vez, estão associados ao início dos investimentos.

Cabe observar que na Tabela 6.1, no Cenário Constante as células não são coloridas. Para os demais cenários, as células não coloridas apresentam os mesmos valores do Cenário Constante, indicando que a ausência do investimento não produz redução nos custos de pré-tratamento, e, portanto, tem benefício igual a zero. Observa-se que quanto mais tarde são realizados os investimentos (tratados no item 6.3), mais tarde ocorrem os benefícios e menores os mesmos são.

Destaca-se que este item se limita a apresentar os benefícios individualmente, no período em que ocorrem, sem considerar o valor do dinheiro no tempo. A análise do investimento associado a cada cenário é apresentada no item 6.2, e o balanço entre investimentos e benefícios, considerando o VPL, no item 6.3.

Tabela 6.1 - Somatório dos custos e benefícios de pré-tratamento, sem considerar valor presente

Cenários	Período	Investimentos em saneamento e benefícios começam a ocorrer no início do período de 2020-2024			Investimentos em saneamento e benefícios começam a ocorrer no início do período de 2025-2029			Investimentos em saneamento e benefícios começam a ocorrer no início do período de 2030-2034			Investimentos em saneamento e benefícios começam a ocorrer no início do período de 2035-2039		
		Somatório dos custos do pré tratamento (R\$)	Somatório dos Benefícios (R\$)	% Benefícios	Somatório dos custos do pré tratamento (R\$)	Somatório dos Benefícios (R\$)	% Benefícios	Somatório dos custos do pré tratamento (R\$)	Somatório dos Benefícios (R\$)	% Benefícios	Somatório dos custos do pré tratamento (R\$)	Somatório dos Benefícios (R\$)	% Benefícios
Cenário Constante	2020-2024	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%
	2025-2029	48.670.195,76	0,00	0%	48.670.195,76	0,00	0%	48.670.195,76	0,00	0%	48.670.195,76	0,00	0%
	2030-2034	57.338.061,68	0,00	0%	57.338.061,68	0,00	0%	57.338.061,68	0,00	0%	57.338.061,68	0,00	0%
	2035-2039	65.723.799,75	0,00	0%	65.723.799,75	0,00	0%	65.723.799,75	0,00	0%	65.723.799,75	0,00	0%
	Total	207.179.558,68	0,00	0%	207.179.558,68	0,00	0%	207.179.558,68	0,00	0%	207.179.558,68	0,00	0%
Cenário de Enquadramento - tratamento Biológico	2020-2024	8.111.436,69	27.336.064,81	77%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%
	2025-2029	11.084.730,97	37.585.464,79	77%	11.084.730,97	37.585.464,79	77%	48.670.195,76	0,00	0%	48.670.195,76	0,00	0%
	2030-2034	16.432.953,32	40.905.108,36	71%	16.432.953,32	40.905.108,36	71%	16.432.953,32	40.905.108,36	71%	57.338.061,68	0,00	0%
	2035-2039	20.177.500,19	45.546.299,56	69%	20.177.500,19	45.546.299,56	69%	20.177.500,19	45.546.299,56	69%	20.177.500,19	45.546.299,56	69%
	Total	55.806.621,16	151.372.937,52	73%	83.142.685,97	124.036.872,71	60%	120.728.150,75	86.451.407,92	42%	161.633.259,11	45.546.299,56	22%
Cenário Teto Biológico + parcial Membranas	2020-2024	908.229,43	34.539.272,06	97%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%
	2025-2029	1.396.003,00	47.274.192,76	97%	1.396.003,00	47.274.192,76	97%	48.670.195,76	0,00	0%	48.670.195,76	0,00	0%
	2030-2034	3.430.654,35	53.907.407,33	94%	3.430.654,35	53.907.407,33	94%	3.430.654,35	53.907.407,33	94%	57.338.061,68	0,00	0%
	2035-2039	6.849.331,88	58.874.467,87	90%	6.849.331,88	58.874.467,87	90%	6.849.331,88	58.874.467,87	90%	6.849.331,88	58.874.467,87	90%
	Total	12.584.218,66	194.595.340,02	94%	47.123.490,72	160.056.067,96	77%	94.397.683,48	112.781.875,20	54%	148.305.090,81	58.874.467,87	28%
Cenário Teto Biológico + total Membranas	2020-2024	0,00	35.447.501,49	100%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%	35.447.501,49	0,00	0%
	2025-2029	0,00	48.670.195,76	100%	0,00	48.670.195,76	100%	48.670.195,76	0,00	0%	48.670.195,76	0,00	0%
	2030-2034	0,00	57.338.061,68	100%	0,00	57.338.061,68	100%	0,00	57.338.061,68	100%	57.338.061,68	0,00	0%
	2035-2039	0,00	65.723.799,75	100%	0,00	65.723.799,75	100%	0,00	65.723.799,75	100%	0,00	65.723.799,75	100%
	Total	0,00	207.179.558,68	100%	35.447.501,49	171.732.057,18	83%	84.117.697,25	123.061.861,43	59%	141.455.758,93	65.723.799,75	32%

De modo geral, os resultados dos cenários mostram que com o crescimento da população, e a consequente maior carga de nitrogênio aportada aos corpos hídricos, em todos os cenários (Tabela 6.1), especialmente no cenário constante, que as condições de coleta e tratamento são mantidas as atuais, a situação piora em relação aos custos de tratamento. A soma dos custos de pré-tratamento da água do município de Indaiatuba, no período de 2020 a 2024, é de R\$ 35.447.501,49, chegando a R\$ R\$ 65.723.799,75, no período de 2035 a 2039. Os resultados mostram que, caso o município de Indaiatuba tivesse somente o rio Jundiá como alternativa de abastecimento para complementar o abastecimento da cidade, os custos do tratamento da água seriam extremamente elevados, podendo chegar a aproximadamente R\$ 207.179.558,68, em 20 anos.

A medida em que é universalizado o saneamento e aumentada a eficiência do tratamento, como pode ser observado em cada diferente cenário, nota-se uma rápida redução dos custos de pré-tratamento. Comparando o Cenário Constante e o Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico, os custos do pré-tratamento poderiam cair dos R\$ 207.179.558,68 para R\$ 55.806.621,16 (representando uma economia de 73% em relação ao custo do cenário constante, após 20 anos). Neste caso, os benefícios auferidos seriam de R\$ 151.372.937,52. Na Tabela 6.1 pode-se verificar também que, quanto mais tarde os investimentos em saneamento são efetuados, observando o último período, 2035-2039, os custos de cloração poderiam ser reduzidos a R\$ 161.633.259,11, correspondendo a uma economia de 22% em relação ao Cenário Constante, sendo o benefício de R\$ 45.546.299,56.

Considerando o Cenário Teto Biológico + parcial Membranas, os custos do pré-tratamento seriam de R\$ 12.584.218,66 e os benefícios, R\$ 194.595.340,02 (representando uma economia de 94% em relação ao custo do cenário constante, após 20 anos). Considerando o Cenário Teto Biológico + total Membranas, os custos de pré-tratamento seriam zerados, pois a concentração de N. amoniacal seria sempre inferior à 1,5mg/L, e os benefícios de R\$207.179.558,68 (100%), que significa a eliminação dos custos de Cloro gás no pré-tratamento da água bruta.

6.1.2 Benefício 2: Redução dos custos de adução e bombeamento

Uma das consequências da degradação da qualidade da água dos corpos d'água é a necessidade de buscar mananciais distantes para o abastecimento das cidades (CH2M, 2017). Sendo assim, o segundo benefício quantificado foi a economia de energia elétrica da adução, considerando a possibilidade de captar em mananciais mais próximos da ETA. No caso do sistema estudado,

considerou-se a substituição da captação no Rio Pirai pela captação no Rio Jundiá. De acordo com informações recebidas da companhia de saneamento de Indaiatuba, para garantir água com qualidade e quantidade necessárias, em muitos casos, a captação é realizada em fontes distantes. No caso estudado, o abastecimento da região sul do município dependia da captação no ribeirão Pirai, localizado a uma distância considerável da ETA III – Bairro Pimenta. Com o reenquadramento do Rio Jundiá para Classe 3, e a possibilidade de captação no rio Jundiá, localizado ao lado da ETA, os custos com o recalque da água para tratamento foram reduzidos.

Considerando a metodologia apresentada no item 5.1.3.2, são apresentados os resultados dos custos de adução das ECAs Pirai e ECA Jundiá, bem como os benefícios, na Tabela 6.2 e na Figura 6.2.

Tabela 6.2 – Custos de adução das ECAs Pirai e Jundiá e benefícios considerados nos cenários

Ano	Custo energia (R\$/ano) - Adução ECA Ribeirão Pirai	Custo energia (R\$/ano) - Adução ECA Rio Jundiá	Benefício - Economia de Energia (R\$/ano)
2020	1.008.391,68	630.244,80	378.146,88
2021	1.018.967,04	636.854,40	382.112,64
2022	1.088.640,00	680.400,00	408.240,00
2023	1.040.739,84	650.462,40	390.277,44
2024	987.863,04	617.414,40	370.448,64
2025	1.440.737,28	900.460,80	540.276,48
2026	1.372.308,48	857.692,80	514.615,68
2027	1.558.310,40	973.944,00	584.366,40
2028	1.438.248,96	898.905,60	539.343,36
2029	1.252.869,12	783.043,20	469.825,92
2030	1.858.152,96	1.161.345,60	696.807,36
2031	1.845.089,28	1.153.180,80	691.908,48
2032	2.004.341,76	1.252.713,60	751.628,16
2033	1.873.082,88	1.170.676,80	702.406,08
2034	1.634.826,24	1.021.766,40	613.059,84
2035	2.027.358,72	1.267.099,20	760.259,52
2036	1.989.411,84	1.243.382,40	746.029,44
2037	2.116.316,16	1.322.697,60	793.618,56
2038	2.034.823,68	1.271.764,80	763.058,88
2039	1.965.150,72	1.228.219,20	736.931,52
Total	31.555.630,08	19.722.268,80	11.833.361,28

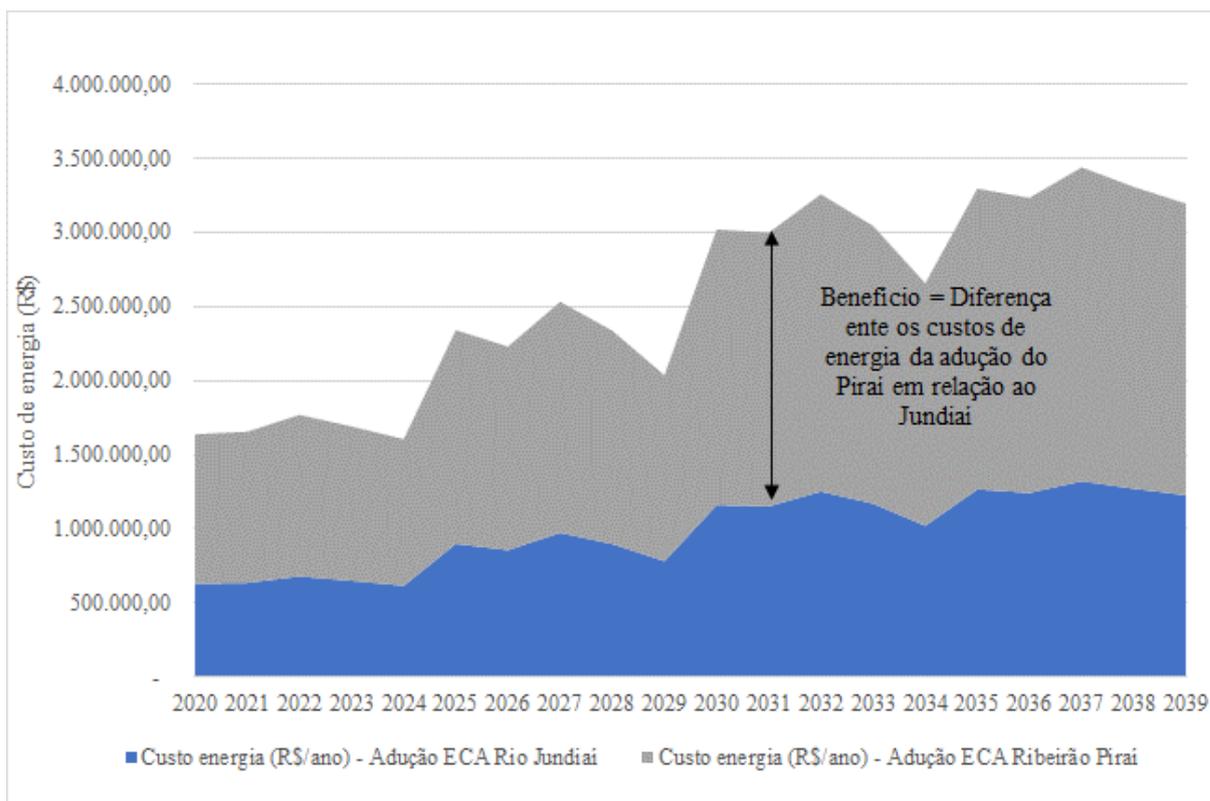


Figura 6.2 - Custos de adução das ECAs Pirai e Jundiá

Como pode ser observado na Figura 6.2, os custos de energia da ECAs Pirai somam, ao final de 20 anos, R\$ 31.555.630,08, já para a ECA Jundiá, R\$ 19.722.268,80, sendo o benefício total de R\$ 11.833.361,28, representando uma economia de 38% em relação à captação do ribeirão Pirai.

6.1.3 Benefício 3: Receita proveniente da venda da água de reúso

O benefício da receita potencial da venda de água de reúso foi calculado considerando os cenários elaborados, sendo que para cada cenário foi atribuído maior ou menor potencial de venda da água de reúso.

Os resultados dos cenários para o benefício de receita potencial da venda da água de reúso são apresentados na Tabela 6.3, para cada um dos cinco municípios. Já a Tabela 6.4 apresenta o potencial de receita, após 20 anos, sendo os resultados, por ano, ilustrados na Figura 6.3.

Tabela 6.3 – Receitas potenciais de venda de água de reúso nos cenários, por município

Município	Capacidade de tratamento ETEs (L/s)	Demanda da indústria (L/s)	Receita potencial do Reúso (considerando 20% da demanda atendida com reúso)		Receita potencial do Reúso (Considerando 40% da demanda atendida com reúso)		Receita potencial do Reúso (Considerando 100% da demanda atendida com reúso)		Receita potencial do Reúso (Considerando venda de 100% da capacidade de tratamento)	
			m³/mês	R\$/ano	m³/mês	R\$/ano	m³/mês	R\$/ano	m³/mês	R\$/ano
Campo Limpo Paulista*	560,00	183,07	94.903,49	13.176.400,27	189.806,98	26.352.800,55	474.517,44	65.882.001,37	1.451.520,00	201.529.036,80
Indaiatuba	1323,00	61,07	31.658,69	4.395.492,24	63.317,38	8.790.984,48	158.293,44	21.977.461,21	3.429.216,00	476.112.349,44
Itupeva	155,38	17,28	8.957,95	1.243.722,06	17.915,90	2.487.444,11	44.789,76	6.218.610,28	402.757,30	55.918.823,98
Jundiaí	2520,00	186,73	96.800,83	13.439.827,51	193.601,66	26.879.655,03	484.004,16	67.199.137,57	6.531.840,00	906.880.665,60
Várzea Paulista*	560,00	105,00	54.432,00	7.557.338,88	108.864,00	15.114.677,76	272.160,00	37.786.694,40	1.451.520,00	201.529.036,80
Total Geral	4.558,38	553,15	286.752,96	39.812.780,97	573.505,92	79.625.561,93	1.433.764,80	199.063.904,83	13.266.853,30	1.841.969.912,62

*O esgoto de Campo Limpo Paulista é tratado na ETE Várzea Paulista, situado no município de Várzea Paulista.

Tabela 6.4 – Receitas potenciais de venda de água de reúso nos cenários, em 20 anos

Cenários	Descrição	Benefício potencial (R\$)
		(em 20 anos)
Cenário de Enquadramento (Tratamento biológico)	Receita potencial de reúso (20% da demanda)	796.255.619,33
Cenário Teto Biológico + parcial Membranas	Receita potencial de reúso (40% da demanda)	1.592.511.238,66
Cenário Teto Biológico + total Membranas	Receita potencial de reúso (100% da demanda da indústria)	3.981.278.096,64
Cenário Teto Biológico + total Membranas Super	Receita potencial de reúso (100% da capacidade de tratamento)	36.839.398.252,33

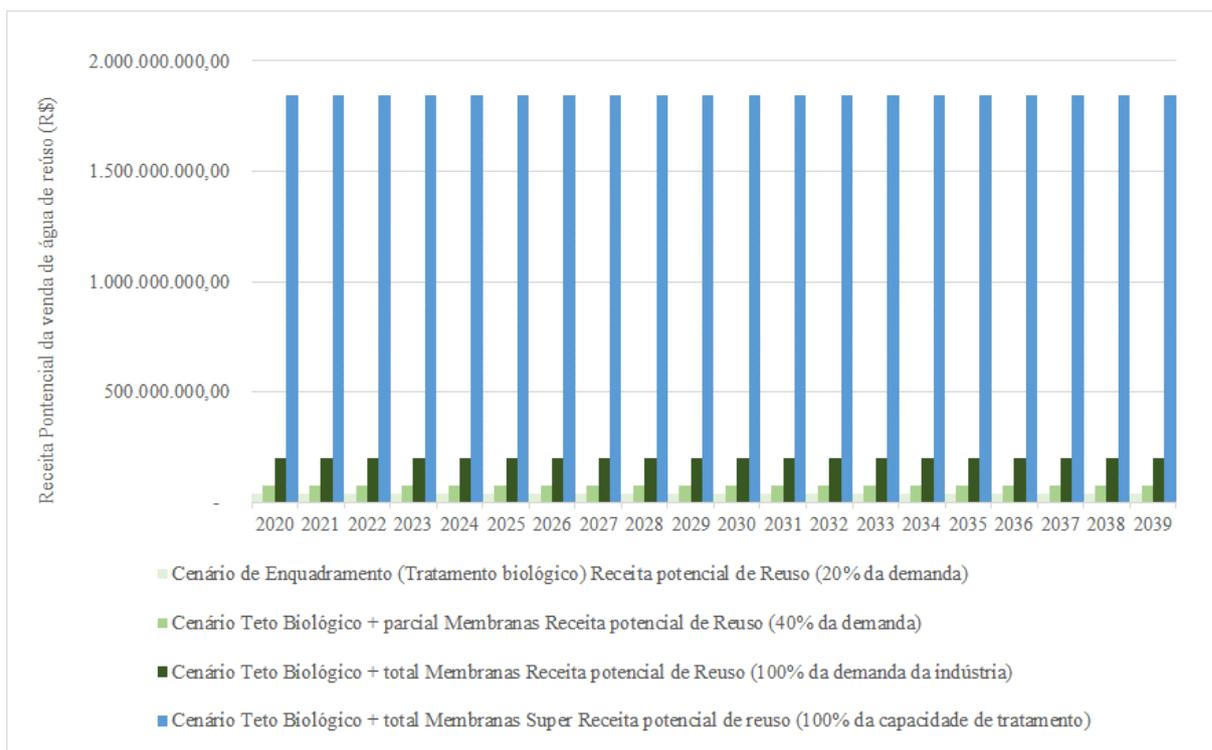


Figura 6.3 - Receitas potenciais de venda de água de reúso nos diferentes cenários

Como pode ser observado na Tabela 6.3, municípios possuem elevado potencial de receita com a venda da água de reúso, devido às elevadas demandas industriais, como Campo Limpo Paulista, Jundiaí, Várzea Paulista e Indaiatuba.

Considerando o valor de R\$11,57/m³ (70% do valor da tarifa média da indústria do município de Jundiaí), o Cenário de Enquadramento, que considera que 20% da demanda da indústria poderia ser atendida com água de reúso, poderia promover uma receita potencial anual de R\$ 39.812.780,97 (considerando o total dos municípios). Este valor em 20 anos, desconsiderando o valor do dinheiro no tempo (que será analisado no item 6.3), poderia gerar R\$ 796.255.619,33.

No Cenário Teto Biológico + parcial Membranas, que considera um atendimento de 40% da demanda da indústria com água de reúso, o potencial anual esperado seria de R\$ 79.625.561,93 em todos os municípios. Este valor em 20 anos, desconsiderando o valor do dinheiro no tempo poderia gerar R\$ 1.592.511.238,66.

No Cenário Teto Biológico + total Membranas que considera um atendimento de 100% da demanda da indústria com água de reúso, o potencial anual esperado seria de R\$ 199.063.904,83 em todos os municípios. Este valor em 20 anos, desconsiderando o valor do dinheiro no tempo poderia gerar R\$ 3.981.278.096,64. Neste cenário é importante mencionar

que possivelmente haveria necessidade de incrementos na tecnologia de tratamento a fim de atender 100% da demanda industrial.

Por fim, o Cenário Teto Biológico + total Membranas Super, considera a receita potencial de 100% da capacidade de tratamento das ETEs. Neste cenário, o potencial de receita anual poderia chegar a R\$ 1.841.969.912,62 em todos os municípios. Este valor em 20 anos, desconsiderando o valor do dinheiro no tempo poderia gerar R\$ 36.839.398.252,33. Apesar deste cenário ilustrar uma realidade atualmente distante no Brasil, dado que a venda de água de reúso para usos mais nobres, com fins potáveis ou para irrigação de alguns tipos de culturas, não é permitida, as demandas crescentes por fontes de água com qualidade e quantidade capazes de suprir os usos já é uma realidade vivenciada em muitos locais, inclusive na bacia do Rio Jundiaí. Nesse sentido, apesar dos elevados valores estimados para este benefício potencial, que também estão associados a elevados investimentos, como pode ser observado no (Tabela 6.7, adiante) este pode ser um cenário possível no longo prazo.

O estudo desenvolvido por Consórcio Profill-Rhama (2019b) apresentou um indicador para medir áreas de contribuição (sub-bacias apresentadas na Figura 5.3) favoráveis ao reúso nas Bacias PCJ. O indicador é baseado na média simples de dois fatores: demanda industrial e retorno de abastecimento (quanto maiores os fatores, maior o peso atribuído a eles, e, portanto, maior a favorabilidade ao reúso). De acordo com Consórcio Profill-Rhama (2019b), uma (1) área de contribuição (AC) situada na bacia hidrográfica do rio Jundiaí é altamente favorável ao reúso e 11 (das 22 ACs) são favoráveis ao reúso. Os municípios inseridos na AC altamente favorável são Campo Limpo Paulista, Jundiaí, Várzea Paulista. Os municípios de Indaiatuba e Itupeva estão localizados em ACs classificadas como favoráveis ao reúso, o que corrobora com o benefício potencial de venda de água de reúso destes municípios.

Conforme informado pelo prestador de serviços do município de Indaiatuba (INDAIATUBA, 2018), a ETE Mário Araldo Candello, que está em processo de ampliação, possui uma Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR) que também está sendo ampliada. A distribuição será feita com caminhões na fase piloto, e a com o aumento da demanda, está prevista construção de uma rede de distribuição da água de reúso, que está em fase de projeto. A EPAR, segundo SAAE Indaiatuba (2019) irá oferecer às empresas interessadas uma alternativa com custo diferenciado em relação ao tratamento de água convencional.

De acordo com o Quatzor Ambiental (2015), a ETE Várzea Paulista, que trata os esgotos de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista fornece água para reúso industrial por meio de caminhões-pipa. O Plano de Saneamento do município de Campo Limpo Paulista (QUATZOR AMBIENTAL, 2015) menciona que a produção de água de reúso para fins industriais é uma oportunidade frente à necessidade de ampliação da disponibilidade hídrica nos municípios de Campo Limpo e Várzea Paulista, possibilitando as atividades industriais, sem ampliar os conflitos por uso de água. Entretanto, é apontada a necessidade de um estudo de alternativas para otimizar a chegada da água de reúso aos consumidores finais, levando em consideração custos, tipologia de indústrias, logística e ordenamento do território.

Embora o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Jundiaí não mencione alternativas de reúso de efluentes, o DAE Jundiaí recebeu orientação da Agência Reguladora do Saneamento das Bacias PCJ (ARES PCJ, 2018), para que desenvolva um programa visando aumentar as suas receitas, como a venda de água de reúso para fins industriais, a fim de assegurar a manutenção do equilíbrio das suas contas e a obtenção dos recursos para novos investimentos.

Sendo assim, observa-se que quase todos municípios considerados no universo de análise deste estudo, apresentam algum estudo ou direcionamento que indique o potencial de reúso associado a eles. Nesse sentido, CH2M (2017) aponta que o principal impulsionador de reúso na região Sudeste do Brasil é a necessidade de fonte de água adicional, particularmente em grandes centros urbanos. E os benefícios associados ao reúso são o aumento da segurança hídrica para indústria, irrigação e usos urbanos, bem como um recurso potencialmente mais econômico e com menor impacto ambiental em relação ao uso de novos mananciais mais distantes.

6.2 INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA ALCANCE DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E INCREMENTOS DE EFICIÊNCIA

Os resultados dos investimentos em coleta, considerando o cenário constante, e os demais cenários (todos outros cenários consideram 98% de coleta e 100% de tratamento) são apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 - Investimentos totais em coleta para os cenários constante e demais cenários

Municípios	Investimentos em Coleta	
	Cenário constante (R\$)	98% de coleta (R\$)
Campo Limpo Paulista	23.799.619,20	71.112.115,20
Várzea Paulista	49.354.101,89	66.943.955,99
Jundiaí	145.996.804,58	145.996.804,58
Itupeva	52.832.287,20	90.074.833,88
Indaiatuba	177.028.203,65	188.005.044,08
Total	449.011.016,51	562.132.753,72

Os resultados mostram que mesmo com índices de coleta elevados, ainda deverão ser investidos, para manter a situação atual, R\$ 449.011.016,51, e para alcançar 98% de coleta, em todos municípios, até 2040, R\$ 562.132.753,72. Observa-se que aproximadamente 20% dos investimentos correspondem ao montante necessário para elevar os índices de coleta até 98% em todos os municípios, e 80% dos investimentos se referem aos investimentos necessários para a manutenção da situação atual. De acordo com ANA (2019), nos últimos dez anos, a cobertura dos serviços de saneamento evoluiu significativamente no Brasil. No entanto, apesar de se ter observado melhora relativa nos indicadores que medem o acesso aos serviços, o número de domicílios sem acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário tem mantido relativa estabilidade, evidenciando que a política pública de saneamento não tem conseguido acompanhar o crescimento, urbanização e formação dos assentamentos precários no país.

A Tabela 6.6 apresenta os investimentos necessários para o tratamento de esgotos, nos diferentes cenários. Como apresentado no item 4.2.1, a maior parte das ETEs dos municípios da bacia do Jundiaí foram construídas nos últimos 10 anos, sendo que somente o município de Itupeva necessita ampliar a capacidade de tratamento, com investimento necessário de R\$ 16.712.637,47, até 2040. Para os demais municípios e cenários, os investimentos necessários são crescentes, à medida que é incrementado o nível de tratamento. Os investimentos em tratamento nos municípios de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista são apresentados em conjunto em função de ambos serem atendidos pela ETE Várzea Paulista (sistema integrado). Já para o município de Indaiatuba, não foram considerados investimentos necessários de instalação da ETE pois a ETE que está sendo ampliada e possui eficiência necessária no atendimento aos cenários.

Tabela 6.6 – Investimentos necessários para tratamento nos diferentes cenários

Municípios	Cenário Constante	Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico	Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas	Cenário Teto – total Membranas
Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	0,00	60.134.760,00	80.793.581,40	197.860.236,00
Jundiaí	0,00	192.431.232,00	203.449.270,08	633.152.755,20
Itupeva	16.712.637,47	16.378.384,72	16.941.051,18	46.865.755,18
Indaiatuba	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	16.712.637,47	268.944.376,72	301.183.902,66	877.878.746,38

Para o Cenário de Enquadramento - Tratamento Biológico, cujas eficiências variam de acordo com o Cenário de Enquadramento de Consórcio Profill-Rhama (2019b), os investimentos necessários são de R\$ 268.944.376,72, no Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas, em que as eficiências para nitrogênio total são elevadas para 85% (e considera-se aplicação de membranas em 40% da demanda da indústria), em todos os municípios, os investimentos sobem para R\$ 301.183.902,66.

No Cenário Teto – total Membranas, em que as eficiências para nitrogênio total são elevadas para 95% (e considera-se aplicação de membranas em 100% da capacidade de tratamento da ETE), os investimentos estimados são de R\$ 877.878.746,38.

Por fim, na Tabela 6.7 são apresentados os investimentos do Capex para implantação da infraestrutura para produção e distribuição de água de reúso para os municípios, considerando os diferentes cenários, de acordo com a metodologia apresentada no item 5.2.3. A Tabela 6.7 traz os investimentos necessários em infraestrutura para produção e distribuição de água de reúso em cada município.

Tabela 6.7 - Investimentos necessários em infraestrutura para produção e distribuição de água de reúso

Município	CAPEX - 20% da Demanda da Indústria (R\$)	CAPEX - 40% da Demanda da Indústria (R\$)	CAPEX - 100% da Demanda da Indústria (R\$)	CAPEX – 100% da capacidade de tratamento (R\$)
Campo Limpo Paulista*	12.838.928,27	25.677.856,55	64.194.641,37	0,00
Indaiatuba	4.282.915,55	8.565.831,10	21.414.577,75	463.918.230,90
Itupeva	1.211.868,03	2.423.736,06	6.059.340,16	54.486.639,39
Jundiaí	13.095.608,66	26.191.217,31	65.478.043,28	883.653.773,14
Várzea Paulista	7.363.781,44	14.727.562,89	36.818.907,21	196.367.505,14
Total Geral	38.793.101,95	77.586.203,91	193.965.509,77	1.598.426.148,58

*o município de Campo Limpo Paulista possui um sistema integrado com Várzea Paulista e a vazão apresentada corresponde à capacidade de tratamento da ETE Várzea Paulista.

A Tabela 6.8 ilustra os investimentos totais (coleta, tratamento e infraestrutura para reúso), de cada cenário e a Figura 6.4, apresenta os percentuais de coleta, tratamento e reúso, para fins de possibilitar uma análise integrada dos investimentos associados.

Tabela 6.8 - Investimentos necessários em coleta, tratamento e reúso

Cenário	Coleta (R\$)	Tratamento (R\$)	Capex Reúso (R\$)	Total (R\$)
Constante	449.011.016,51	16.378.384,72	0,00	465.389.401,23
Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico	562.132.753,72	268.944.376,72	38.793.101,95	869.870.232,40
Cenário Teto - Biológico + parcial Membranas	562.132.753,72	310.846.790,22	77.586.203,91	950.565.747,85
Cenário Teto – total Membranas	562.132.753,72	877.878.746,38	193.965.509,77	1.633.977.009,86
Cenário Teto – total Membranas + 100 % da capacidade de tratamento	562.132.753,72	877.878.746,38	1.598.426.148,58	3.038.437.648,67

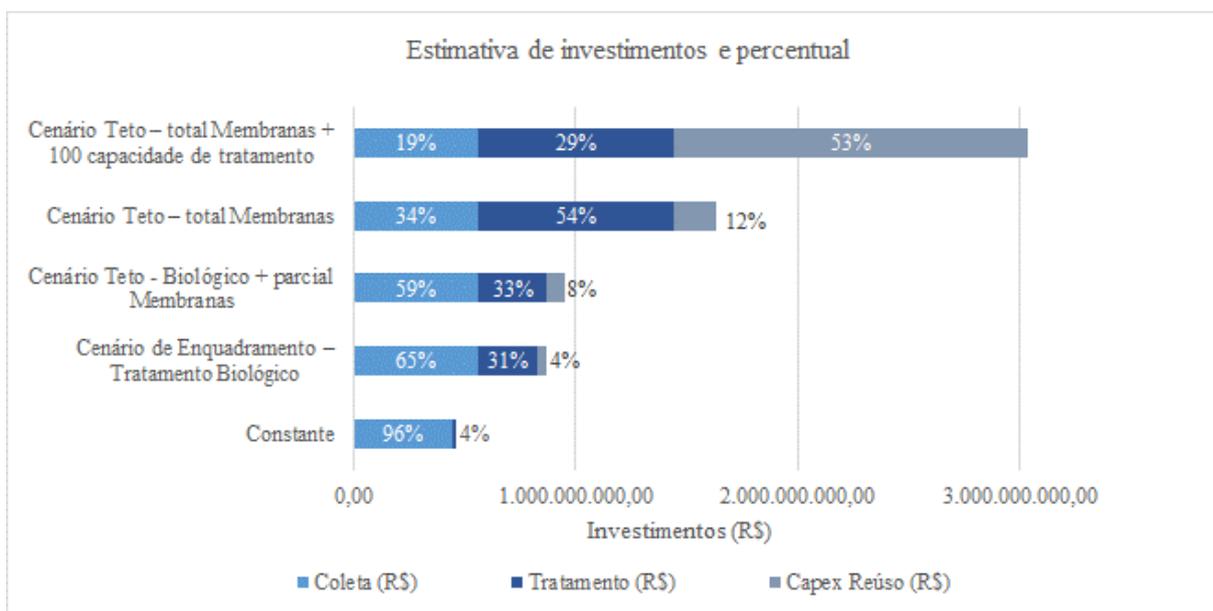


Figura 6.4 – Investimentos necessários em coleta, tratamento e reúso e percentuais associados

6.3 BALANÇO ENTRE INVESTIMENTO E BENEFÍCIOS NO VALOR PRESENTE

Este item apresenta os resultados dos cenários, considerando os investimentos e os benefícios no valor presente, bem como o balanço entre os investimentos e benefícios. O cálculo do VPL possibilita trazer os fluxos de caixa para o valor presente, de modo a viabilizar a sua comparação. De modo geral, pode-se dizer que quanto maior VPL, melhor a alternativa de investimento.

É importante frisar que cada um dos cinco cenários formulados, são subdivididos em quatro outros cenários (tipo 1, 2, 3 e 4), cuja diferença é no período de início dos investimentos e de início dos benefícios. Nos cenários Tipo 1, os investimentos para universalização da coleta (98%) e alteração ou complementação da tecnologia de tratamento começam no primeiro quinquênio, e os benefícios também. Nos cenários Tipo 2, os investimentos para universalização da coleta e alteração ou complementação da tecnologia de tratamento e os benefícios começam no segundo quinquênio, os Tipo 3, no terceiro quinquênio, e os Tipo 4, no quarto e último quinquênio. Em todos os cenários, os investimentos são realizados no segundo e terceiro ano do quinquênio, e os benefícios começam a partir do terceiro ano.

A Tabela 6.9 sintetiza os resultados dos investimentos, benefícios e o balanço entre os investimentos e benefícios, no valor presente, e a Figura 6.5 ilustra os resultados indicados na referida tabela. Destaca-se que o valor total dos investimentos dentro de um mesmo cenário é sempre o mesmo, sendo a diferença dos valores nos tipos devido à diferença no seu período de realização (valor do dinheiro no tempo). Como no Cenário constante não há investimentos em melhoria nas tecnologias (apenas em sua manutenção), não há diferenças nos benefícios, e os valores são iguais (referentes somente ao benefício de redução do consumo de energia, que ocorre independentemente do investimento, conforme detalha o item 4.b). O detalhamento dos resultados de cada cenário, a cada cinco anos, na forma de tabela e gráfico pode ser observada no anexo III.

Tabela 6.9 - Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos diferentes cenários

Cenário	Código do Cenário e Tipo (1 a 4)	Investimentos VP (R\$)	Benefícios VP (R\$)	Balanço VP (R\$)
Cenário Constante	CC-1	-217.752.678,35	5.997.194,23	-211.755.484,12
	CC-2	-192.325.720,08	5.997.194,23	-186.328.525,86
	CC-3	-153.467.040,87	5.997.194,23	-147.469.846,64
	CC-4	-112.378.262,71	5.997.194,23	-106.381.068,48
Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico	CE - 1	-559.950.216,17	345.489.217,13	-214.460.999,04
	CE - 2	-443.817.397,43	193.846.184,66	-249.971.212,77
	CE - 3	-366.713.407,53	92.739.422,24	-273.973.985,29
	CE - 4	-315.423.259,12	25.562.128,24	-289.861.130,88
Cenário Teto Biológico + parcial Membranas	C-BPM - 1	-630.926.408,10	647.147.648,60	16.221.240,49
	C-BPM - 2	-489.947.052,25	359.861.514,29	-130.085.537,96
	C-BPM - 3	-396.694.518,03	169.004.685,16	-227.689.832,87
	C-BPM - 4	-334.908.923,84	42.982.336,29	-291.926.587,55
Cenário Teto Biológico + total Membranas	C-BTM - 1	-1.232.024.605,91	1.509.910.036,22	277.885.430,32
	C-BTM - 2	-880.619.637,25	830.730.732,06	-49.888.905,19
	C-BTM - 3	-650.604.892,79	384.816.122,01	-265.788.770,78
	C-BTM - 4	-499.933.245,70	92.393.676,51	-407.539.569,19
Cenário Teto Biológico + total Membranas Super	C-BTM-Super-1	-2.481.731.515,76	13.324.053.041,78	10.842.321.526,02
	C-BTM-Super-2	-1.692.843.381,64	7.265.530.759,60	5.572.687.377,96
	C-BTM-Super-3	-1.178.494.596,96	3.323.499.346,39	2.145.004.749,43
	C-BTM-Super-4	-843.025.332,94	759.125.616,93	-83.899.716,01
	VPL positivo			

A Tabela 6.9 e a Figura 6.5 mostram que nos cenários Tipo 1, quando os investimentos são feitos no primeiro quinquênio, para os cenários C-BPM, C-BTM e C-BTM-Super o VPL é positivo. Os resultados dos investimentos e dos benefícios acumulados a cada cinco anos são apresentados da Figura 6.6 até a Figura 6.10, para cada cenário. Tais figuras ilustram o comportamento dos investimentos e dos benefícios ao longo do tempo, sendo que quando o balanço entre os investimentos e benefícios passa a ser positivo área cinza nos gráficos, tem-se um VPL positivo, e os benefícios passam a superar os investimentos. Pode-se entender que, descontando os benefícios dos investimentos, os investimentos são reduzidos, e isso pode ser levado em consideração quando da tomada de decisão quanto aos investimentos em saneamento.

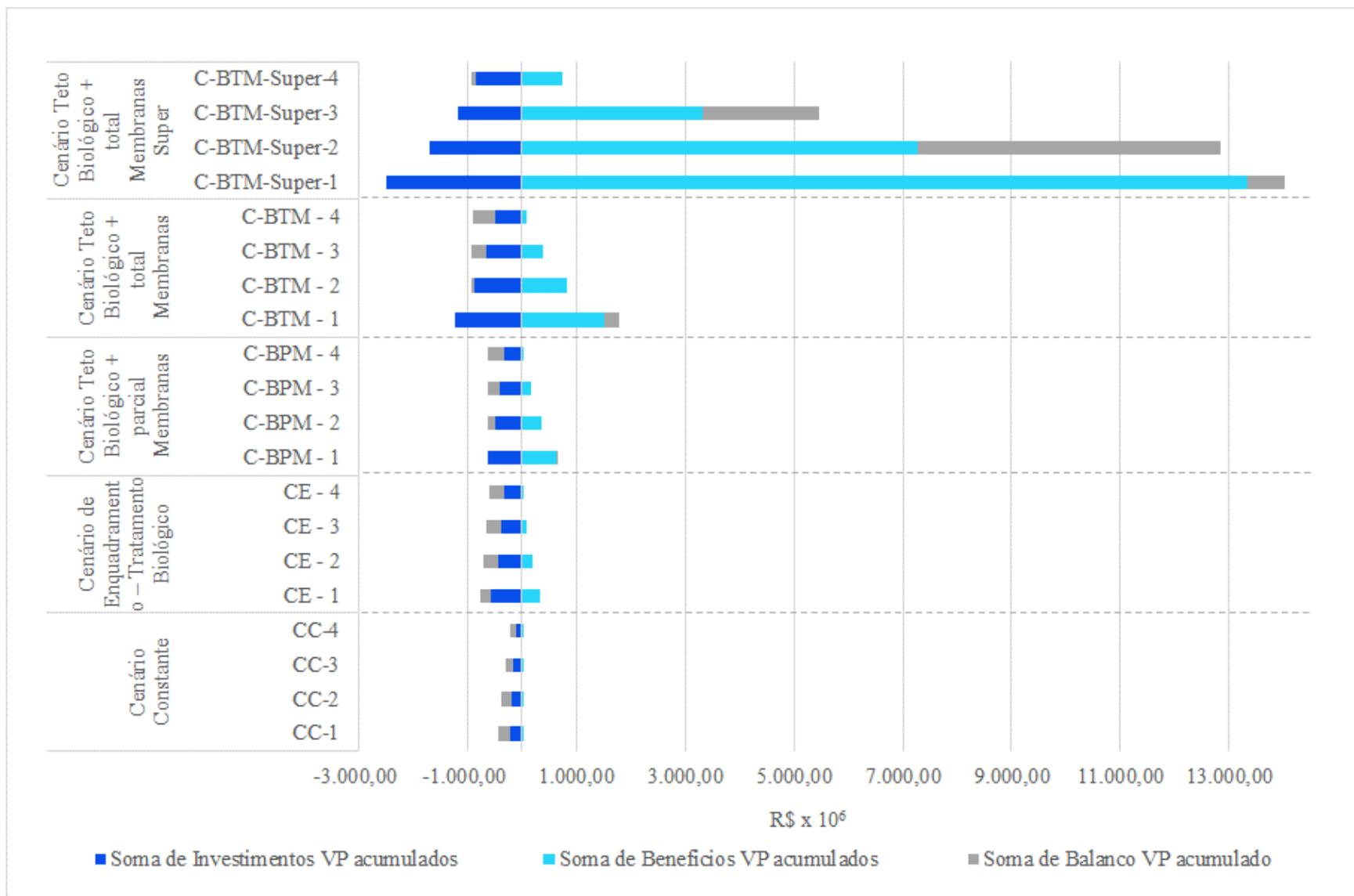


Figura 6.5 – Investimentos, Benefícios e Balanço (VPL) dos diferentes cenários

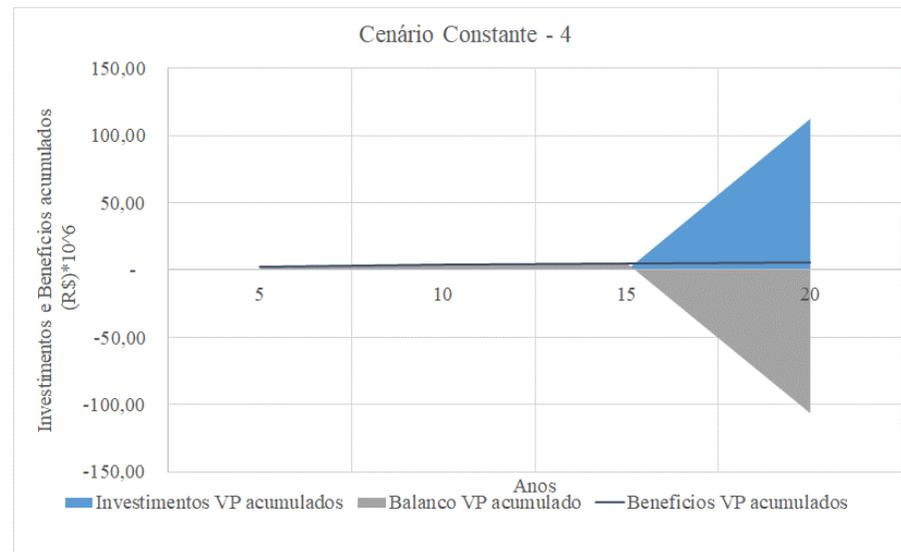
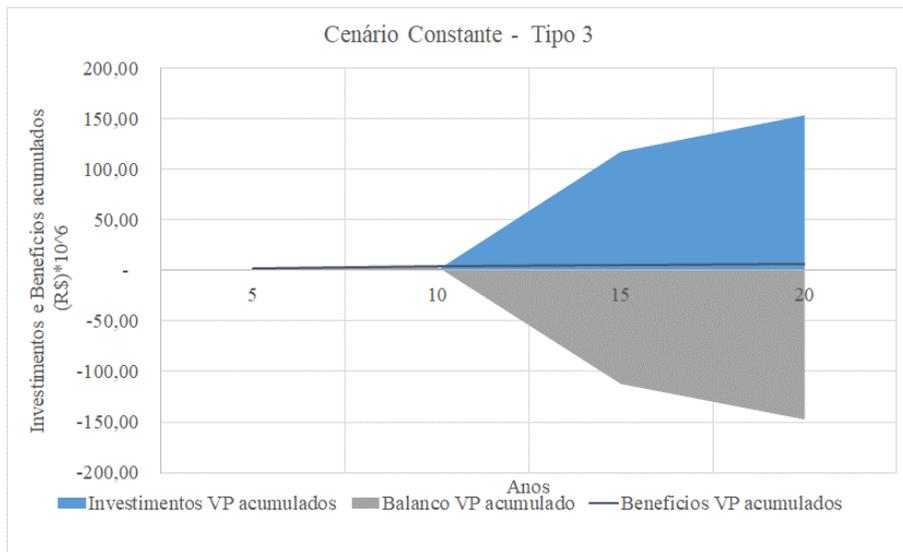
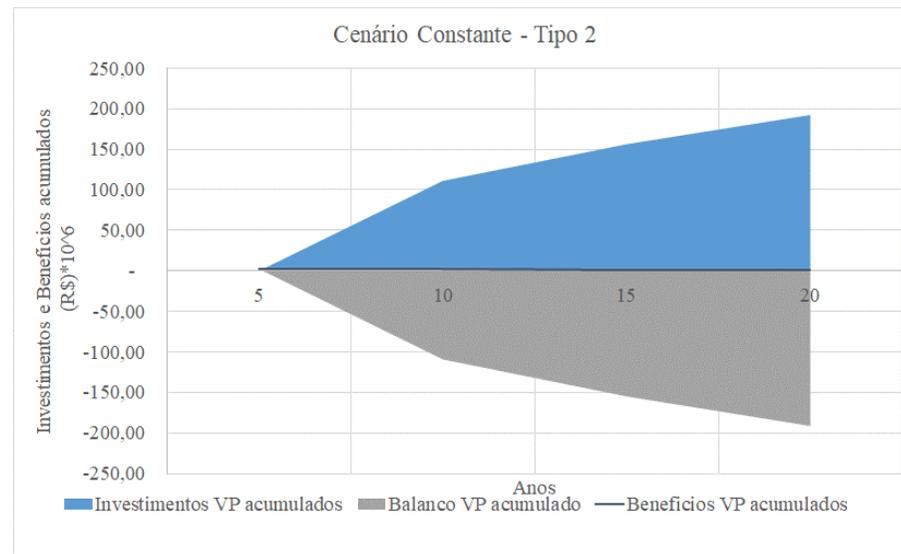
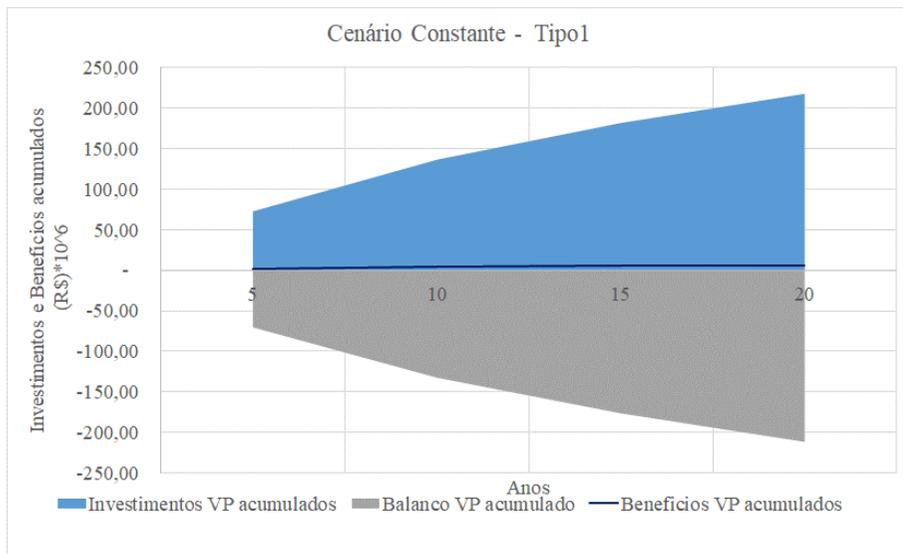


Figura 6.6 – Resultados do cenário constante, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios.

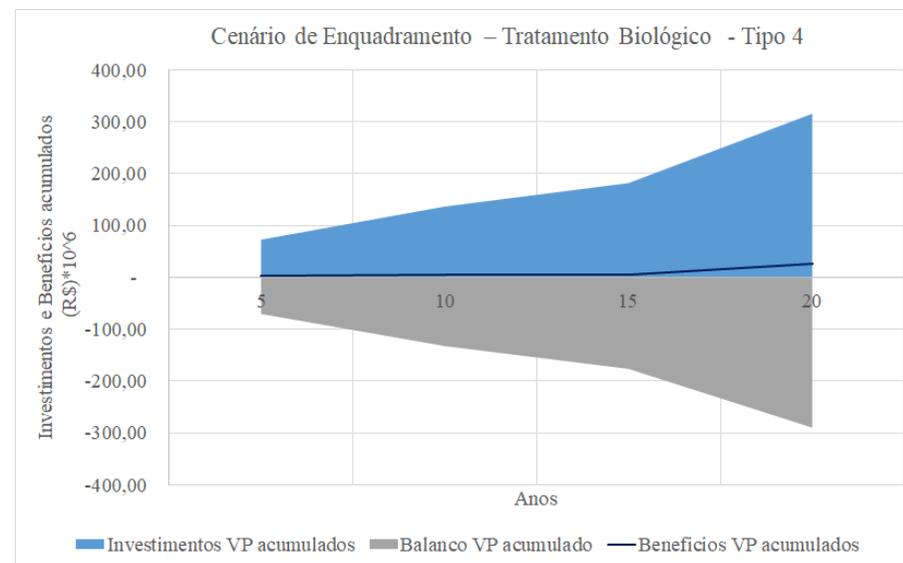
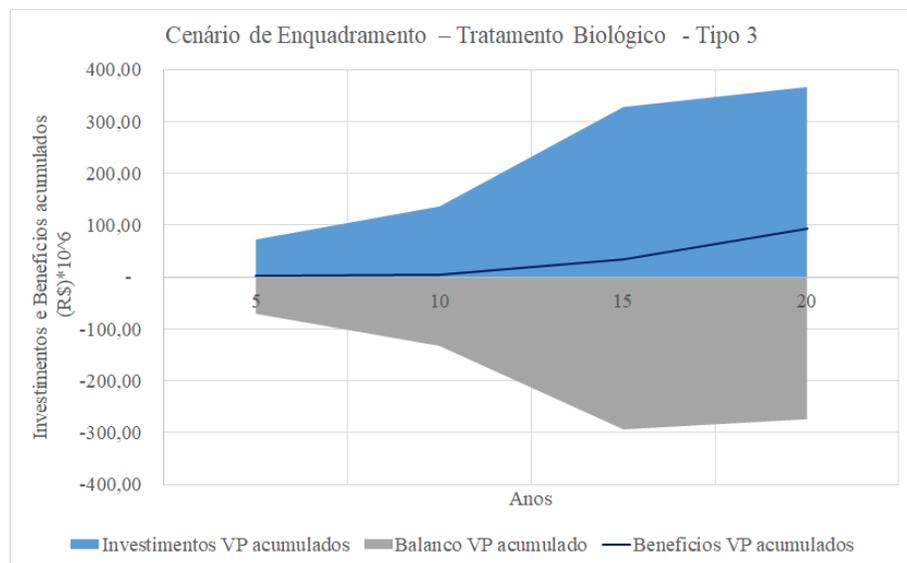
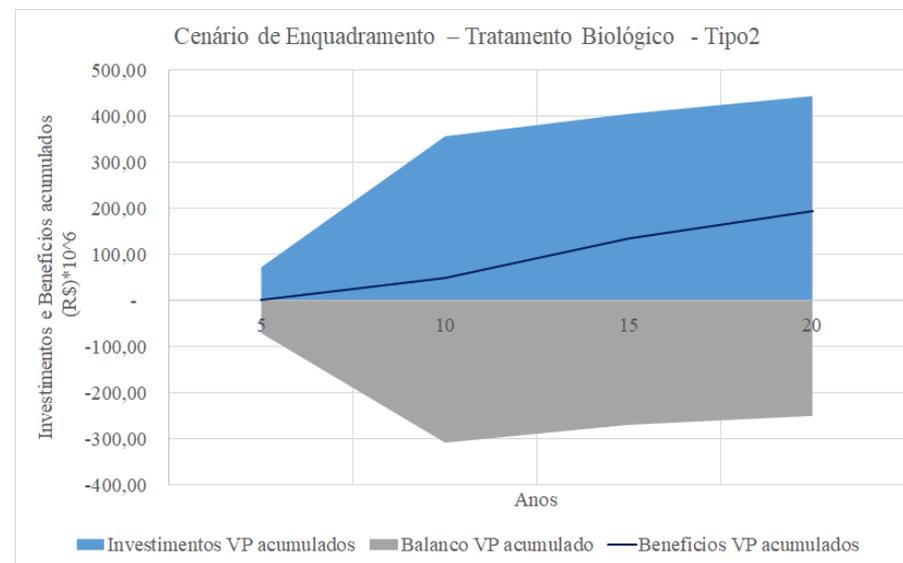
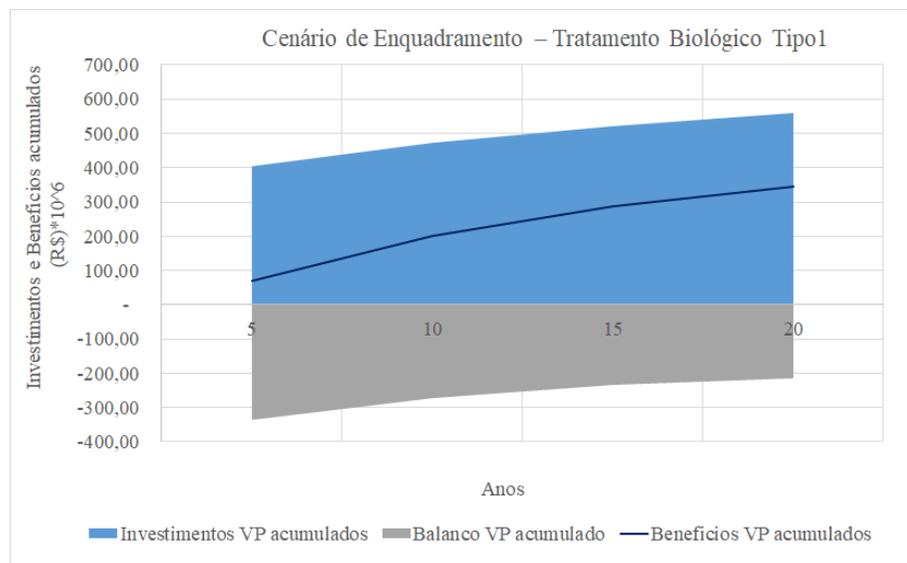


Figura 6.7 – Resultados do cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios

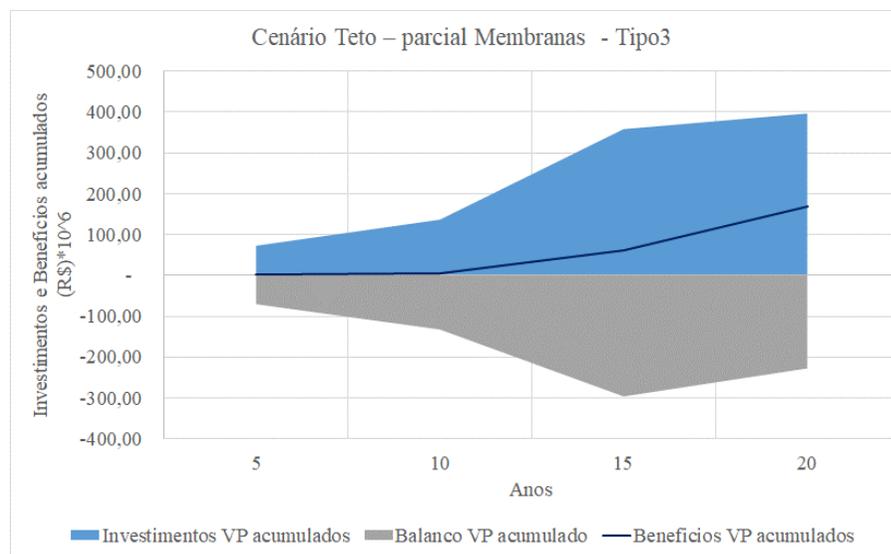
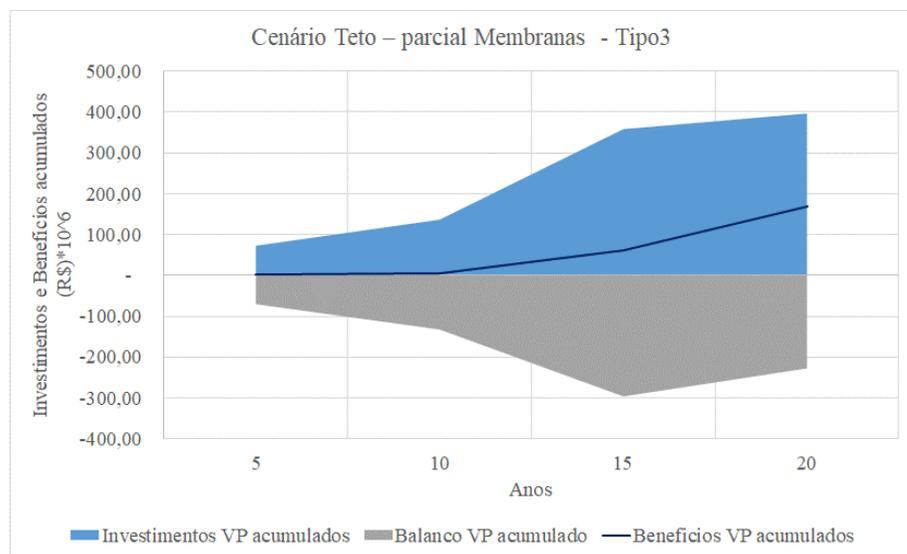
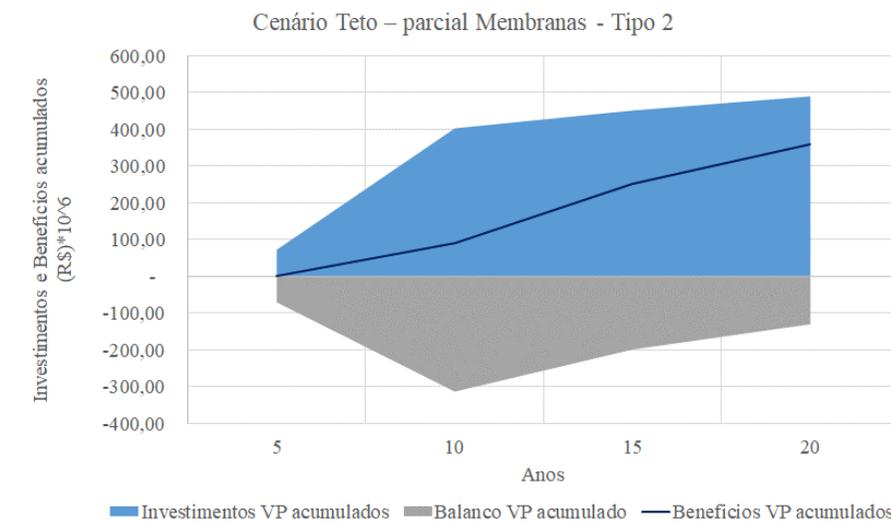
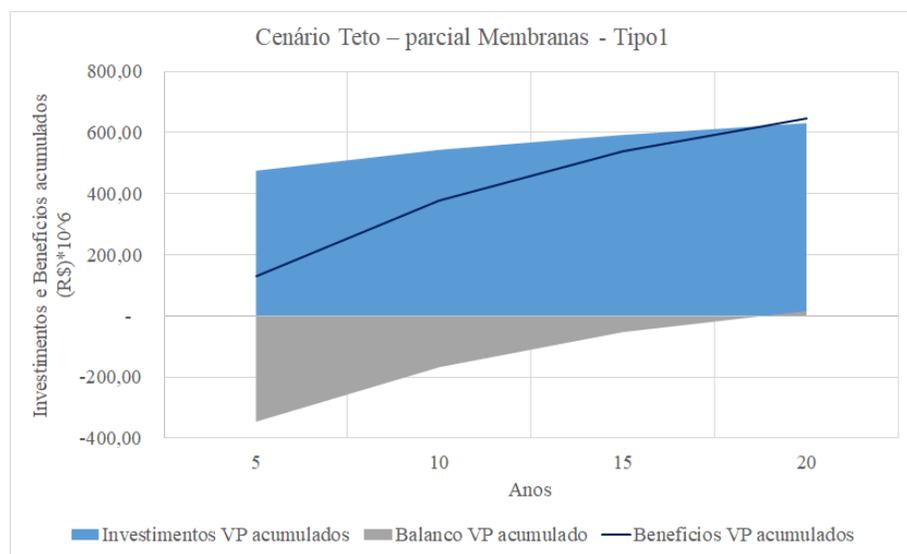


Figura 6.8 – Resultados do cenário Teto Biológico + parcial Membranas, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios

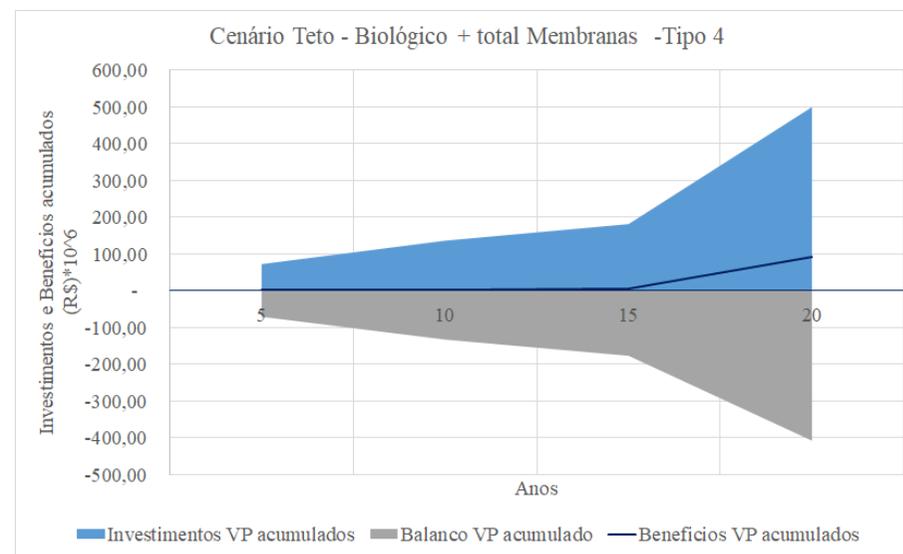
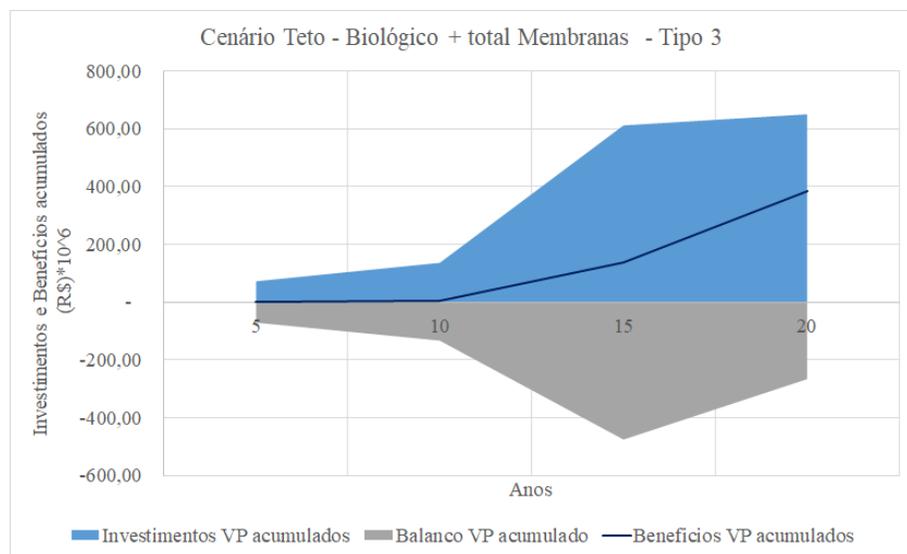
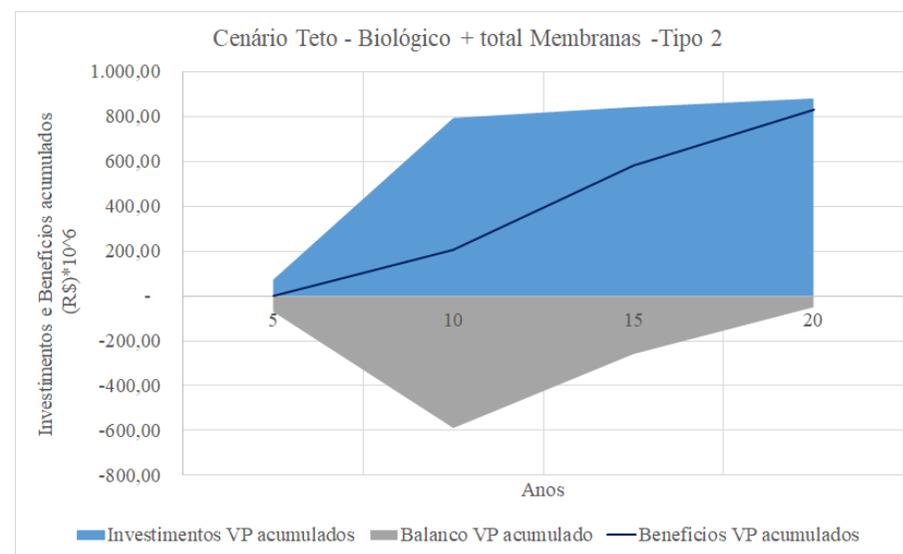
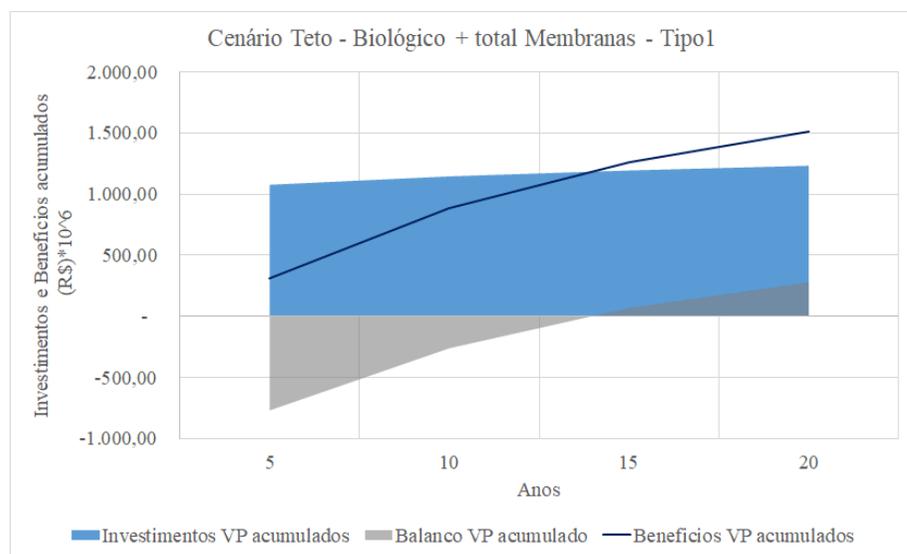


Figura 6.9 – Resultados do cenário Teto Biológico + total Membranas, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios

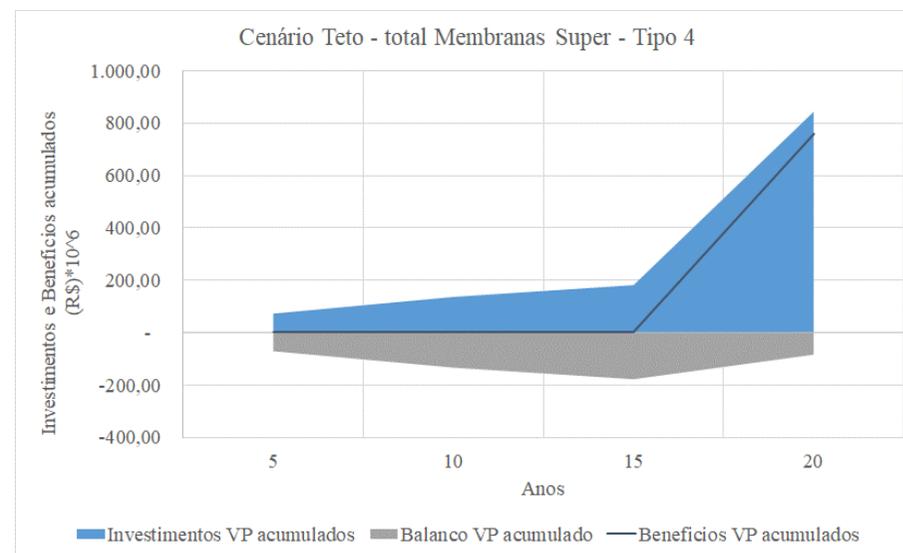
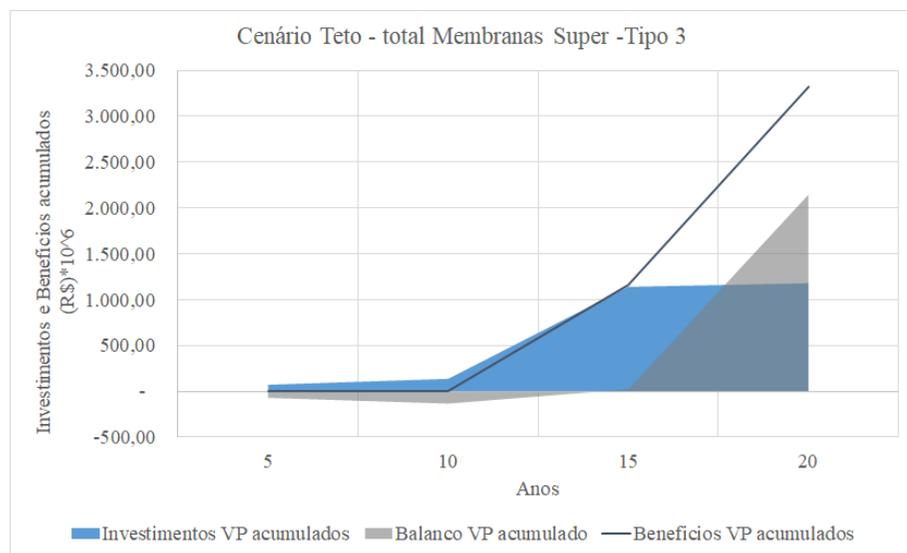
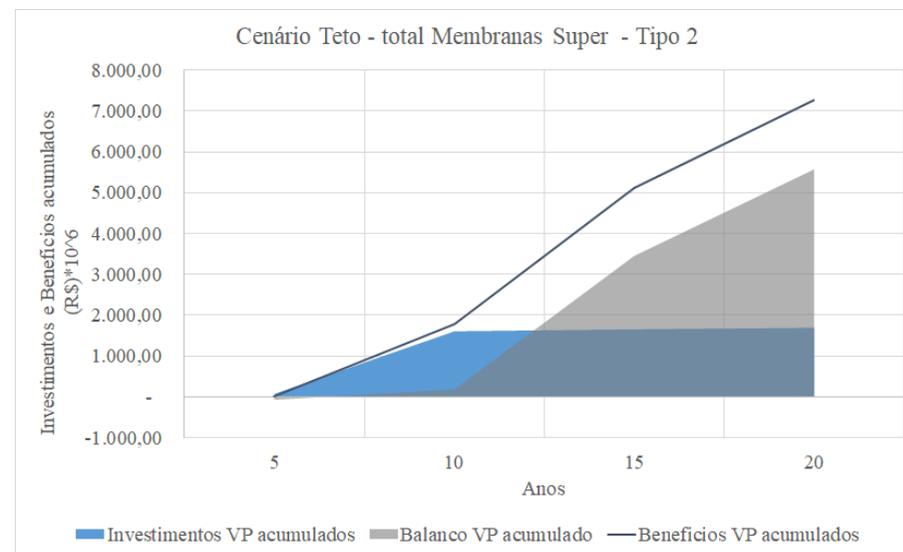
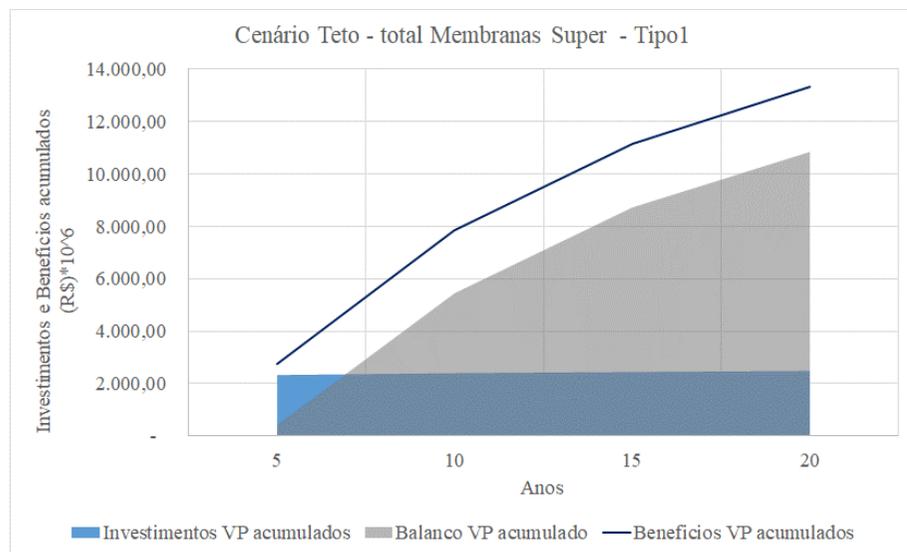


Figura 6.10 – Resultados do cenário Teto Total-Membranas Super, considerando 4 diferentes períodos de investimento e benefícios

Os resultados ilustrados até agora evidenciam que é possível mensurar os benefícios econômicos tangíveis, associados aos investimentos em saneamento, e também ao alcance do Enquadramento, e que eles são bastante significativos. Todos os cenários analisados partem do pressuposto do Enquadramento atendido (com exceção do cenário Constante) sendo feito incrementos em eficiência nas ETEs que possibilitam maior redução de carga de nitrogênio no rio Jundiaí e também maiores benefícios do que o “simples” atendimento de classe 3 no rio Jundiaí. Isso quer dizer que não se está buscando o mínimo, ou o atendimento da classe que o rio está enquadrado, está se buscando extrair o maior benefício, vinculado aos benefícios considerados.

Como esperado, a medida em que os investimentos são adiados para o futuro, o seu custo diminui, produzindo uma economia. Porém, ao postergar os investimentos, adia-se também os benefícios com custos de tratamento de água, energia e venda da água de reúso, que se tornam menores porque são produzidos em um intervalo menor de tempo. Aqui temos um *trade-off* econômico: é compensador reduzir o custo dos investimentos adiando-os para o futuro?

A partir das informações dos benefícios totais (no valor presente), evidenciados na Tabela 6.9, percebe-se que, em cada cenário, é preferível que eles ocorram antes, pois nos cenários Tipo 1 (investimentos são feitos no primeiro quinquênio, assim como benefícios iniciam no primeiro quinquênio), são observados maiores VPLs em relação aos cenários Tipo 2, 3 e 4. Porém, do ponto de vista do financiamento, os investimentos são menores se iniciarem posteriormente. O que representa um *trade-off* que deve ser ponderado ao definir uma estratégia de investimento.

A redução dos investimentos, bem como dos benefícios, ao longo do tempo, é evidenciada quando se analisa os cenários Tipo 1 (maiores investimentos e maiores benefícios), sendo eles reduzidos até o Tipo 4. A Figura 6.11 e a Figura 6.12 ilustram o comportamento dos cenários Tipo 1 e Tipo 4.

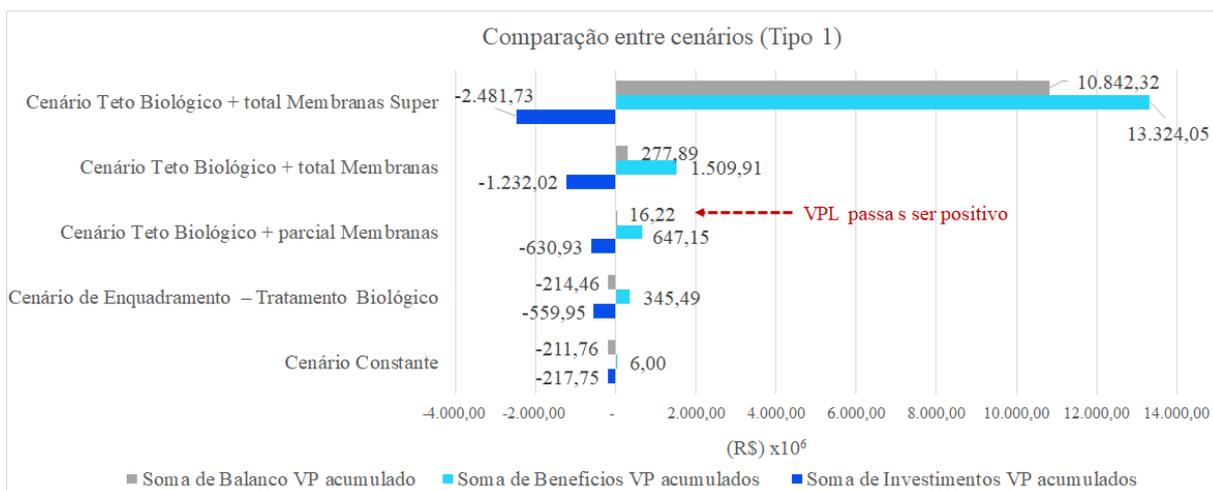


Figura 6.11 – Investimentos, Benefícios e Balanço (VPL) dos diferentes cenários – Tipo 1, com destaque para o VPL positivo no Cenário Teto Biológico + parcial Membranas (Tipo 1)

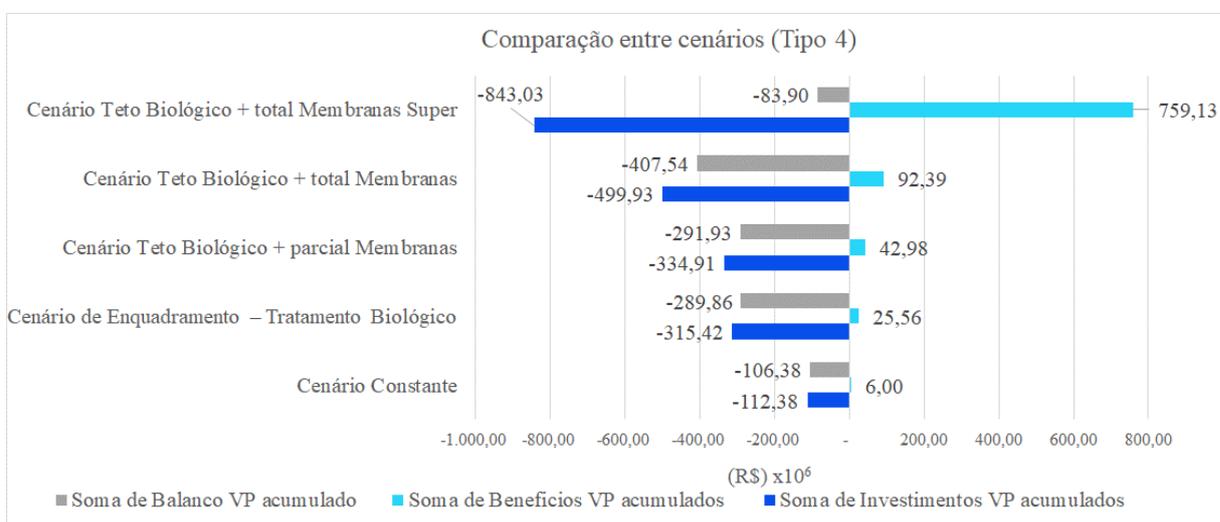


Figura 6.12 – Investimentos, Benefícios e Balanço (VPL) dos diferentes cenários – Tipo 4

Os resultados mostram que, a partir do Cenário Teto Biológico + parcial Membranas (Tipo 1), o VPL passa a ser positivo (R\$ 16.221.240,49) (Figura 6.11), o que indica que o cenário, do ponto de vista puramente financeiro, é viável. Porém, do ponto de vista da comparação entre diferentes estratégias de investimento, considerando adiantar ou postergar os investimentos, somente o cenário Tipo 1 apresenta VPL positivo, e os demais VPLs deste cenário referentes aos Tipos 2, 3 e 4, são reduzidos, e negativos, portanto menos atrativos, apesar de terem seus investimentos postergados e reduzidos. Os VPLs tornam-se negativos em função de não haver tempo de recuperar os investimentos (considerando os benefícios), no horizonte de planejamento. Esse resultado confirma a resposta à pergunta sobre o *trade-off* apresentado: postergar os investimentos na infraestrutura hídrica e de saneamento não é um bom negócio.

Nota-se que o maior VPL ocorre no Cenário Teto Biológico + total Membranas Super (Tipo 1, R\$10.842.321.526,02, seguido do Cenário Teto Biológico + total Membranas (Tipo 1), R\$277.885.430,32. Para estes mesmos cenários, os VPLs passam a ser negativos a partir do segundo quinquênio, com exceção do Cenário Teto Biológico + total Membranas Super, que passa a ser negativo no último quinquênio, devido aos elevados benefícios potenciais da venda de água de reúso. Todavia, devido as dificuldades associadas à venda de água de reúso, inclusive potável e para fins mais nobres, este cenário somente seria viável no longo prazo. A partir das informações da Tabela 6.9, que mostra que os cenários Tipo 1 apresentam os maiores VPLs, a discussão será centrada nos resultados desta tipologia de cenário.

A comparação entre as diferenças percentuais entre os cenários analisados, considerando os investimentos e benefícios auferidos, conforme evidencia a Figura 6.13, pode auxiliar na tomada de decisão quanto à melhor estratégia a ser adotada, a fim de relativizar os valores de investimentos e benefícios (Figura 6.14) e evidenciar quanto os benefícios superam os investimentos, em cada cenário.

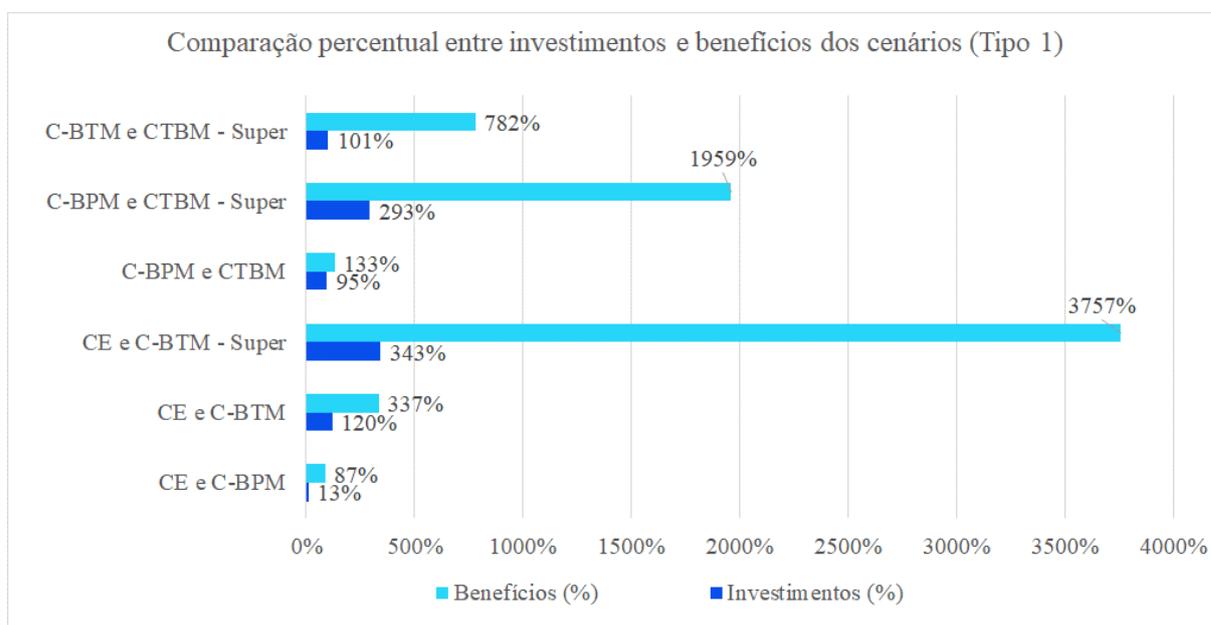


Figura 6.13 – Comparação percentual entre os Investimentos e Benefícios no cenário Tipo 1

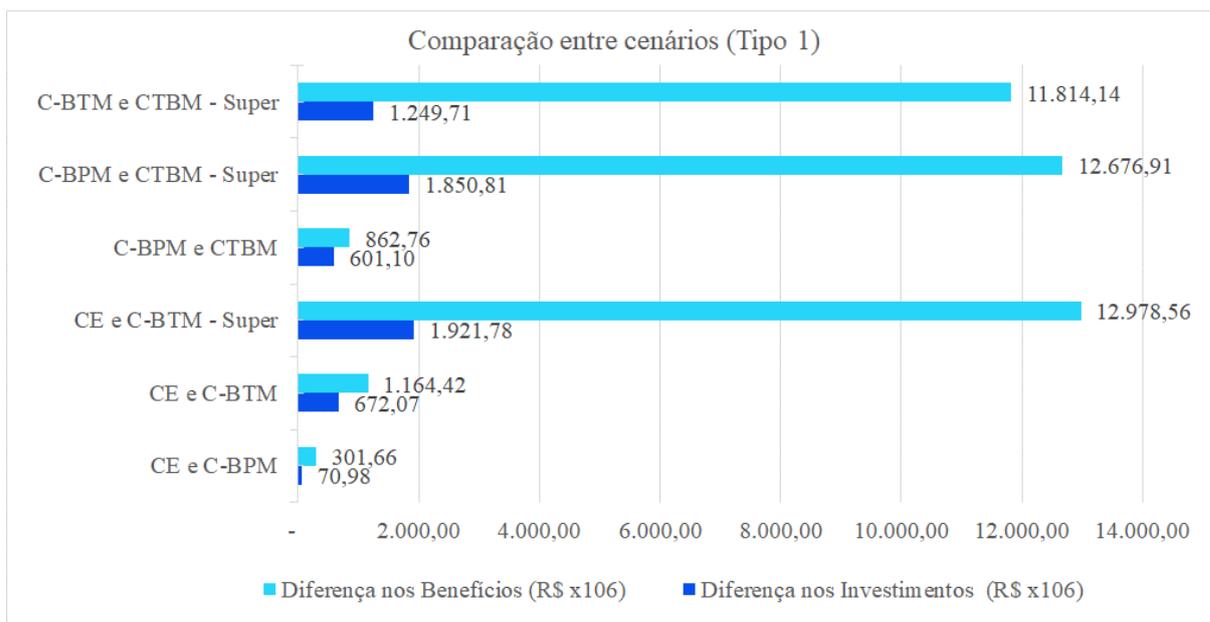


Figura 6.14 – Comparação entre os Investimentos e Benefícios no cenário Tipo 1

Nota-se que os investimentos necessários no C-BPM são 13% superiores ao CE, e os benefícios auferidos, 87% maiores. Comparando o CE e Cenário C-BTM, os investimentos são 120% maiores, e os benefícios, 337%. Já os investimentos necessários no C-BTM Super são 343% superiores ao CE, e os benefícios auferidos, 3757%. Comparando o C-BPM e Cenário C-BTM, os investimentos são 95% maiores, e os benefícios, 133%.

De um modo geral, fica evidente que permanecer dentro dos limites determinados pelo Enquadramento (cenário CE) ainda não permitiria explorar os benefícios potenciais aqui mostrados, ou seja, é vantajoso expandir os investimentos para além do cenário de Enquadramento, como mostram os resultados da Figura 6.14.

As maiores diferenças entre os benefícios se devem à receita potencial da venda da água de reúso, que passa de 20% da demanda da indústria atendida com água de reúso, no CE, para 40%, no C-BPM e 100%, no C-BTM e 100% da capacidade instalada no C-BTM Super. Nota-se que em todos os cenários C-BTM Super, os benefícios potenciais são muito maiores, chegando a diferenças da ordem de R\$ 12 bilhões, no horizonte de planejamento (20 anos).

A Figura 6.15 ilustra a relação benefício/investimentos. Conforme pode ser observado, a relação diminui do cenário tipo 1 ao tipo 4, evidenciando que quanto mais cedo forem realizados os investimentos, mais benefícios econômicos poderão ser auferidos.

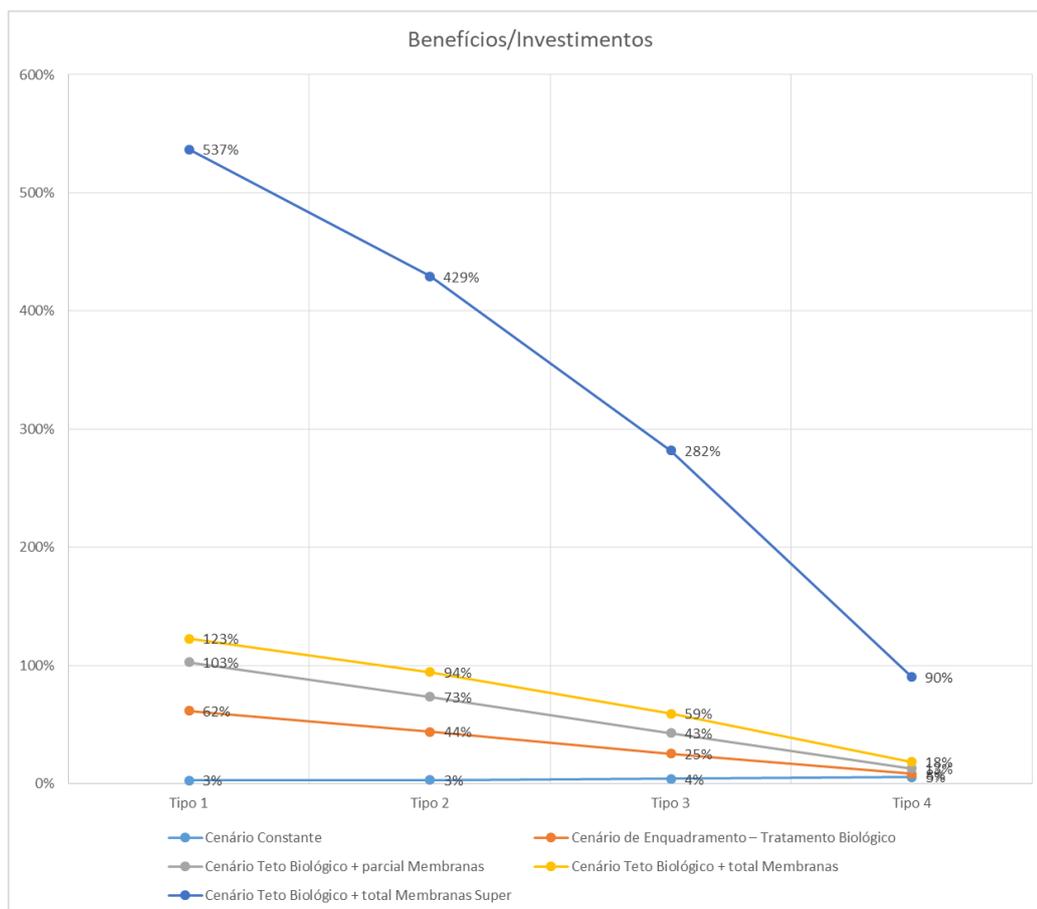


Figura 6.15 – Relação entre benefícios e investimentos (%)

É importante destacar que os benefícios calculados de redução do consumo de cloro gás no pré-tratamento e de energia elétrica, correspondem a um limite inferior dos benefícios potenciais, pois foi considerada somente a captação existente do município de Indaiatuba. Se considerássemos captações em outros municípios, os benefícios seriam ainda maiores. Por exemplo, uma estimativa preliminar poderia ser feita considerando a vazão outorgada de Indaiatuba no rio Jundiaí (300 L/s) e os benefícios de redução do consumo de Cloro no pré-tratamento e de economia de energia, do Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico – 1 (CE -1), de R\$ 59.195.366,14, em 20 anos (valores presentes), resultando em benefícios de R\$ 0,31/m³captado. Considerando captações existentes de outros municípios, realizadas em corpos hídricos próximos ao rio Jundiaí, que poderiam ser substituídas por captações no rio Jundiaí, auferindo os benefícios da redução da carga de nitrogênio amoniacal e de energia elétrica, os benefícios adicionais seriam de R\$ 29.005.729,41, em 20 anos. As vazões, que somam 147 L/s dos seguintes municípios foram consideradas nesta estimativa:

- Municípios de Jundiaí: captação do córrego Simplício, de 50 L/s;
- Município de Itupeva, que possui graves problemas de disponibilidade, caso a captação fosse substituída pela captação do Córrego São José, de 45 L/s;
- Município de Salto, caso fosse substituída pela captação do Ribeirão Ingá, 52 L/s;

Este aumento nos benefícios corresponde a, aproximadamente, 50% dos benefícios de economia de cloro e energia elétrica estimados neste cenário. Ressalta-se, no entanto, que em função da baixa vazão disponível para outorgas no Rio Jundiaí (o critério que aponta criticidade no estado de São Paulo, de 50% da $Q_{7,10}$), já foi ultrapassado, conforme mostra a Tabela 4.1, o benefício de novas captações deve ser observado com esta ressalva, sendo que deverão ser negociadas com o órgão gestor alternativas de captação no rio Jundiaí. Destaca-se que as captações do sistema integrado Campo Limpo/Várzea Paulista no rio Jundiaí, que somam 515 L/s, não foram consideradas pois a concentração de nitrogênio amoniacal, com base nas informações dos pontos de monitoramento da Cetesb (Figura 4.8), na sua maior parte equivalentes à classe 1 para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal. Neste contexto, o benefício da venda de água de reúso o benefício de maior potencial de retorno financeiro, dado contexto de criticidade da bacia em estudo. Apesar disso, a redução dos custos de tratamento de água, considerando o abatimento de cargas de nitrogênio amoniacal é importante no contexto atual, de discussão de metas para nutrientes na revisão do Plano e frente aos elevados custos associados à captação de Indaiatuba no rio Jundiaí, que podem chegar a R\$ 207.179.558,68 (R\$ 92.622.050,60, no valor presente).

De acordo com C2HM (2017), com a estrutura tarifária elevada e uma disponibilidade hídrica confortável, os operadores de saneamento podem não encontrar incentivos para investir em reúso de água, já que o abastecimento dos clientes industriais representa uma importante receita para o operador. No entanto, o aumento populacional, combinado aos prováveis efeitos das mudanças no clima tendem a majorar a pressão sobre os recursos hídricos, principalmente em locais onde a água disponível é totalmente alocada.

Por isso, o potencial de reúso se torna relevante em regiões que já convivem com situações de estresse hídrico, como é o caso da bacia do Rio Jundiaí. Desta forma, o Cenário Teto Biológico + total Membranas Super, no qual a água de reúso de toda capacidade instalada, que poderia atender a demanda total da bacia do rio Jundiaí, o que hoje representa um cenário distante de ocorrer, torna-se um cenário potencial a longo prazo.

Transformar ETEs em estações produtoras de água de reúso envolve elevados investimentos (como pode ser observado nas estimativas do item 6.2), porém em uma bacia que são estimados elevados recursos em tratamento para alcançar o Enquadramento, é oportuno que se pense em reúso como uma alternativa para elevar as receitas, e possibilitar oferta de água segura em um cenário de demandas crescentes e baixa disponibilidade hídrica.

Como desafios para a implementação do reúso, C2HM (2017) elencou a viabilidade em comparação com outras alternativas de abastecimento, o aumento de sais que ocorre no longo prazo, o controle da qualidade dos efluentes industriais recebidos pela ETE e a aceitação social. Ainda, cabe destacar que está sendo considerada somente a demanda industrial como potencial usuária da água de reúso, no entanto, outros usos como irrigação, cuja demanda apresenta a mesma representatividade do que a demanda a indústria (15%), também poderiam ser levados em consideração.

Por fim, na análise do balanço de alternativas de investimentos e benefícios econômicos associados, podem ser incorporados outros benefícios econômicos e sociais, estimados por Ex Ante Consultoria Econômica (2018), detalhados no item 3.3.1. De acordo com o estudo, a expansão dos serviços de água e esgotos envolve mais benefícios do que a melhoria da qualidade de vida da população, principalmente nos setores da saúde, educação, produtividade, turismo e valorização imobiliária. Ainda, benefícios expressivos são relacionados à renda gerada pelos investimentos, das operações e dos impostos sobre consumo e produção arrecadados, conforme a Figura 6.16.

Custos e benefícios	em R\$ Bilhões*	
	por ano	2016-2036
Redução dos custos com a saúde	0,297	5,949
Aumento da produtividade do trabalho	9,519	190,374
Renda da valorização imobiliária	22,373	447,457
Renda do turismo	2,143	42,860
Subtotal externalidades (A)	34,332	686,641
Renda gerada pelo investimento	15,097	301,933
Renda gerada pelo aumento de operação	24,496	489,920
Impostos ligados à produção**	2,141	42,825
Subtotal de renda (B)	41,734	834,679
Total de benefícios (C=A+B)	76,066	1.521,319
Custo do investimento	-12,063	-241,269
Aumento de despesas das famílias	-7,716	-154,314
Total de custos (D)	-19,779	-395,582
Balanco (E=C+D)	56,287	1.125,737

Figura 6.16 - Custos e benefícios da universalização da água e esgoto até 2036, no Brasil

Fonte: EX ANTE CONSULTORIA ECONÔMICA (2018)

Dessa forma, considerando o benefício anual de R\$ 76.066.000.000,00 para o Brasil, referente à universalização da água e esgoto até 2036 (EX ANTE CONSULTORIA ECONÔMICA, 2018) e a projeção da população do Brasil para 2036, de acordo com IBGE (2019), de 229.847.832 habitantes, estima-se que o benefício da universalização (de água e esgoto), será de R\$ 330,94/ habitante, por ano. Em função deste estudo de mestrado abranger os benefícios da universalização da coleta e tratamento, considerou-se, que, somente são auferidos 50% dos benefícios, resultando em R\$ 165,47/habitante por ano. Assim, considerando a projeção da população dos cinco municípios da bacia do Jundiaí até 2035 (Consórcio Profill-Rhama, 2018), de 1.142.131 habitantes, foram adicionados aos cenários formulados neste estudo R\$ 188.988.810,31/ano, a partir da universalização.

Ainda, em função dos benefícios de Ex Ante Consultoria Econômica (2018) levarem em consideração a renda gerada pela operação, foi considerada uma tarifa da água de reúso mais baixa (70% da tarifa média de água potável para categoria residencial comum do município de Jundiaí, resultando em R\$ 5,85/m³), do que a considerada nos cenários discutidos anteriormente (R\$ 11,57/m³). Os resultados dos cenários, considerando a adição dos benefícios de Ex Ante Consultoria Econômica (2018) e alteração da tarifa da água de reúso são apresentados na Tabela 6.10.

Tabela 6.10 – Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos diferentes cenários, considerando os benefícios de Ex Ante Consultoria Econômica (2018) e alteração na tarifa de reúso

Cenário	Código do Cenário e Tipo (1 a 4)	Investimentos VP (R\$ $\times 10^6$)	Benefícios VP (R\$ $\times 10^6$)	Balanço VP (R\$ $\times 10^6$)
Cenário Constante	CC-1	-217.752.678,35	5.997.194,23	-211.755.484,12
	CC-2	-192.325.720,08	5.997.194,23	-186.328.525,86
	CC-3	-153.467.040,87	5.997.194,23	-147.469.846,64
	CC-4	-112.378.262,71	5.997.194,23	-106.381.068,48
Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico	CE – 1	-559.950.216,17	1.562.969.898,13	1.003.019.681,97
	CE – 2	-443.817.397,43	857.045.546,13	413.228.148,70
	CE – 3	-366.713.407,53	395.693.957,30	28.980.549,78
	CE – 4	-315.423.259,12	94.382.243,87	-221.041.015,25
Cenário Teto Biológico + parcial Membranas	C-BPM – 1	-630.926.408,10	1.723.089.796,53	1.092.163.388,42
	C-BPM – 2	-489.947.052,25	945.960.461,59	456.013.409,33
	C-BPM – 3	-396.694.518,03	436.739.162,00	40.044.643,96
	C-BPM – 4	-334.908.923,84	103.801.751,49	-231.107.172,35
Cenário Teto Biológico + total Membranas	C-BTM - 1	-1.232.024.605,91	2.161.236.584,93	929.211.979,02
	C-BTM - 2	-880.619.637,25	1.185.528.436,82	304.908.799,57
	C-BTM - 3	-650.604.892,79	546.890.424,15	-103.714.468,64
	C-BTM - 4	-499.933.245,70	129.210.990,41	-370.722.255,29
Cenário Teto Biológico + total Membranas Super	C-BTM-Super-1	-2.481.731.515,76	8.134.679.677,63	5.652.948.161,87
	C-BTM-Super-2	-1.692.843.381,64	4.438.718.675,23	2.745.875.293,60
	C-BTM-Super-3	-1.178.494.596,96	2.032.189.989,82	853.695.392,85
	C-BTM-Super-4	-843.025.332,94	465.787.676,90	-377.237.656,05
	VPL positivo			

Os resultados da Tabela 6.10 mostram que esta alteração nos cenários, incluindo os benefícios primários indiretos, que não são diretamente auferidos pelas companhias de saneamento, e os benefícios secundários tornam os balanços, na maior parte dos cenários, com exceção do Cenário Constante (que a universalização não é alcançada) e dos cenários Tipo 4, positivos, evidenciando a sua viabilidade em função dos demais benefícios que foram considerados.

Cabe destacar que normalmente, ao executar uma grande obra de saneamento, tal como a modernização ou construção de uma ETE, ocorre a revisão tarifária da cobrança pelo tratamento de esgotos, possibilitando a recuperação dos investimentos feitos ao longo do tempo. Este benefício (receita operacional) não foi considerado nos estudos, pois o intuito foi evidenciar outros benefícios para além da recuperação dos investimentos por meio das tarifas cobradas.

6.4 ARTICULAÇÃO COM ENQUADRAMENTO

A fim de ilustrar a situação de atendimento ao Enquadramento na foz da AC a montante da captação de Indaiatuba (AC JUNA165), para o parâmetro nitrogênio amoniacal, nos diferentes cenários para o ano de 2035, são apresentados os resultados de concentração para a vazão de $Q_{7,10}$, a concentração média e o percentil 20 (que representa a concentração que é igualada ou superada em 20% do tempo) das concentrações, referente à simulação quali-quantitativa, com séries históricas (Figura 6.17). A Figura 6.18 apresenta a permanência nas classes de enquadramento considerando a simulação com séries históricas.

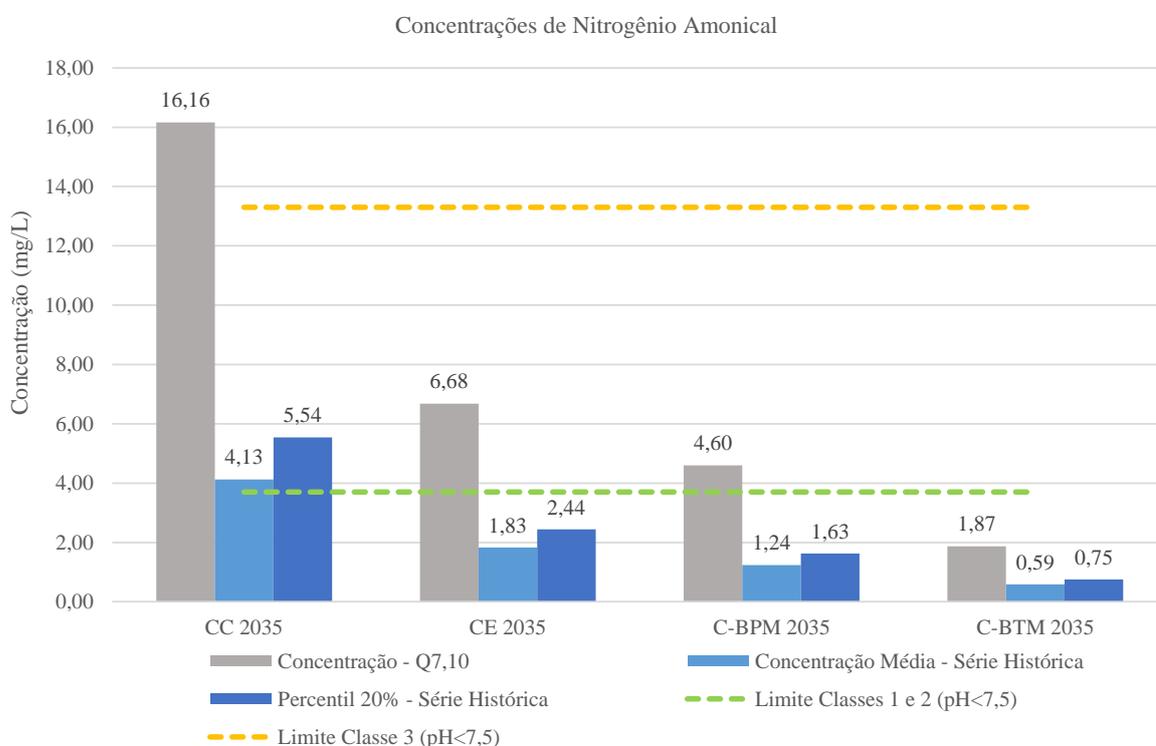


Figura 6.17 – Concentrações de Nitrogênio amoniacal com $Q_{7,10}$ e com séries históricas

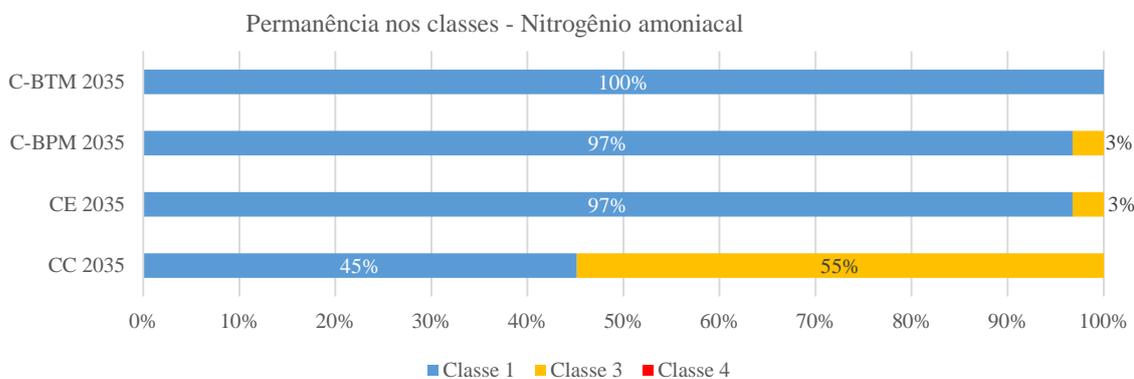


Figura 6.18 – Permanência nas classes de enquadramento considerando a simulação com séries históricas

Conforme mencionado no item 5.1.2, o limite da classe 3 para nitrogênio amoniacal, para $\text{pH} < 7,5$ é de 13,3 mg/L, sendo esta concentração elevada considerando a necessidade de realizar pré-cloração da água bruta, resultando em R\$ 48.780,14/dia, para a vazão de 300 L/s.

Como pode ser observado na Figura 6.17, com a vazão $Q_{7,10}$, vazão de referência na qual deve ser observado o Enquadramento nas Bacias PCJ, a concentração de nitrogênio amoniacal é bastante elevada, chegando a aproximadamente 16 mg/L no cenário constante (CC 2035), sendo esta concentração superior ao limite da Classe 3. Por sua vez, o cenário de Enquadramento promove uma redução na concentração de nitrogênio amoniacal, com $Q_{7,10}$, para 6,68 mg/L, na foz da AC a montante da captação, atendendo o limite da classe 3, reduzindo a concentração em 59% em relação ao CC 2035. No entanto, apesar de redução a concentração com $Q_{7,10}$, ainda poderão ser observados elevados custos de pré-tratamento, sendo R\$ 24.500,10/dia, para concentração de 6,68 mg/L, considerando a captação de 300 L/s. Nos cenários C –BPM 2035, a concentração observada é de 4,6 mg/L (redução de 72%), no C –BTM 2035, a concentração observada é de 1,87 mg/L (redução de 88%).

Considerando as concentrações obtidas a partir da concentração média das séries históricas, no CC 2035 a concentração média é de 4,13 mg/L, sendo o limite das classes 1 e 2 ultrapassado em 55% do tempo (Figura 6.18), e a classe 1 atendida em 45% do tempo. No CE 2035 e C-BPM 2035, com concentrações médias de 1,83 mg/L e 1,24 mg/L, respectivamente, somente em 3 % do tempo o limite das classes 1 e 2 é ultrapassado. Considerando o C-BTM 2035, a concentração média corresponde a 0,59 mg/L, sendo que em 100% do tempo é atendida a classe 1.

Considerando as concentrações referente ao Percentil 20 da simulação com séries históricas (concentração que é igualada ou superada em somente 20% do tempo), ocorre o atendimento da classe 3 desde o CC (5,54 mg/L), sendo que nos demais cenários as concentrações atendem o limite das classes 1 e 2. Para uma análise referente aos custos de cloro gás, para a concentração do CC 2035, considerando uma captação de 300L/s, os custos em 80% do tempo seriam inferiores a R\$ 20.318,95/dia. No CE 2035, a concentração referente ao percentil 20 é de 2,44 mg/L, e os custos em 80% do tempo seriam inferiores a R\$ 8.949,14 /dia. Já no C-BPM 2035, a concentração seria de 1,63 m/L, e os custos, R\$ 5.978,32/dia. Para a C-BTM 2035 não haveriam custos associados à concentração de Nitrogênio amoniacal, em função da concentração média estar abaixo de 1,5 mg/L.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Neste estudo, o objetivo e as metas inicialmente propostos foram atingidos. O estudo desenvolvido partiu da concepção de um método, que evidenciou a possibilidade de utilizar *trade-offs* entre investimentos e benefícios econômicos no aprimoramento do Enquadramento dos Corpos d'Água. O método desenvolvido evidenciou articulação entre ações de saneamento e a gestão de recursos hídricos, centrado, principalmente, no parâmetro nitrogênio amoniacal, evidenciando a sua aplicabilidade, principalmente, em bacias hidrográficas críticas em termos quali-quantitativos.

No desenvolvimento do estudo foram comparadas diferentes estratégias de investimento em saneamento para o alcance do Enquadramento, considerando os *trade-offs* entre custos dos investimentos e benefícios econômicos. Para tanto, inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica, e uma pesquisa com atores importantes associados ao reenquadramento do Rio Jundiaí, da CETESB e de companhias de saneamento, notadamente o SAAE de Indaiatuba, que forneceu importantes subsídios para a concepção dos cenários, como custos de energia elétrica das bombas das adutoras das estações Pirai e Jundiaí e os custos de cloro gás, utilizado no pré-tratamento da água bruta.

O desenvolvimento do trabalho possibilitou quantificar os benefícios econômicos associados à redução dos custos de pré-tratamento da água bruta, e de redução de energia elétrica associada à adução de água em um manancial mais próximo da ETA, além disso, foram concebidos cenários que vincularam aumentos de eficiência no tratamento de esgotos ao maior potencial de receita proveniente da água de reúso.

Foram estimados também os investimentos necessários para universalização da coleta e tratamento e para o alcance do Enquadramento no Rio Jundiaí, além de incrementos adicionais de eficiências para nitrogênio amoniacal, que se articulam aos benefícios considerados. Adicionalmente, estimou-se, de modo bastante simplificada, os investimentos em infraestrutura para reservação e distribuição de água de reúso.

Por fim, os investimentos e benefícios foram trazidos para valores presentes, considerando os diferentes cenários, variando a data de início dos investimentos e dos benefícios, que permitiu comparar diferentes estratégias de investimento e avaliar os *trade-offs* de cada alternativa.

Neste trabalho os benefícios foram explorados com o intuito de ir além do atendimento do Enquadramento. Buscou-se extrair o maior benefício, vinculado aos benefícios considerados. Como esperado, a medida em que os investimentos são adiados para o futuro, o seu custo diminui, produzindo uma economia. Porém, ao postergar os investimentos, adia-se também os benefícios com custos de tratamento de água, energia e venda da água de reúso, que se tornam menores porque são produzidos em um intervalo menor de tempo.

Apesar da notoriedade da estimativa dos benefícios resultantes da melhoria dos serviços de saneamento, observa-se lacunas na literatura em relação à valoração monetária destes, em especial com relação à sua análise custo-benefício, e principalmente, associadas à incrementos no tratamento de esgotos. A valoração dos benefícios econômicos e sua análise comparativa com os investimentos são ferramentas úteis na orientação de políticas públicas, de forma a melhor alocar recursos para maximizar o bem-estar da população, conforme menciona Nocko et al (2017).

A estimativa dos benefícios e a realização do balanço entre os investimentos e benefícios, conforme os resultados apresentados e discutidos ao longo deste capítulo mostram-se promissoras como auxílio à tomada de decisão, seja para definir a classe de Enquadramento de um rio, seja na definição de quando atingir essas metas (postergar ou realizar logo os investimentos), associada a melhor alternativa, no contexto da bacia hidrográfica.

Os diferentes cenários, assim como os investimentos e os benefícios podem fazer parte do processo para definição do Enquadramento e das metas intermediárias, para que os usuários definam, subsidiados por estas informações, a melhor estratégia, buscando maximizar os benefícios sociais, ambientais e econômicos, tornando este um instrumento de gestão de maior efetividade, atendendo aos objetivos deste mestrado profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

É sabido, de longa data, que os investimentos em saneamento trazem inúmeros benefícios, principalmente à saúde e à qualidade de vida da população, assim como melhora da qualidade ambiental da bacia hidrográfica. No entanto, os benefícios econômicos diretos, que tenham potencial de gerar receitas às companhias de saneamento, não são usualmente utilizados em processos decisórios relacionados aos instrumentos de gestão de recursos hídricos no âmbito de bacias hidrográficas.

Nesse sentido, em função dos recentes debates associados ao PL 3261/2019, que abre espaço para privatizações no setor de saneamento, com o intuito de atrair investimentos para cumprir as metas estabelecidas no Plano Nacional de Saneamento Básico, torna-se interessante abordar o ponto de vista econômico das metas de Enquadramento, por meio da evidência dos benefícios diretos associados aos investimentos em saneamento.

De acordo com os cenários Tipo 1, para cada R\$ 1,00 investido na universalização da coleta, tratamento e alcance do Enquadramento, os benefícios que retornam são de R\$ 1,03, no C- BPM, R\$ 1,23, no C-BTM, podendo chegar a R\$ 5,37 no C-BTM Super), impulsionando investimentos neste setor e também favorecendo a obtenção de financiamentos.

Apesar das elevadas cifras apresentadas, tanto dos investimentos quanto dos benefícios, é fundamental não perder de vista que o acesso à água potável, a destinação correta de resíduos e o tratamento de esgoto, de modo a preservar o meio ambiente são direitos humanos básicos e universais. De acordo com os dados de Ex Ante Consultoria Econômica (2018) os benefícios indiretos da universalização do saneamento no Brasil até 2036, considerando a relação Benefícios/Custos de, para cada R\$ 1,00 investido, os benefícios que retornarão são de R\$ 3,84 (considerando os benefícios associados aos gastos com saúde, educação, produtividade, turismo e valorização imobiliária, renda gerada pelos investimentos, das operações e dos impostos sobre consumo e produção arrecadados). Por isso, é importante que a lógica do bem-estar da população não dê lugar à lógica simples de obtenção de maiores retornos financeiros, mas que estes benefícios resultem em melhorias sociais, ambientais e econômicas.

Destaca-se também que não se pode perder de vista o contexto em que está inserida a bacia hidrográfica em estudo. O balanço hídrico da Bacia do Rio Jundiá é crítico, e a baixa disponibilidade hídrica do corpo hídrico dificulta o alcance do Enquadramento vigente para todos os parâmetros Consórcio Profill-Rhama (2019) para a vazão $Q_{7,10}$, especialmente fósforo, coliformes e DBO. No entanto, investir em técnicas mais eficientes de tratamento de esgotos, considerando a variação das vazões, promove benefícios que devem ser levados em consideração. O estudo desenvolvido por Consórcio Profill-Rhama (2019b) apresenta algumas alternativas para garantir o abastecimento dos municípios da Bacia, pois embora o reenquadramento tenha possibilitado novas captações no seu leito, a vazão do Rio Jundiá não é suficiente para garantir o abastecimento dos municípios da bacia, e o aumento de captações no rio Jundiá reduz ainda mais o seu potencial de diluição das cargas. Além disso, o reúso de efluentes por indústrias deve ser avaliado com cautela, visando evitar a transposições da água

de reúso para outras bacias hidrográficas, implicando uma redução da disponibilidade hídrica da bacia do rio Jundiáí.

Dantas et al. (2017) menciona que nos últimos anos a qualidade da água de muitos mananciais foi significativamente piorada, como consequência da escassez hídrica e do lançamento de efluentes domésticos e industriais, passando a apresentar elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, de carbono orgânico total, de metais e de organismos patogênicos, configurando uma condição de reúso indireto. Sendo assim, o benefício quantificado nesta dissertação de mestrado, de redução dos custos de pré-tratamento apresenta aderência em bacias hidrográficas densamente urbanizadas e com problemas associados a nitrogênio amoniacal no manancial de abastecimento.

Ainda no que se refere ao benefício da redução dos custos de tratamento da água, é importante destacar que os investimentos são realizados pelas companhias de saneamento localizadas a montante da captação de água bruta de Indaiatuba, desta forma, os municípios que investem, não são, necessariamente, os municípios que são beneficiados pelos investimentos. E apesar do alcance do Enquadramento (Classe 3), para nitrogênio amoniacal, ser observado nos cenários, a maior redução da carga, promovida pelas maiores eficiências nos Cenários C- PM e C-TM beneficia diretamente o município que atualmente capta no rio Jundiáí (e potencialmente outros usuários de jusante). Por isso, a análise do Enquadramento sob esta perspectiva, possibilita, por exemplo, que sejam feitos acordos ou articulações entre as companhias de saneamento e municípios, estabelecendo alguma forma de compensação financeira por maiores abatimentos de carga, especialmente em bacias hidrográficas críticas.

Apesar da base de dados robusta, possibilitada pelo SSD PCJ, alimentado com os dados do Plano de Bacias 2020-2035, a estimativa dos benefícios pode ser feita a partir de simplificações nas estimativas dos benefícios, partindo da vazão outorgadas e de variações nas concentrações de determinados parâmetros. Ressalta-se que, a partir da maior integração entre os instrumentos de gestão, à medida que as bacias hidrográficas tenham os seus sistemas de informação, contemplando informações de disponibilidades hídricas, captações, lançamentos, estas análises poderão ser aprimoradas.

Em outras bacias hidrográficas, os benefícios econômicos podem ser muito diferentes e poderão ser estimados a partir do contexto local. Pode-se citar como exemplo, discussões associadas à redução de fósforo, que é um parâmetro que apresenta elevadas concentrações nos corpos

hídricos. A estimativa dos benefícios econômicos poderia estar vinculada à redução dos custos de tratamento de água associados à utilização de carvão ativado e outras substâncias, utilizadas para remover cianobactérias e cianotoxinas, ou custos associados à remoção mecânica de plantas aquáticas e produtos químicos ou biológicos utilizados no controle de florações.

Como possibilidades de trabalhos futuros, poderão ser considerados, além dos custos de instalação, os custos de operação das estações de tratamento, pois considerou-se os benefícios da operação.

7 ANEXOS

ANEXO I: Pontos de monitoramento da qualidade da água da situados na bacia do Rio Jundiaí.

ANEXO II: Formulário elaborado para obtenção das informações referentes aos benefícios

ANEXO III: - Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos diferentes cenários.

ANEXO I: Pontos de monitoramento da qualidade da água da situados na bacia do Rio Jundiáí.

Pontos de monitoramento da qualidade da água da situados na bacia do Rio Jundiáí.

Rio	Estação	Descrição	Município
Ribeirão do Caxambu	CXBU02900	Na captação de Itupeva.	Itupeva
Ribeirão Piraí	IRIS02100	Na captação de Cabreúva, no Bairro do Jacaré.	Cabreúva
Ribeirão Piraí	IRIS02200	Ponte na Rodovia Marechal Rondon, em frente à indústria Crown Cork.	Cabreúva
Ribeirão Piraí	IRIS02250	Estrada de terra, antes da indústria BIC.	Cabreúva
Ribeirão Piraí	IRIS02400	Estrada sentido Faz. Santana, após aproximadamente 500m do trevo.	Cabreúva
Ribeirão Piraí	IRIS02600	Rodovia Marechal Rondon, altura do km 91 nos fundos da Olaria Tijolar.	Cabreúva
Ribeirão Piraí	IRIS02900	Na barragem de captação dos municípios de Salto e Indaiatuba.	Indaiatuba
Ribeirão Jundiáí-Mirim	JUMI00100	No bairro Pitangal, em Jarinu.	Jarinu
Ribeirão Jundiáí-Mirim	JUMI00250	Ponte na Estrada Jundiáí/Jarinu, em frente ao Condomínio Campo Verde.	Jundiáí
Ribeirão Jundiáí-Mirim	JUMI00500	Ponte a jusante da Cereser.	Jundiáí
Ribeirão Jundiáí-Mirim	JUMI00800	Na captação de Jundiáí.	Jundiáí
Rio Jundiáí	JUNA02010	Na captação de Campo Limpo Paulista.	Campo Limpo Paulista
Rio Jundiáí	JUNA02020	Ponte na Av. Aderbal da Costa Madeira, 50m a jusante do lançamento da Krupp (Ind. Siderúrgica).	Campo Limpo Paulista
Rio Jundiáí	JUNA02100	Estrada da Várzea, número 3001.	Campo Limpo Paulista
Rio Jundiáí	JUNA03270	Na ponte de concreto, logo após a estrada de ferro, no distrito de Itaiçi, em Indaiatuba.	Indaiatuba
Rio Jundiáí	JUNA04150	Na Passarela em frente à Vulcabras - Av. Antônio Frederico Ozana nº 1440.	Jundiáí
Rio Jundiáí	JUNA04190	Ponte de acesso à Akso Nobel, em Itupeva.	Itupeva
Rio Jundiáí	JUNA04200	Ponte sobre o Rio Jundiáí, na estrada do Bairro Monte Serrat.	Itupeva
Rio Jundiáí	JUNA04700	Ponte no Jardim das Nações, em Salto.	Salto
Rio Jundiáí	JUNA04900	Na área urbana de Salto. Ponte na Praça Álvaro Guião, próximo à foz com o Rio Tietê.	Salto
Rio Jundiáízinho	JUZI02400	Ponte na Estr. Mun. José Cintra, no bairro Portão.	Atibaia

Fonte: Adaptado de Consórcio Profill-Rhama (2018)

ANEXO II: Formulário elaborado para obtenção das informações referentes aos benefícios

1. Informações sobre o projeto para contexto das demandas

O foco do trabalho é propor uma metodologia que permita comparar diferentes estratégias de investimento em ações de melhoria da qualidade da água e avaliar os *trade-offs* econômicos para atingir as metas para Enquadramento no Rio Jundiá.

Para tanto, será necessário estimar os benefícios econômicos associados à melhoria da qualidade da água, avaliando o impacto da qualidade da água do manancial de abastecimento nos custos do tratamento da água.

Nesse sentido, gostaríamos de solicitar informações referentes aos custos de tratamento da água, (incluindo custos fixos e variáveis, como produtos químicos, pré-tratamento, energia, etc) bem como eventuais variações nesses custos conforme variações em parâmetros de qualidade dos mananciais onde é realizada a captação.

Metas do projeto:

- Estimar os custos para redução da matéria orgânica e nutrientes, e alcance do Enquadramento, no Rio Jundiá;
- Estimar os benefícios econômicos associados à melhoria da qualidade da água; exemplos de benefícios:
 - Redução nos custos de tratamento da água, em função da melhoria da qualidade do manancial;
 - Redução nos custos de adução e bombeamento, ao ser possível a captação em mananciais mais próximos;
 - Possibilidade de reuso e venda dos efluentes tratados.

2. Informações preliminares: ETAs e mananciais que atendem Indaiatuba:

Informações da revisão do Plano de Bacias:

Nome ETA	Capacidade de tratamento (m ³ /s)	Mananciais	Q média captada (m ³ /s)
ETA Indaiatuba - 01 - Vila Avai	0,4000	Córrego Santa Rita/Represa Morungaba/Cupinji II/Cupinji I	0,137
		Rio Capivari Mirim	0,25
ETA Indaiatuba - 03 - Bairro Pimenta	0,0240	Córrego da Barrinha	0,07
		Ribeirão Pirai	0,3
		Rio Jundiá	0,3
ETA Indaiatuba - 04	0,5000	Rio Capivari Mirim	0,016
ETA Indaiatuba - 05	0,1500	Córrego Barnabé	0,15

Informação do Plano de Bacias: ETA III possui problema com nitrogênio amoniacal, havendo necessidade de realizar cloração antes da captação.

3. Questões

Este formulário possui o objetivo direcionar as informações para a estimativa dos benefícios econômicos associados a melhoria da qualidade da água. O alvo do projeto é o Rio Jundiá e as melhorias que ocorreram em função dos investimentos em coleta e tratamento de esgoto, que resultaram no reenquadramento do manancial.

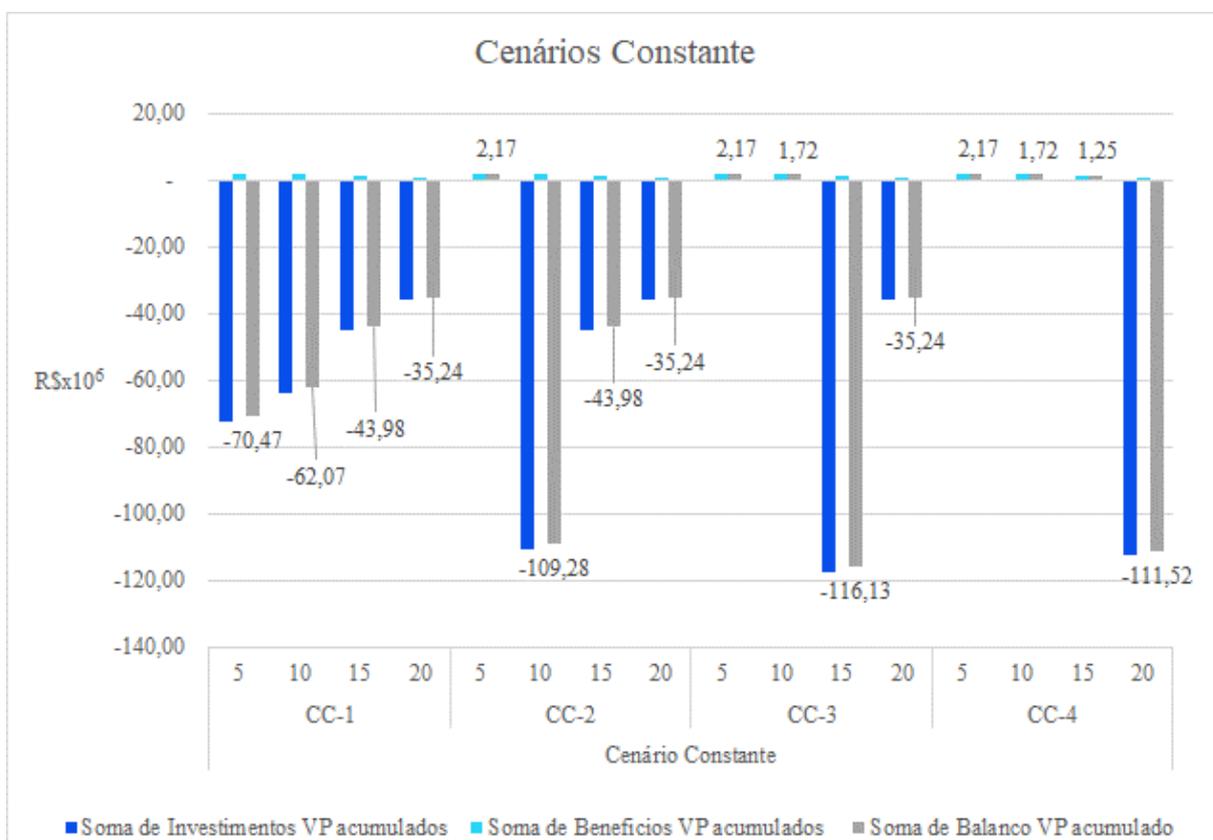
1. Quais os principais problemas operacionais que ocorrem em função dos mananciais de abastecimento?
2. Se houver problemas em função do manancial, há estimativa dos custos adicionais (tratamento preliminar, produtos químicos, energia) em relação às variações da qualidade da água do manancial de abastecimento?
3. A partir da possibilidade de captação para abastecimento público no Rio Jundiá (reenquadramento de 2014), foram observadas mudanças nos custos de tratamento em função da qualidade da água da água do Rio Jundiá?
4. Quais as principais mudanças operacionais e no sistema de captação que ocorreram nos últimos 10 anos? (ou mais, dependendo da mudança) (ex: integração de sistemas, abandono ou substituição de fontes de produção de água). Quais os motivos dessas mudanças?
5. Antes da possibilidade de captação no Rio Jundiá, onde era realizada a captação e quais as diferenças (em custo, risco, confiabilidade, etc) por exemplo: os custos eram maiores?
6. Você considera adequados os benefícios econômicos que estão sendo mensurados (custos do tratamento em função da variação da qualidade da água do manancial, redução dos custos de adução e bombeamento e reuso de efluente)? Há outro (os) que não estão sendo considerados nesta pesquisa?
7. Com o conhecimento prático experienciado pelo SAAE, quais benefícios do Reenquadramento do Jundiá você considera mais relevantes?
8. A ampliação da ETE Mário ~~Araldo Candello~~ está sendo realizada, e após concluída, com base em informações do site do SAAE, há perspectiva da venda da água de reuso. Como este é um benefício do tratamento de efluente de maior performance, já há um valor estimado/projetado do valor de venda (R\$/m³) da água de reuso? Em função da revisão do Plano de Bacias, recebemos do SAAE estudos de viabilidade de implantação da estação de reuso. Seria possível utilizar estas informações?
9. Sobre os investimentos feitos nos últimos anos nos Sistemas de Esgotamento Sanitário, desde a construção da ETE MAC, e atualmente na sua ampliação (orçada em aproximadamente 70 milhões), o SAAE possui informações de quanto foi investido em coleta e tratamento de esgotos desde 1999 (início da construção da ETE)?
10. Durante a estiagem de 2014, foram observados custos mais elevados no tratamento da água em função da deterioração da qualidade da água em função da baixa vazão?
11. Informações sobre os custos anuais (2007 a 2017) de produtos químicos, energia e tratamento preliminar nas ETAS.

ANEXO III: Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos diferentes cenários.

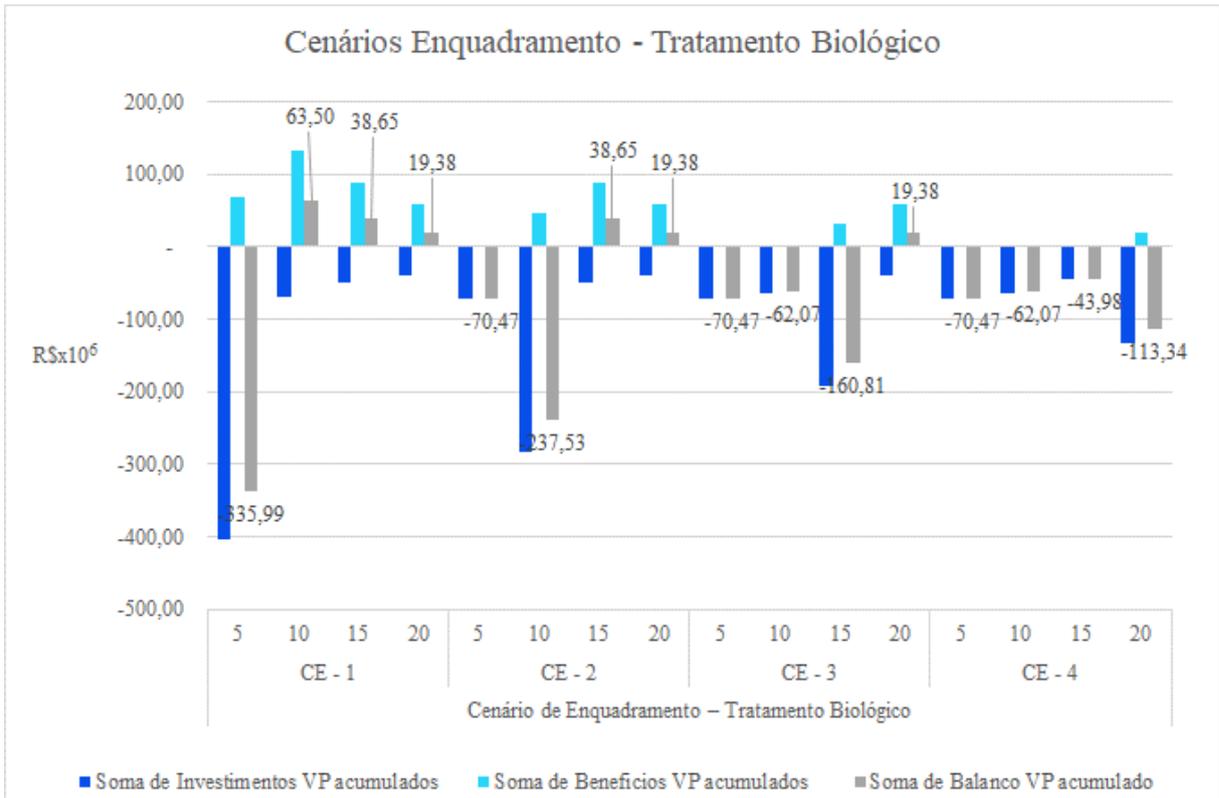
Cenário detalhado	Código Cenário	Ano	Investimentos VP (R\$x10 ⁶)	Benefícios VP (R\$x10 ⁶)	Balanço VP (R\$x10 ⁶)	
Cenário Constante	CC-1	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97	
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32	
		15	-45.229.141,62	1.248.352,56	-43.980.789,06	
		20	-36.093.541,64	857.752,87	-35.235.788,77	
	CC-1 Total			-217.752.678,35	5.997.194,23	-211.755.484,12
	CC-2	5	0,00	2.167.207,07	2.167.207,07	
		10	-111.003.036,82	1.723.881,72	-109.279.155,09	
		15	-45.229.141,62	1.248.352,56	-43.980.789,06	
		20	-36.093.541,64	857.752,87	-35.235.788,77	
	CC-2 Total			-192.325.720,08	5.997.194,23	-186.328.525,86
	CC-3	5	0,00	2.167.207,07	2.167.207,07	
		10	0,00	1.723.881,72	1.723.881,72	
		15	-117.373.499,23	1.248.352,56	-116.125.146,67	
		20	-36.093.541,64	857.752,87	-35.235.788,77	
	CC-3 Total			-153.467.040,87	5.997.194,23	-147.469.846,64
	CC-4	5	0,00	2.167.207,07	2.167.207,07	
		10	0,00	1.723.881,72	1.723.881,72	
		15	0,00	1.248.352,56	1.248.352,56	
		20	-112.378.262,71	857.752,87	-111.520.509,83	
	CC-4 Total			-112.378.262,71	5.997.194,23	-106.381.068,48
Cenário de Enquadramento – Tratamento Biológico	CE - 1	5	-404.377.231,94	68.386.200,59	-335.991.031,35	
		10	-68.439.517,50	131.941.223,40	63.501.705,91	
		15	-48.593.754,47	87.245.889,00	38.652.134,53	
		20	-38.539.712,25	57.915.904,14	19.376.191,88	
	CE - 1 Total			-559.950.216,17	345.489.217,13	-214.460.999,04
	CE - 2	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97	
		10	-284.049.717,67	46.517.184,45	-237.532.533,22	
		15	-48.593.754,47	87.245.889,00	38.652.134,53	
		20	-38.539.712,25	57.915.904,14	19.376.191,88	
	CE - 2 Total			-443.817.397,43	193.846.184,66	-249.971.212,77
	CE - 3	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97	
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32	
		15	-191.743.700,19	30.932.429,31	-160.811.270,88	
		20	-38.539.712,25	57.915.904,14	19.376.191,88	
	CE - 3 Total			-366.713.407,53	92.739.422,24	-273.973.985,29
	CE - 4	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97	
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32	
		15	-45.229.141,62	1.248.352,56	-43.980.789,06	

Cenário detalhado	Código Cenário	Ano	Investimentos VP (R\$x10 ⁶)	Benefícios VP (R\$x10 ⁶)	Balanco VP (R\$x10 ⁶)
		20	-133.764.122,42	20.422.686,88	-113.341.435,53
	CE - 4 Total		-315.423.259,12	25.562.128,24	-289.861.130,88
Cenário Teto Biológico + parcial Membranas	C-BPM - 1	5	-475.353.423,88	129.746.750,93	-345.606.672,95
		10	-68.439.517,50	246.901.197,31	178.461.679,81
		15	-48.593.754,47	163.156.907,92	114.563.153,45
		20	-38.539.712,25	107.342.792,44	68.803.080,18
	C-BPM - 1 Total		-630.926.408,10	647.147.648,60	16.221.240,49
	C-BPM - 2	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97
		10	-330.179.372,49	87.194.606,87	-242.984.765,62
		15	-48.593.754,47	163.156.907,92	114.563.153,45
		20	-38.539.712,25	107.342.792,44	68.803.080,18
	C-BPM - 2 Total		-489.947.052,25	359.861.514,29	-130.085.537,96
	C-BPM - 3	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32
		15	-221.724.810,69	57.770.803,93	-163.954.006,77
		20	-38.539.712,25	107.342.792,44	68.803.080,18
	C-BPM - 3 Total		-396.694.518,03	169.004.685,16	-227.689.832,87
	C-BPM - 4	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32
		15	-45.229.141,62	1.248.352,56	-43.980.789,06
		20	-153.249.787,13	37.842.894,93	-115.406.892,20
	C-BPM - 4 Total		-334.908.923,84	42.982.336,29	-291.926.587,55
Cenário Teto Biológico + total Membranas	C-BTM - 1	5	-1.076.451.621,69	307.068.573,09	-769.383.048,60
		10	-68.439.517,50	576.748.516,00	508.308.998,50
		15	-48.593.754,47	378.231.138,38	329.637.383,91
		20	-38.539.712,25	247.861.808,75	209.322.096,50
	C-BTM - 1 Total		-1.232.024.605,91	1.509.910.036,22	277.885.430,32
	C-BTM - 2	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97
		10	-720.851.957,49	202.470.577,86	-518.381.379,63
		15	-48.593.754,47	378.231.138,38	329.637.383,91
		20	-38.539.712,25	247.861.808,75	209.322.096,50
	C-BTM - 2 Total		-880.619.637,25	830.730.732,06	-49.888.905,19
	C-BTM - 3	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32
		15	-475.635.185,45	133.063.224,46	-342.571.960,99
		20	-38.539.712,25	247.861.808,75	209.322.096,50
	C-BTM - 3 Total		-650.604.892,79	384.816.122,01	-265.788.770,78
	C-BTM - 4	5	-72.634.213,04	2.167.207,07	-70.467.005,97
		10	-63.795.782,05	1.723.881,72	-62.071.900,32
		15	-45.229.141,62	1.248.352,56	-43.980.789,06
		20	-318.274.108,99	87.254.235,15	-231.019.873,84
	C-BTM - 4 Total		-499.933.245,70	92.393.676,51	-407.539.569,19
	C-BTM-Super-1	5	-2.326.158.531,54	2.739.569.486,92	413.410.955,38

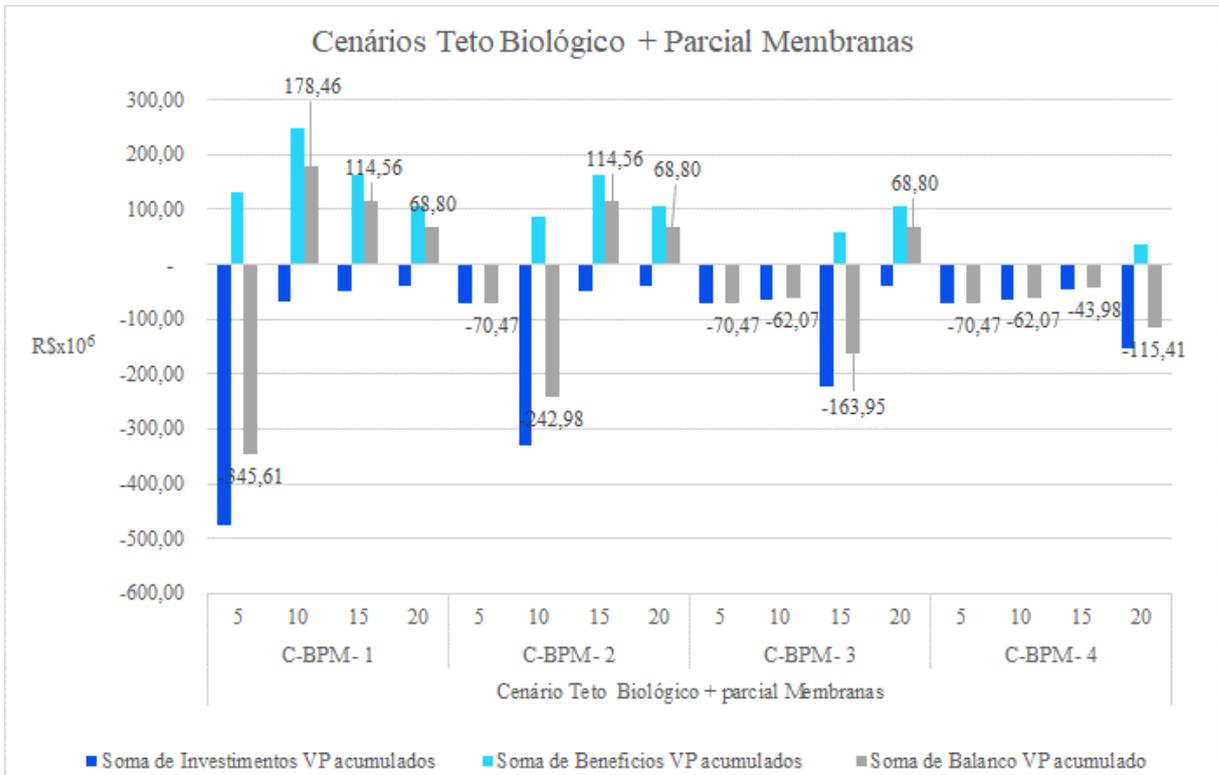
Cenário detalhado	Código Cenário	Ano	Investimentos VP (R\$ $\times 10^6$)	Benefícios VP (R\$ $\times 10^6$)	Balanco VP (R\$ $\times 10^6$)	
Cenário Teto Biológico + total Membranas Super		10	-68.439.517,50	5.103.820.407,19	5.035.380.889,69	
		15	-48.593.754,47	3.320.517.248,49	3.271.923.494,02	
		20	-38.539.712,25	2.160.145.899,18	2.121.606.186,93	
	C-BTM-Super-1 Total			-2.481.731.515,76	13.324.053.041,78	10.842.321.526,02
	C-BTM-Super-2	5	-72.634.213,04	1.894.508,08	-70.739.704,96	
		10	-1.533.075.701,88	1.782.973.103,85	249.897.401,97	
		15	-48.593.754,47	3.320.517.248,49	3.271.923.494,02	
		20	-38.539.712,25	2.160.145.899,18	2.121.606.186,93	
	C-BTM-Super-2 Total			-1.692.843.381,64	7.265.530.759,60	5.572.687.377,96
	C-BTM-Super-3	5	-72.634.213,04	1.894.508,08	-70.739.704,96	
		10	-63.795.782,05	922.559,82	-62.873.222,23	
		15	-1.003.524.889,62	1.160.536.379,31	157.011.489,69	
		20	-38.539.712,25	2.160.145.899,18	2.121.606.186,93	
	C-BTM-Super-3 Total			-1.178.494.596,96	3.323.499.346,39	2.145.004.749,43
	C-BTM-Super-4	5	-72.634.213,04	1.894.508,08	-70.739.704,96	
		10	-63.795.782,05	922.559,82	-62.873.222,23	
		15	-45.229.141,62	1.232.137,71	-43.997.003,92	
		20	-661.366.196,24	755.076.411,33	93.710.215,09	
	C-BTM-Super-4 Total			-843.025.332,94	759.125.616,93	-83.899.716,01



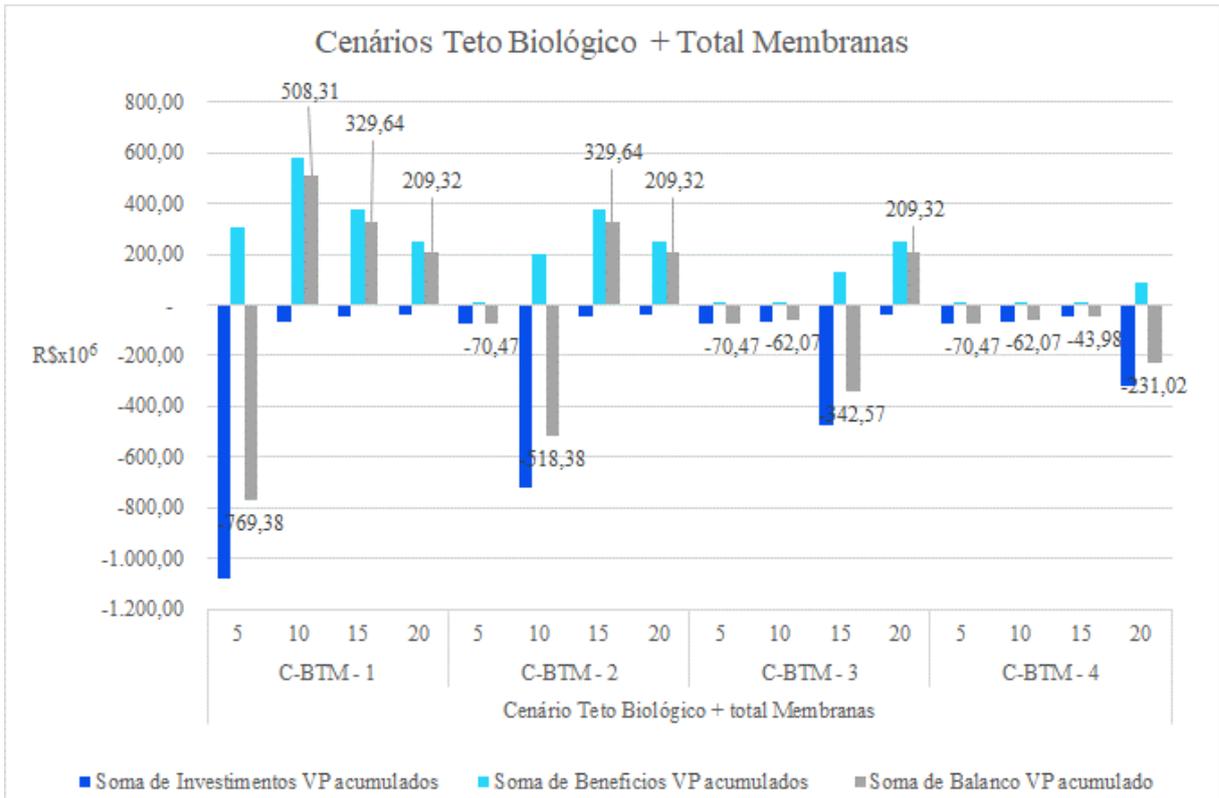
Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos Cenários Constante, tipos 1, 2, 3 e 4, acumulados a cada 5 anos.



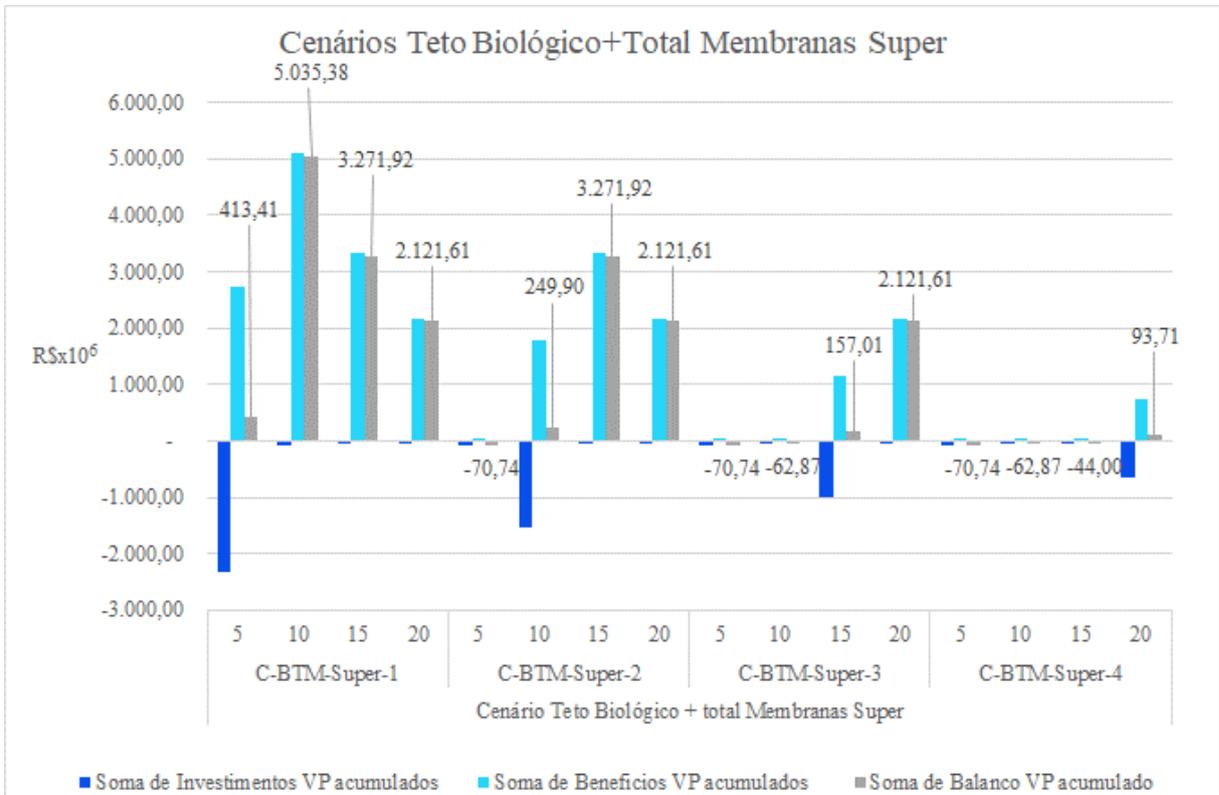
Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos Cenários Enquadramento – Tratamento Biológico, tipos 1, 2, 3 e 4, acumulados a cada 5 anos.



Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos Cenários Teto Biológico + Parcial Membranas, tipos 1, 2, 3 e 4, acumulados a cada 5 anos.



Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos Cenários Teto Biológico + Total Membranas, tipos 1, 2, 3 e 4, acumulados a cada 5 anos.



Investimentos, Benefícios e Balanço (considerando o Valor Presente) dos Cenários Teto Biológico + Total Membranas Super, tipos 1, 2, 3 e 4, acumulados a cada 5 anos.

8 REFERENCIAS

AGÊNCIA PCJ (2018) Tratamento Avançado de Água Da EPAR Capivari II está em Operação. *Agência PCJ*. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/imprensa/noticias/575-tratamento-avancado-de-agua-da-epar-capivari-ii-esta-em-operacao>>. Acesso em 15 de dezembro de 2017.

ANA (2007). Panorama do Enquadramento dos Corpos d'água e Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil, Caderno de Recursos Hídricos nº 5. 126p. Brasília: ANA, 2007.

ANA (2009). Implementação do Enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – Snirh no Brasil: Agência Nacional de Águas.-- Brasília: ANA, 2009. 145 p.: il. – (Cadernos de recursos hídricos; 6)

ANA (2013). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. 434p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html>. Acesso em 10 de janeiro de 2018.

ANA (2017). Atlas Esgotos. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>> .Acesso em 15 de fevereiro de 2018.

ANA (2017). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Relatório pleno / Agência Nacional de Águas. 169p.-Brasília: ANA, 2017.

ANA (2018). PRODES. Disponível em <https://www.ana.gov.br/www/prodes> Acesso em 16 de outubro de 2018.

ANA (2019). ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores. 100p. Disponível em <<https://www.ana.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>> Acesso em 12 de novembro de 2019.

ARES PCJ (2018). REAJUSTE DOS VALORES DAS TARIFAS DE ÁGUA E ESGOTO E DOS DEMAIS SERVIÇOS DO MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ. Disponível em http://www.arespcj.com.br/arquivos/48389_Parecer_Consolidado_-_17_2018_-_Jundia%C3%AD_-_DAE.pdf. Acesso em 15 de abril de 2019.

ARES PCJ (2018). RESOLUÇÃO ARES-PCJ Nº 266, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2018 http://www.arespcj.com.br/arquivos/51120_Resolu%C3%A7%C3%A3o_n%C2%BA_266_2018_-_Campinas.pdf. Acesso em 25 de janeiro de 2019.

ARES PCJ (2019). RESOLUÇÃO ARES-PCJ Nº 288, DE 29 DE ABRIL DE 2019. Dispõe sobre o reajuste dos valores das Tarifas de Água e Esgoto e dos Preços Públicos dos Demais Serviços a serem aplicados no Município de Jundiaí - SP, e dá outras providências. http://www.arespcj.com.br/arquivos/18764_Resolu%C3%A7%C3%A3o_n%C2%BA_288_2019_-_Jundia%C3%AD.pdf

ASANO, T. et al. Water reuse, issues, technologies, and applications. New York: Metcalf & Eddy/AECOM, eds., McGraw Hill, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (2015). ABES. Réuso de Águas nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil. 43p. outubro de 2015.

BNDES (2011) Estruturas de financiamento aplicáveis ao setor de saneamento básico Disponível em : <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1485/1/A%20BS%2034%20Estruturas%20de%20>

financiamento%20aplic%C3%A1veis%20ao%20setor%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico_P.pdf>. Acesso em 01 de fevereiro de 2018.

BRASIL (2017). Tabela de Padrão Organoléptico de Potabilidade (PRT MS/GM 2914/2011, Anexo 10). ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE DE 03 DE OUTUBRO DE 2017.

BRASIL (2019). PL3261/2019. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/137118>>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

BREGA, D. F & MANCUSO, P. C. S. (2003). Reúso de água. Barueri, Manole, 2003. p.21-36.

Brites, A. P. Z. (2010). Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica. São Paulo, 2010. 177 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Tese (Doutorado)

CAMPINAS (2012). Prefeitura de Campinas. Nova EPAR vai tratar 360 litros de esgoto por segundo Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/noticias-integra.php?id=12016>>. Acesso em 15 de abril de 2018.

CAMPINAS (2015). Prefeitura de Campinas. Uma nova água, a solução para a crise hídrica <http://www.campinas.sp.gov.br/noticias-integra.php?id=25960>. Acesso em Acesso em 15 de abril de 2018.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE; B. H (2010). Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2010

CCME (2001) Water Quality Index: User's Manual. In: Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. 2001b. < <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/138> >. Acesso em 02 junho 2018

CETEC (2000). Relatório “Zero”: Situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí . Relatório técnico final. v. 1. Lins, 2000.

CETESB (2018) Reúso de água. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua>> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

CH2M (2017). Elaboração de Proposta do Plano de Ação Para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil. Produto IV – Avaliação do Potencial de Reúso (RP01C). 295p. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, Acordo de Empréstimo nº 8074- BR – Banco Mundial.

CH2M (2018). Elaboração de Proposta do Plano de Ação Para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil. Produto V – Modelos de Financiamento (RP02A). 120p. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, Acordo de Empréstimo nº 8074- BR – Banco Mundial.

COELHO, F, M. (2008). Avaliação de Propostas para a Garantia do Abastecimento de Água da Região Metropolitana Oeste do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. 277p.

COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS (COBRAPE). Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 – 2020, 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 – Relatório Final. [s.I], 2010.

CONSÓRCIO PCJ (2014). CRH-SP aprova reenquadramento do Rio Jundiá de Classe 4 para Classe 3. Setembro de 2014. Disponível em: <<http://agua.org.br/crh-sp-aprova-reenquadramento-do-rio-jundiai-de-classe-4-para-classe-3/>>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

CONSÓRCIO PCJ (2016) Água de reúso como alternativa hídrica. Disponível em <<http://agua.org.br/agua-de-reuso-como-alternativa-hidrica/>>. Acesso em 5 de janeiro de 2018.

CONSORCIO PCJ (2017). Sabesp inaugura nova captação de água no rio Jundiá. Disponível em <<http://agua.org.br/sabesp-inaugura-nova-captacao-de-agua-no-rio-jundiai/>>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

CONSÓRCIO PROFILL RHAMA (2018). Primeira Revisão do Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020. Relatório Final. Revisão 05. Abril de 2018. Tomo I, Tomo II, Tomo III, Tomo IV e Tomo V. Relatórios técnicos. Disponível em: <<https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/documentos/etapa-1-plano-vigente>>. Acesso em 10 de janeiro de 2019.

CONSÓRCIO PROFILL RHAMA (2019). Caderno de Enquadramento dos Corpos d'Água. Primeira Revisão do Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020. Relatório Final (P2). Revisão 04. Disponível em: <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/documentos/etapa-3-cadernos-tem%C3%A1ticos/enquadramento-dos-corpos-d%C3%A1gua>. Acesso em 20 de agosto de 2019.

CONSÓRCIO PROFILL RHAMA (2019b). Caderno de Garantia de Suprimento Hídrico. Primeira Revisão do Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020. Relatório Final (P2). Revisão 04. Disponível em: <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/documentos/etapa-2-garantia-de-suprimento-h%C3%ADrico>. Acesso em 20 de agosto de 2019.

CONSÓRCIO PROFILL RHAMA (2019c). Caderno de Enquadramento dos Corpos d'Água. Primeira Revisão do Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020. Versão Preliminar do Caderno (P4). 242p. Disponível em: <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/documentos/etapa-3-cadernos-tem%C3%A1ticos/enquadramento-dos-corpos-d%C3%A1gua>. Acesso em 20 de outubro de 2019.

DAE JUNDIAÍ (2018) Esgoto. Disponível em <<https://www.daejundiai.com.br/a-empresa/esgoto/>>. Acesso em 21 de janeiro de 2018.

DAE JUNDIAÍ (2018). O Saneamento em Jundiá. Disponível em <<https://www.daejundiai.com.br/memoria/o-saneamento-em-jundiai/>> Acesso em 20 de janeiro de 2018.

DANTAS, A. D. B., DI BERNARDO, L., VOLTAN. P. E. N., KOYAMA, M. H. (2017). Avaliação da eficiência do cloro gerado a partir de sal nas etapas de pré e pós-cloração da água do rio Piracicaba. Congresso ABES FENASAN (2017)

MORELLI, E. B. (2005). Reúso de água na lavagem de veículos. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. 107p.

FINEP/CTHIDRO (2007). Relatório do Projeto Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para o seu Enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. São Paulo, 2007.

GITMAN, L. J. (2004). Princípios de administração financeira. 10. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

HESPAHOL, I (2008). Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. Estudos Avançados 22 (63), 2008.

IBGE (2019). Projeção da população. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em 20 de outubro de 2019.

INDAIATUBA (2014). Prefeito Reinaldo Nogueira consegue aprovação para reenquadramento do rio Jundiá. Disponível em: <https://www.indaiatuba.sp.gov.br/relacoes-institucionais/imprensa/noticias/21207/>. Acesso em 15 de março de 2019

INDAIATUBA (2017). ETE Mário Araldo Candello recebe armação metálica para construção dos decantadores. Disponível em: <https://www.indaiatuba.sp.gov.br/relacoes-institucionais/imprensa/noticias/25828/> . Acesso em 21 de janeiro de 2018.

INDAIATUBA (2018), ETE MAC terá estação de água de reúso para distribuir às indústrias Disponível em: www.indaiatuba.sp.gov.br/relacoes-institucionais/imprensa/noticias/27016/ . Acesso em 10 de janeiro de 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016. Benefícios Econômicos e sociais da expansão do saneamento na região metropolitana de São Paulo. Ex Ante Consultoria Econômica. Julho de 2016. 43p.

INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017a. Benefícios Econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil. Ex Ante Consultoria Econômica. Março de 2017. 74p.

INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017b. Benefícios Econômicos e sociais da expansão do saneamento no Estado de São Paulo. Ex Ante Consultoria Econômica. Março de 2017. 4p. Press release.

IPEA (2019). Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html> Acesso em 10 de novembro de 2019.

ITUPEVA (2014). Despoluição do rio Jundiá vai beneficiar Itupeva. Disponível em: <http://www.jornaldeitupeva.com.br/2014/10/01/despoluicao-do-rio-jundiai-vai-beneficiar-itupeva/>. > Acesso em 24 de janeiro de 2018.

JOURAVLEV, A. Drinking Water Supply and Sanitation Services on th Threshold of the XXI Century. RecursosNaturais y Infraestructura, série 74. Santiago de Chile: Cepal, 2004.

LANNA, A. E. (2001) Economia dos Recursos Hídricos. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – IPH/UFRGS. Texto de referência da disciplina HIDP-04 Economia dos Recursos Hídricos

LAVRADOR, J. F. (1987). Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil. São Paulo, 1987. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado)

LEE, C. (1973). Models in planning. Na introduction to the use of quantitative models in planning. Oxford. Pergamon Press.

LÉO, E. C. (2014). Os planos de recursos hídricos e suas influências sobre as práticas de gestão nos comitês de bacias: um estudo de caso nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá / Piracicaba. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2014. 173 p. Dissertação (Mestrado)

MACHION, A. C. G. (2006). Valoração Ambiental e Análise de Viabilidade Econômica: o caso da Estação Escola de Tratamento de Esgotos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 191 p. Dissertação (Mestrado)

MANCUSO & SANTOS, (2003). Editores. Reúso de Água. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Barueri, 2003. 576p.

MARIN, M. C. F. C, PORTO, M. F. A., RAMOS, F., FERNANDES, C. V. S. (2007). Proposta metodológica de análise de benefício econômico em despoluição hídrica como instrumento de suporte à tomada de decisões: estudo de caso da Bacia do Alto Iguaçu. REGA – Vol. 4, no. 1, p. 39-52, jan./jun. 2007.

MAY, P.; LUSTOSA, C.; VINHA, V. (organizadores). (2003). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MPF (2016). Ministério Público Federal - Manual de atuação – Efetivação das metas de qualidade da água no Brasil. 149p.

NEVES, M. A ET AL. (2007) Impactos do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Jundiáí (SP). Ambiente & Sociedade, Campinas v. X, n. 2. p. 149-160. jul.-dez. 2007

OECD (2011). Benefits of Investing in Water and Sanitation. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/environment/benefits-of-investing-in-water-and-sanitation_9789264100817-en#page18. Acesso em 12 de novembro de 2019

Oliveira, J, A, N (1982). Engenharia Econômica: .Uma abordagem Às decisões de investimento. São Paulo: MCGraw-Hill do Brasil, 1982, 172p.

PADULA, H. F. (2003) Estação experimental Jesus Neto, da Sabesp. In Reúso de Agua (2003), p. 479-490.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO (2016). Bacia do Rio Jundiáí melhora de nível e passa para classe 3 em 2017. Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/bacia-do-rio-jundiai-melhora-de-nivel-e-passa-para-classe-3-em-2017-2/>. Acesso em 15 de julho de 2019.

PROSAB (2009). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção/Francisco Suetônio Bastos Mota e Marcos von Sperling(coordenadores). Rio de Janeiro: ABES, 2009

QUATZOR (2015). Plano integrado de Saneamento Básico do município de Campo Limpo Paulista (SP). Volume I – Diagnóstico. 118p. Fevereiro de 2015.

SAAE INDAIATUBA (2019). COMITÊ PCJ REALIZA REUNIÃO ORDINÁRIA EM INDAIATUBA. Disponível em <https://www.saae.sp.gov.br/template-noticias-gerais-302/>. Acesso em 15 de março de 2019

SAAESALTO (2019) Rio Jundiáí pode garantir água para Salto até 2040. Disponível em: <http://saaesalto.sp.gov.br/2019/01/22/rio-jundiai-pode-garantir-agua-para-salto-ate-2040/>. Acesso em 20 de outubro de 2019.

SABESP (2015). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Relatório de Administração 2015.

SABESP (2018). Água de Reúso: Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=569>>. Acesso em 10 de janeiro de 2018.

SALAZAR, R. B.(2010). Métodos de avaliação econômica aplicáveis em projetos de infraestrutura urbana: um estudo em projetos de saneamento básico em Goiânia. Goiânia, Faculdades Alves Faria, 2010. 109 p. Dissertação (Mestrado)

SANASA (2018) Uma Nova Água, a Solução para a Crise Hídrica. Disponível em <http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par_nrod=1993&flag=P-A>. Acesso em 10 de dezembro de 2018.

SÃO PAULO (2000). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá: relatório zero. Piracicaba, 2000a.

SILVA, M. C. C. (2015) Avaliação Econômico-Financeira de Sistemas de Manejo de Águas Residuárias de Origem Doméstica em Empreendimentos Habitacionais. UFPB. 2015, 108p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, J. S. (2007). Análise crítica sobre as técnicas de avaliação de investimentos mais utilizadas pelas empresas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu. Anais do XXVII ENEGEP, 2007

TORRES, C.J.F (2014). Desenvolvimento Metodológico para Apoio à Tomada de Decisão Sobre o Programa de Efetivação do Enquadramento dos Corpos D'água. Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica, Salvador. 176p. Dissertação Mestrado.

TRATA BRASIL/FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS, 2010. Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro. 32p.

USEPA (2012) Guidelines for Water Reuse. United States Environmental Protection Agency. September 2012. 643 p.

VÁRZEA PAULISTA (2017). <http://portal.varzeapaulista.sp.gov.br/index.php/2016-06-07-16-14-19/1040-destaques/destaques-governo/secretarias-destaques/infraestrutura-destaques/3718-estacao-de-captacao-de-agua-do-rio-jundiai-sera-inaugurada-nesta-sexta-24>

VON SPERLING, M. (2007). Estudos da modelagem da qualidade da água de rios. Volume 7. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2007.

VON SPERLING, M. (2014). Estudos da modelagem da qualidade da água de rios. Volume 7. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2014. 2 ed.

WOLFF, G. Water Resources and Environment. Water Quality: Wastewater Treatment. Nota Técnica. Washington: Banco Mundial, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (1973). Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a Who meeting of experts. Technical report series n 517. Genebra, 1973.

YOSHITAKE ET AL (2011), Métodos de Valoração Ambiental: Estudo de Caso de Projetos de Saneamento Básico. XXXV Encontro ANPAD. Rio de Janeiro. 4 a 7 de setembro de 2011.