

Relatório de Consultoria entregue
no âmbito do Projeto PNUD/BRA/19/015



Estudo de Caso ACB Infraestrutura Hídrica

Tipologia Esgotamento Sanitário: Planejamento na bacia do rio Grande



APRESENTAÇÃO

O hiato histórico de investimentos em infraestrutura no Brasil, comparado à crescente demanda por novos avanços nesse setor, tem criado uma pressão cada vez maior sobre os recursos disponíveis. Somado a isso, estudos recentes sobre a gestão do investimento público no Brasil apontam, de maneira convergente, que uma das áreas com deficiências mais significativas é a avaliação e seleção de projetos de infraestrutura (Banco Mundial 2017; FMI 2018; TCU, 2020). Especificamente para infraestrutura hídrica, a situação não é diferente.

Nesse contexto, foram desenvolvidos o Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (Guia ACB) e o Manual de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Infraestrutura Hídrica (Manual ACB Infra Hídrica) [\[link\]](#). O Guia ACB busca sintetizar as melhores práticas nacionais e internacionais de análise de custo-benefício e o Manual ACB Infra Hídrica a contextualiza para o setor de infraestrutura hídrica. As ferramentas oferecidas nessas publicações objetivam a otimização da eficiência socioeconômica na seleção de projetos de investimento em infraestrutura a partir de uma análise objetiva, transparente e sistemática.

Este Estudo de Caso é parte integrante de uma série de estudos setoriais que visam a divulgar, solidificar e subsidiar a preparação e avaliação de propostas de investimento em infraestrutura segundo a metodologia definida pelo Guia ACB e o Manual ACB Infra Hídrica. Os estudos de caso e o manual setorial são resultados da parceria entre a Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura da Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade do Ministério da Economia (SDI/SEPEC/ME) com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). A partir dessa parceria, o Consórcio Engecorps-Ceres foi então contratado para desenvolver o presente manual, o qual em sua fase de elaboração foi amplamente discutido com órgãos federais protagonistas deste setor, como a Secretarias Nacional de Saneamento e a Secretaria Nacional de Segurança Hídrica do Ministério do Desenvolvimento Regional.

Esta publicação, portanto, cumpre não apenas com o objetivo de disseminar de melhores práticas sobre avaliação socioeconômica de projetos de infraestrutura hídrica, mas também garantir maior prestação de contas dos recursos do contribuinte investidos na elaboração deste produto.

Além de oferecer informações indispensáveis à tomada de decisão, como indicadores de viabilidade, análise de risco e de efeitos distributivos, a adoção do modelo de ACB proposto garante, também, ganho em competitividade da carteira de projetos desse setor. Nesse sentido, recomendamos o uso de tal metodologia para garantir maior transparência e efetividade na estruturação e priorização de projetos de investimento de infraestrutura hídrica, tornando-os cada vez mais alinhados com as principais necessidades da sociedade.

Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura



Documento elaborado e entregue pelo Consórcio Engecorps-Ceres como Produto 07 - Relatório de estudo de caso sobre aplicação da ACB Recursos Hídricos - Tipologia Esgotamento Sanitário – Planejamento na bacia do rio Grande, do contrato BRA10/694/38391/702/38399/2020, Solicitação de Proposta (SDP) nº JOF 1934/2020, no âmbito de parceria da SDI/ME com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Projeto BRA/19/15. Após sua entrega, este produto foi revisado e atualizado pela SDI/SEPEC/ME para sua publicação definitiva. Sua redação final pode divergir pontualmente, portanto, daquela inicialmente apresentada pelo Consórcio e aprovada pela SDI/SEPEC/ME.

Equipe técnica Consórcio Engecorps-Ceres responsável pela elaboração deste produto:

Adriana Gonçalves Costa
Afonso Celso Moruzzi Marques
Aída Maria Pereira Andrezza
Alberto Lang Filho
Andrei de Mesquita Almeida
Daniel Thá
Danny Dalberson de Oliveira
Eduardo Kohn
Emerson Massaiti Haro
José Manoel de Moraes Junior
José Ricardo Junqueira do Val
José Wanderley Marangon Lima
Marcos Oliveira Godoi
Maria Bernardete Sousa Sender
Sibele Dantas

Equipe técnica SDI/SEPEC/ME responsável pela revisão e aprovação deste produto:

Subsecretário de Inteligência Econômica e de Monitoramento de Resultados
Rodolfo Gomes Benevenuto
Coordenador-Geral de Monitoramento de Resultados
Rafael Ribeiro Silveira
Coordenador-Geral de Inteligência Econômica
Diego Camargo Botassio
Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental
Renato Alves Morato



Sumário

1. SUMÁRIO EXECUTIVO.....	8
2. FUNDAMENTOS PARA INTERVENÇÃO	12
2.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO	12
2.2 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS	15
2.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ALTERNATIVAS E CENÁRIO BASE	16
2.3.1 Alternativas.....	16
2.3.2 Cenário Base	19
3. ESTIMAÇÃO DE CUSTOS ECONÔMICOS	20
3.1 DISPÊNDIO DE CAPITAL PARA CRIAÇÃO OU AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE EM INFRAESTRUTURA (CAPEX).....	20
3.1.1 Formulário de entrada de informações na planilha	21
3.1.2 Estimativa de CapEx para o aporte de rede coletora de esgotos.....	23
3.1.3 Estimativa de CapEx para tratamento de esgoto	26
3.1.4 Consideração acerca dos investimentos e projeções de custos	32
3.1.5 Estimativa do valor residual de investimentos.....	32
3.2 DESPESAS COM GESTÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURA (OPEX)	34
3.2.1 Cálculo da desagregação do OpEx.....	35
4. ESTIMAÇÃO DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS.....	37
4.1 APORTE DE REDE COLETORA DE ESGOTOS.....	37
4.1.1 Benefício da maior cobertura do serviço de coleta.....	37
4.1.2 Benefício de impactos na saúde	42
4.2 TRATAMENTO DE ESGOTOS	48
4.2.1 Benefícios da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos	48
4.2.2 Benefícios de valores de não-uso.....	54
5. EXTERNALIDADES E EFEITOS INDUTIVOS	56
5.1 ESTIMAÇÃO DE EXTERNALIDADES	56
5.1.1 Externalidades já consideradas	56
5.1.2 Serviços ecossistêmicos hídricos	56
5.1.3 Outras externalidades	58
5.2 EFEITOS ECONÔMICOS INDUTIVOS, INDIRETOS E DE SEGUNDA ORDEM.....	59



5.2.1	Benefícios econômicos indutivos da rede coletora de esgotos	59
5.2.2	Benefícios econômicos indutivos do tratamento de esgotos	59
6.	INDICADORES DE VIABILIDADE DO PROJETO	61
6.1	CONFIGURAÇÃO PADRÃO DA AVALIAÇÃO DE RESULTADOS (DEFAULT)	61
6.2	ANÁLISE DOS INDICADORES DE VIABILIDADE	63
7.	ANÁLISE DE RISCO	67
7.1	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	67
7.1.1	Default x Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos.....	67
7.1.2	Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com métodos de valoração distintos.....	69
7.1.3	Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos x Desconsideração dos benefícios de saúde	71
7.1.4	Parâmetro mínimo de liberação de recursos hídricos	72
7.1.5	Default x Valoração da liberação de recursos hídricos com referência geral de valor ao invés de setorial.....	74
7.1.6	Default x Consideração exclusiva dos benefícios dos valores de não-uso...	75
7.1.7	Default x Desconsideração dos benefícios da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos	76
7.2	ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS.....	77
7.3	ANÁLISE PROBABILÍSTICA	78
8.	ANÁLISE DISTRIBUTIVA.....	82
8.1	INCIDÊNCIA DE BENEFÍCIOS E BENEFICIÁRIOS	82
8.2	EFEITOS DISTRIBUTIVOS.....	84
9.	ANEXO 1 – ANEXO DIGITAL – PLANILHA COMPUTACIONAL – ACB ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	86



Índice de Figuras

Figura 2.1 - Unidades de Gestão Hídrica – UGHs – da Bacia do Rio Grande (ANA, 2018)	13
Figura 2.2 - Trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo da Bacia do Rio Grande (ANA, 2018)	15
Figura 2.3 - Trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo da Bacia do Rio Grande na Alternativa 1 - municípios críticos	18
Figura 2.4 - Trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo da Bacia do Rio Grande na Alternativa 2 - sub-bacias UGRHI 08 e GD 07	19
<i>Figura 7.1 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 1 ($\Delta VSPL$, milhões)</i>	<i>80</i>
<i>Figura 7.2 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 2 ($\Delta VSPL$, milhões)</i>	<i>81</i>

Índice de Tabelas

Tabela 1-1 - Descrição das alternativas analisadas	9
Tabela 1-2 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica de Universalização dos SES em municípios selecionados da Bacia Hidrográfica do Rio Grande	10
Tabela 2-1 - Situação dos serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Grande	13
Tabela 2-2 - Descrição das alternativas analisadas	16
Tabela 3-1 - Formulário de preços-sombra, fatores de conversão setorial e cambial	22
Tabela 3-2 - Participação relativa de referência para custos de mão de obra qualificada e não qualificada conforme componentes do CapEx	23
Tabela 3-3 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx de rede coletora de esgotos – Planejamento de Universalização de Esgotamento Sanitário na Bacia Hidrográfica do Rio Grande	26
Tabela 3-4 - Custos de implantação de processos de tratamento de esgoto no Brasil	29
Tabela 3-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx de estação de tratamento de esgoto – Planejamento de Universalização de Esgotamento Sanitário na Bacia Hidrográfica do Rio Grande	31
Tabela 3-6 - Checklist de dados prévios de projeto	33
Tabela 3-7 - Estimativa de vida útil de componentes da infraestrutura	33
Tabela 3-8 - Participação relativa de referência para custos de mão de obra qualificada e não qualificada conforme componentes do OpEx	35
Tabela 6-1 - Descrição das alternativas analisadas	61
Tabela 6-2 - Configuração da ACB default	63



Tabela 6-3 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica de Universalização dos SES em municípios selecionados da Bacia Hidrográfica do Rio Grande	64
Tabela 6-4 - Benefícios anuais das duas Alternativas analisadas.....	65
Tabela 7-1 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica Default x Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos	67
Tabela 7-2 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com média dos três métodos x Valoração pela CMLP	69
Tabela 7-3 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com média dos três métodos x Valoração pela Valorização imobiliária	70
Tabela 7-4 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com média dos três métodos x Valoração pela DAP da Região Metropolitana de São Paulo	70
Tabela 7-5 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos x Desconsideração dos benefícios de saúde	72
Tabela 7-6 - Parâmetro de aumento na demanda hídrica pela liberação de recursos hídricos de qualidade.....	73
Tabela 7-7 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica Default x Resultados com valor de eficiência geral para a monetização do benefício da liberação de recursos hídricos.....	74
Tabela 7-8 - Indicadores da ACB Default x Resultados com valoração do tratamento de esgotos apenas pelos valores de não-uso.....	76
Tabela 7-9 - Indicadores da ACB Default x Desconsideração da valoração da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos.....	77
Tabela 7-10 - Análise de robustez da alternativa 1 (análise de Monte Carlo)	79
Tabela 7-11 - Análise de robustez da alternativa 2 (análise de Monte Carlo)	81
Tabela 8-1 - Distribuição dos custos e benefícios por stakeholders (R\$ milhões, Δ VSPL) 82	
Tabela 8-2 - Matriz de Stakeholders das alternativas analisadas	83



1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Este documento apresenta o resultado do estudo de caso de aplicação da metodologia de Análise Custo-Benefício (ACB) em um conjunto figurado de empreendimentos da tipologia de **Esgotamento Sanitário e Tratamento de Esgoto** - Rede Coletora de Esgoto e Tratamento de Esgotos em municípios selecionados da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, abrangendo os estados de Minas Gerais e São Paulo. Trata-se de simulação da universalização dos serviços de esgotamento sanitário (SES) nestes municípios, visando contribuir para a despoluição das águas.

Importante notar que o presente estudo de caso não traz o contorno de um projeto específico, tal como o realizado para outras tipologias (controle de cheias e oferta de água), que tiveram como objeto projetos contemplados pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)¹ e habilitados para o Programa de Segurança Hídrica (PSH).

Realiza-se, outrossim, uma abordagem estratégica e paramétrica que simula a decisão de um Comitê de Bacias na necessidade de priorização dos investimentos com vistas ao aprimoramento da qualidade das águas, ou mesmo de um agente financiador que deve alocar recursos escassos à melhor configuração de investimentos sob o ponto de vista de geração de valor social. Uma vez que não se trata de um projeto específico, mas sim de uma avaliação paramétrica para ilustrar a aplicação da metodologia, informações de contexto, tal como os intervenientes executores, não são apresentadas.

O estudo de caso foi elaborado com base no **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande - PIRH-Grande** (ANA, 2018)², contextualizando a aplicação da metodologia apresentada no documento “Manual ACB Infra Hídrica de análise custo-benefício em projetos de recursos hídricos” como insumo de planejamento para o referido instrumento.

Eis que o PIRH-Grande identificou que a principal carga de poluição por Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nos corpos d’água da bacia advém das populações urbanas, responsáveis por 69% (na média) da criticidade do componente qualitativo para esse parâmetro. Os demais usuários dos recursos hídricos que contribuem para a carga de poluição por matéria orgânica são a população rural e criação animal (ANA, 2018). Foram identificados pelo Plano os municípios cujas sedes urbanas mais geram tal poluição, fruto da não-universalização dos serviços de esgotamento sanitário (coleta e tratamento). Ao total, 40 municípios foram identificados com os mais críticos, distribuindo-se em todas as unidades de gerenciamento de recursos hídricos e perpassam 24 cidades mineiras e 16 cidades paulistas.

Considerou-se, pois, a seguinte situação hipotética: **a partir do Plano de Bacia, prevê-se investir na universalização dos serviços de esgotamento sanitário (SES) em 40 municípios críticos na bacia**. Assim, esta ACB Preliminar se presta a definir a viabilidade socioeconômica de tais investimentos, assim como priorizar qual conjunto de 40

¹ ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Plano Nacional de Segurança Hídrica. 116 p. Brasília: ANA, 2019.

² ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande. 309 p. Brasília: ANA, 2018.



municípios é preferível, do ponto de vista de otimização econômica. Para tal, são confrontados dois grupos de municípios.

A tabela a seguir resume as duas alternativas que serão confrontadas com o cenário base neste estudo de caso, ambas abordando a universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) de 40 municípios, porém em dois conjuntos distintos destes.

Tabela 1-1 - Descrição das alternativas analisadas

Alternativa	Descrição	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Apelido	“Municípios críticos”	“2 sub-bacias”
Descrição	Universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) no conjunto de municípios prioritários para o balanço hídrico qualitativo na BH do Rio Grande – [Municípios críticos]	Universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) em duas unidades de planejamento de RH na BH do Rio Grande (GD07 e UGRHI08), sendo a primeira em Minas Gerais e a segunda em São Paulo
População urbana sem coleta de esgoto	177.246	31.408
População urbana sem tratamento de esgoto	760.941	207.327

Como cenário base, espera-se que a situação “*business-as-usual*” se mantenha durante o período de avaliação. Isso posto, os cenários adotados no PIRH-Grande são a fonte de informação em que a análise deverá se basear. Mesmo que outros cenários possam ser construídos, é recomendável utilizar aqueles do plano de bacia, sendo este o instrumento adotado pelo CBH-Grande como norteador para a gestão de suas águas.

Foram considerados dois benefícios para a coleta de esgotos, bem com três benefícios para o tratamento de esgotos, seguindo as orientações do Manual ACB Infra Hídrica. São eles:

- Benefícios da Coleta de Esgoto
 - Benefício da maior cobertura do serviço de coleta (média aritmética de três métodos de valoração);
 - Benefício dos impactos na saúde.
- Benefícios do Tratamento de Esgoto
 - Benefício da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos, com base paramétrica no grau de elasticidade;
 - Benefício de Não-Useo via parâmetro de DAP do Reino Unido, apenas para fins ilustrativos e não adicionada ao rol de benefícios; e



- Benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos.

Ambas as alternativas se apresentam custo-benéficas, tendo valores presente líquidos de custos que são amplamente superados pelos equivalentes em benefícios econômicos. Segundo o Manual ACB Infra Hídrica, quando o resultado da TRE é acima de 11,4%, como é o caso (com folga) para ambas as alternativas, o projeto pode ser considerado viável mediante realização de análise de sensibilidade e de riscos padrão.

Tabela 1-2 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica de Universalização dos SES em municípios selecionados da Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Indicadores da ACB social	Alternativa 1 (Municípios críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 1.346,92	R\$ 693,16
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL)	R\$ 583,31	R\$ 518,51
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 54,28	R\$ 48,25
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	17,50%	34,74%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97

Os custos da alternativa 1 são superiores em praticamente 4 vezes aqueles necessários para se universalizar os SES na alternativa 2. Os benefícios, no entanto, são gerados em maior proporção na alternativa 2, rendendo um B/C de praticamente 4 contra 1,8. Como o Δ VSPL dos benefícios é maior na alternativa 1, por compreender municípios mais populosos e com custos e benefícios mais volumosos, o valor anual equivalente (VAE) é ainda superior na alternativa 1, mesmo tendo essa uma razão benefício-custo inferior, ressaltada pela TRE de 17% contra 34% da alternativa 2.

Em termos societários, portanto, a alternativa 1 seria a melhor das opções, haja vista que resulta em um valor anual equivalente (expressando o ganho líquido anual para a sociedade) maior do que a alternativa 2, concomitante a atender um maior número de pessoas e melhorar a qualidade hídrica de mais trechos de rio na bacia hidrográfica. Mesmo tendo uma taxa de retorno econômica menor, as demais características fazem da alternativa 1 a mais adequada.

- A universalização da coleta e do tratamento dos esgotos em ambas as alternativas é desejável sob o ponto de vista societário, além de ser prescrita pela legislação;
- A restrição, para a consecução de ambas as alternativas, é o valor de investimento que ensejam, demandando configurações de projeto para poder pleitear financiamento, determinar as companhias de saneamento responsáveis e outras configurações pertinentes às etapas posteriores de análise dos projetos.

O presente documento está estruturado em 8 capítulos. Além deste Sumário Executivo, o capítulo 2 apresenta os fundamentos para intervenção que embasaram a concepção do empreendimento. No capítulo 3 são detalhadas as estimativas de custos econômicos durante o ciclo de vida do projeto, enquanto no capítulo 4 o mesmo é feito para os



benefícios antevistos como decorrentes da implantação do empreendimento. Já o capítulo 5 aborda as externalidades e os efeitos indutivos.

No capítulo 6 são apresentados os resultados das estimativas anteriores por meio de indicadores da análise custo-benefício. Após a apresentação dos resultados, são feitas análises de risco (capítulo 7) e distributiva (capítulo 8), de maneira a complementar a interpretação da análise efetuada neste estudo de caso.

Os dados computados em planilha são apresentados no Anexo 1 (Anexo Digital).



2. FUNDAMENTOS PARA INTERVENÇÃO

2.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO

Os projetos conjecturados para fins de aplicação da metodologia proposta no Manual ACB Infra Hídrica se inserem na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Assim, a principal fonte de informação é o plano de bacia elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico em 2018: **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande** (op. cit., doravante denominado de PIRH-Grande).

A bacia do Rio Grande é parte integrante da bacia do rio Paraná, uma das mais importantes do País, tanto do ponto de vista econômico (apresentando um PIB de R\$ 349 bilhões em 2018) como do aproveitamento dos recursos hídricos (demanda hídrica média de 83 m³/s). Com um território de 143.255 km², a bacia ocupa áreas dos estados de São Paulo (40% do total, abrangendo 179 municípios) e de Minas Gerais (60% do total, abrangendo 214). Dos 393 municípios com alguma fração de suas áreas inseridas na bacia, 325 contam com a integralidade de suas áreas na bacia, que abrange um total de 378 sedes municipais.

O rio Grande tem sua nascente na Serra da Mantiqueira e tem extensão total de 1.286 km; após percorrer cerca de 216 km, conflui com o rio Aiuruoca e passa a ser de domínio da União. A jusante desse ponto, percorre mais 466 km até receber o rio das Canoas, formando, a partir daí, um limite natural entre os estados de Minas Gerais e de São Paulo, até a sua foz, quando forma o rio Paraná, ao confluir com o rio Paranaíba (ANA, 2018).

Os principais afluentes do rio Grande são os rios Sapucaí, Pardo, Turvo, Verde, Capivari, Sapucaí-Mirim e Mogi Guaçu, pela margem esquerda; e os rios Jacaré, Santana, Pouso Alegre, Uberaba, Verde (ou Feio) e o rio das Mortes, pela margem direita. Vale destacar que 36,2% dos corpos hídricos superficiais da bacia estão sob domínio do estado de São Paulo, 51,4% sob domínio do estado de Minas Gerais e 12,4% são de domínio da União (ANA, 2018).

A bacia do Rio Grande está subdividida em 14 Unidades de Gestão Hídrica (UGHs), correspondentes às bacias hidrográficas afluentes ao rio Grande, sob a atuação dos comitês estaduais. As UGHs são denominadas diferentemente em cada estado: em São Paulo, as seis UGHs afluentes ao rio Grande são conhecidas por UGRHs - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e em Minas Gerais, as oito UGHs afluentes são chamadas de UPGRHs - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, codificadas como "GDs", por serem contribuintes do rio Grande (ANA, 2018). A Figura 2.1 aponta as Unidades de Gestão Hídrica da bacia do rio Grande.



Figura 2.1 - Unidades de Gestão Hídrica – UGHs – da Bacia do Rio Grande (ANA, 2018)

Além disso, a bacia do rio Grande se destaca por abrigar importantes centros urbanos paulistas e mineiros, como, no primeiro caso, os municípios de Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Campos de Jordão, Franca e Mogi-Guaçu, e, no segundo, Uberaba, Capitólio, Alfenas, Lavras, Itajubá e São João Del Rei.

Considerando-se apenas os municípios cuja sede se localiza na bacia do rio Grande, tem-se uma população total de 8,57 milhões de pessoas, 90% destas em área urbana (segundo estimativas do IBGE para 2020). As cidades mineiras da bacia concentram 3,12 milhões de habitantes, enquanto as paulistas, 4,56 milhões.

A bacia é bem servida por uma densa malha rodoviária e também por ferrovias e aeroportos, o que facilita o acesso a seus inúmeros municípios (ANA, 2018). Esta é também uma das regiões do País com os melhores índices de saneamento básico. Não obstante, mesmo os serviços de esgotamento sanitário em área urbana ainda não são universalizados. Como pode ser observado pela Tabela 2-1, um total de 1,58 milhão de pessoas ainda não conta com rede coletora de esgotos, enquanto outros 2,49 milhões ainda não contam com tratamento para seus esgotos (com base em SNIS [2020], que traz informações referentes ao ano de 2019).

Tabela 2-1 - Situação dos serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Grande

	População Urbana (habitantes)	Índice de coleta de esgoto	Índice de tratamento de esgoto
UGHs Mineira	3.121.635	85,1%	48,9%
UGHs Paulistas	4.556.818	97,5%	81,9%
Total da Bacia	7.678.453	92,4%	68,5%



O PIRH-Grande, como instrumento norteador para a gestão das águas na importante bacia Federal, priorizou a elaboração de propostas para a solução de problemas para os quais existe governança do sistema de gestão de recursos hídricos atuante na bacia, notadamente aqueles de responsabilidade do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH-Grande) e órgãos gestores de recursos hídricos (ANA, DAEE e IGAM). Nesse contexto, o Plano traz a indicação da necessidade de execução de obras e serviços do setor de saneamento nas áreas urbanas como orçamento associado ao PIRH-Grande, contemplando-os na seguinte ordem do planejamento estratégico:

Componente estratégico	Conservação dos recursos hídricos
Objetivo específico	Compatibilizar o balanço hídrico qualitativo
Meta	Execução de serviços e obras de redução de cargas poluidoras urbanas, atendendo às metas progressivas do enquadramento

Os investimentos associados de saneamento são dirigidos aos aspectos de redução das perdas nas redes de distribuição de água e na ampliação dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos. Especificamente para esse último item, o instrumento de planejamento realizou a estimativa de adoção das metas dos Planos Municipais de Saneamento Básico já elaborados e das metas do PLANSAB para os municípios que ainda não dispõem desses planos. Essa estimativa resultou em um valor total de investimento, até 2030, de R\$ 3,8 bilhões para obras e serviços de ampliação das redes de coleta e tratamento de esgotos urbanos (ANA, 2018).

O PIRH-Grande identificou que a principal carga de poluição por DBO nos corpos d'água da bacia advém das populações urbanas, responsáveis por 69% (na média) da criticidade do componente qualitativo para esse parâmetro. Nas bacias paulistas, essa contribuição é ainda maior, chegando a 74% (na média das UGHs). Já nas bacias mineiras, a contribuição da população urbana para a poluição por DBO é de 65% (na média das UGHs). Os demais usuários dos recursos hídricos que contribuem para a carga de poluição por matéria orgânica são a população rural e criação animal (ANA, 2018).

O PIRH-Grande também identificou os municípios cujas sedes urbanas mais geram poluição por aporte de matéria orgânica, fruto da não-universalização dos serviços de esgotamento sanitário (coleta e tratamento). Ao total, 40 municípios foram identificados com os mais críticos, conforme demonstra a Figura 2.2, juntamente com os trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo. Esses municípios críticos se distribuem em todas as unidades de gerenciamento de recursos hídricos e perpassam 24 cidades mineiras e 16 cidades paulistas.

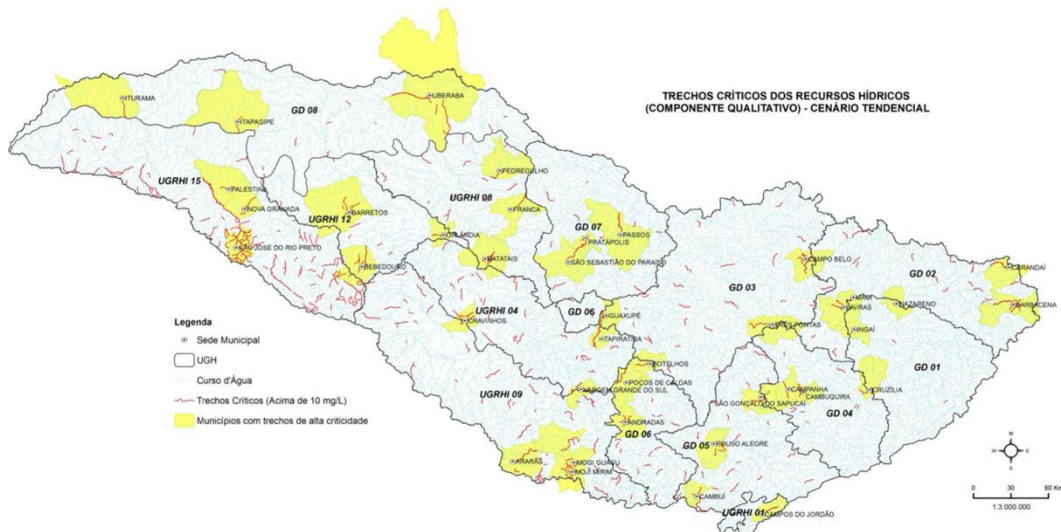


Figura 2.2 - Trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo da Bacia do Rio Grande (ANA, 2018)

O foco da aplicação do presente estudo de caso trata, portanto, da universalização dos serviços de esgotamento sanitário (coleta e tratamento de esgotos) em áreas urbanas de municípios selecionados dessa bacia hidrográfica, aplicando-se o Manual de Análise Custo-Benefício para Investimentos em Infraestrutura Hídrica de Interesse Estratégico e Relevância Regional no tangente à tipologia de Esgotamento Sanitário e Tratamento de Esgoto.

Nota-se que o PIRH-Grande conta com uma base de dados georreferenciada por ottobacias hidrográficas, permitindo a realização de leituras integradas entre informações municipais (notadamente suas sedes urbanas), disponíveis nas principais fontes de dados (IBGE, SNIS), e os trechos de rios beneficiados pelo tratamento de esgotos.

2.2 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

Considerando a breve caracterização da situação da qualidade da água, e mais especificamente do saneamento da bacia como um todo, é razoável considerar uma situação hipotética: **a partir do Plano de Bacia, prevê-se investir na universalização dos serviços de esgotamento sanitário (SES).**

Para tanto, também é razoável conjecturar as premissas seguintes:

- A principal ação de saneamento se dará via serviços de coleta e tratamento de esgotos domésticos em áreas urbanas, conforme identificado pelo PIRH-Grande;
- Os montantes financeiros disponíveis para a realização dos investimentos necessários para a promoção da universalização dos serviços de esgotamento sanitário nos 393 municípios da bacia são restritos, portanto, deverão ser priorizados dentre um universo limitado de municípios;



- É preciso definir um critério de priorização para definição dos municípios a serem atendidos com os investimentos em infraestrutura de saneamento;
- Dada a escassez de recursos, é preciso justificar a viabilidade das ações e investimentos de universalização, do ponto de vista socioeconômico, frente aos financiadores e investidores;
- A ferramenta usada para a tomada de decisão sobre a viabilidade econômica destes investimentos e qual o conjunto de municípios é mais recomendado será a ACB Preliminar.

Assim, considerando a situação hipotética acima contextualizada, a próxima seção define o objetivo a ser desenvolvido neste estudo de caso.

O projeto suposto aqui, para fins da aplicação, pretende **universalizar os serviços de esgotamento sanitário - SES (coleta de esgotos e seu tratamento) em 40 municípios da região inseridos na bacia do rio Grande, contemplando ambos os estados da bacia.**

Assim, a ACB Preliminar se prestará a definir a viabilidade socioeconômica de tais investimentos, assim como priorizar qual conjunto de 40 municípios é preferível, do ponto de vista de otimização econômica. Para tal, são confrontados dois grupos de municípios apresentados a seguir.

2.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ALTERNATIVAS E CENÁRIO BASE

2.3.1 Alternativas

A tabela a seguir resume as duas alternativas que serão confrontadas com o cenário base neste estudo de caso, ambas abordando a universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) de 40 municípios, porém em dois conjuntos distintos destes.

Tabela 2-2 - Descrição das alternativas analisadas

Alternativa	Descrição	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Apelido	“Municípios críticos”	“2 sub-bacias”
Descrição	Universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) no conjunto de municípios prioritários para o balanço hídrico qualitativo na BH do Rio Grande – [Municípios críticos]	Universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) em duas unidades de planejamento de RH na BH do Rio Grande (GD07 e UGRH108), sendo a primeira em Minas Gerais e a segunda em São Paulo
População total (2020)	2.895.841	983.719



Alternativa	Descrição	
	Alternativa 1	Alternativa 2
População urbana (2020, estimada)	2.717.117	903.532
População contemplada pelas alternativas	Urbana	Urbana
Índice médio de coleta de esgoto (urbano)	93,2%	96,5%
População urbana sem coleta de esgoto	177.246	31.408
Índice de tratamento de esgoto (urbano)	72,0%	77,1%
População urbana sem tratamento de esgoto	760.941	207.327
Divisão estadual dos municípios	24 mineiros e 16 paulistas	18 mineiros e 22 paulistas
Lista dos Municípios considerados em cada alternativa	Ingaí, Nazareno, Barbacena, Carandaí, Ijaci, Lavras, Campo Belo, Três Pontas, Cambuquira, Campanha, Cruzília, Cambuí, Pouso Alegre, São Gonçalo do Sapucaí, Andradás, Botelhos, Guaxupé, Poços de Caldas, Passos, Pratápolis, São Sebastião do Paraíso, Itapagipe, Iturama, Uberaba, Campos do Jordão, Cravinhos, Tapiratiba, Vargem Grande do Sul, Batatais, Franca, Pedregulho, Araras, Mogi Guaçu, Moji Mirim, Barretos, Bebedouro, Orlândia, Nova Granada, Palestina, São José do Rio Preto	Alpinópolis, Bom Jesus da Penha, Capetinga, Cássia, Claraval, Delfinópolis, Fortaleza de Minas, Ibiraci, Itamogi, Itaú de Minas, Jacuí, Passos, Pratápolis, São João Batista do Glória, São José da Barra, São Pedro da União, São Sebastião do Paraíso, São Tomás de Aquino, Aramina, Batatais, Buritizal, Cristais Paulista, Franca, Guaira, Guará, Igarapava, Ipuã, Itirapuã, Ituverava, Jariquera, Miguelópolis, Nuporanga, Patrocínio Paulista, Pedregulho, Restinga, Ribeirão Corrente, Rifaina, Santo Antônio da Alegria, São Joaquim da Barra, São José da Bela Vista
Trechos de rio críticos sob o aspecto qualitativo	299 trechos	69 trechos
Extensão dos trechos de rio críticos	1.155 km	309 km
PIB dos municípios (2018)	R\$ 112.161.587 mil	R\$ 32.621.860 mil

Alternativa	Descrição	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Participação relativa do VAB (2018)	VAB Agropecuária: 3,6% VAB Indústria: 22,4% VAB Serviços Privados: 60,7% VAB Serviços Públicos: 13,3%	VAB Agropecuária: 9,4% VAB Indústria: 25,6% VAB Serviços Privados: 50,5% VAB Serviços Públicos: 14,5%

As figuras abaixo apresentam os trechos críticos considerados nas duas alternativas, cada qual associada às sedes urbanas. A identificação dos trechos críticos seguiu os dados trazidos pelo PIRH-Grande para aqueles cuja concentração de DBO supera os 10 mg/l, ou seja, trechos de rio classificados como Classe 4 pelo enquadramento trazido pela Resolução Conama nº 357/2005.



Figura 2.3 - Trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo da Bacia do Rio Grande na Alternativa 1 - municípios críticos



Figura 2.4 - Trechos críticos dos recursos hídricos no componente qualitativo da Bacia do Rio Grande na Alternativa 2 - sub-bacias UGRHI 08 e GD 07

2.3.2 Cenário Base

O cenário base (ou contrafactual) consiste na situação esperada sem os projetos de universalização de coleta e tratamento de esgoto descritos no item anterior (2.3.1).

Embora haja criticidade do ponto de vista da qualidade da água em diversos municípios da bacia, conforme identificado pelo PIRH-Grande, é razoável imaginar que não haverá investimentos que visem sua melhora de forma significativa, caso não haja projetos específicos para tal.

Por se tratar de uma região com índices satisfatórios para os serviços de esgotamento sanitário - sob o ponto de vista comparativo a outras regiões - há tendência de se considerarem desnecessários os investimentos rumo à universalização dos mesmos. No entanto, como o PIRH-Grande demonstra de forma contundente, o aspecto qualitativo dos recursos hídricos deve ser abordado para que haja a compatibilização dos usos múltiplos das águas na adensada bacia hidrográfica.

Assim, espera-se que a situação “*business-as-usual*” se mantenha durante o período de avaliação definido. Isso posto, os cenários adotados no PIRH-Grande são a fonte de informação em que a análise deverá se basear. Mesmo que outros cenários possam ser construídos, é recomendável utilizar aqueles do plano de bacia, sendo este o instrumento adotado pelo CBH-Grande como norteador para a gestão de suas águas.

Tal como para as alternativas analisadas, o cenário base também adota o recorte espacial de município, dada a disponibilidade de dados das principais fontes de dados (IBGE, SNIS). Nota-se que o PIRH-Grande e sua base de dados georreferenciada, por ottobacias hidrográficas, permite inferências sobre os trechos de rios beneficiados pelo tratamento de esgotos.



3. ESTIMAÇÃO DE CUSTOS ECONÔMICOS

A estimativa de custos econômicos compreende aqueles custos atribuídos diretamente ao empreendimento, tanto em sua fase de implantação quanto durante a operação da infraestrutura construída. De forma a permitir a sua aplicação na ACB, os custos considerados devem representar a diferença monetária entre a realização do investimento para entrada em operação de uma nova capacidade de infraestrutura ante a ausência ou continuidade da prestação do serviço correlato por meios existentes ou tendenciais, em mesmo período de análise; ou em comparação com alternativa de projeto que configure infraestrutura com custos e benefícios distintos. Benefícios negativos ou externalidades negativas não configuram custos econômicos do empreendimento, e são tratados nos capítulos adiante.

Nos itens a seguir, são abordadas as categorias de custos econômicos considerados na análise custo-benefício de empreendimentos de **Esgotamento Sanitário** como insumo de planejamento no âmbito da Bacia Hidrográfica do rio Grande. Esse processo de análise de custos é amparado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário), na qual são alimentados os dados de entrada e processados os cálculos conforme parâmetros pré-estabelecidos, o que será demonstrado passo-a-passo a seguir. Ao final das estimativas, os resultados são carregados ao fluxo de caixa social do projeto, em conjunto com os benefícios econômicos.

3.1 *DISPÊNDIO DE CAPITAL PARA CRIAÇÃO OU AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE EM INFRAESTRUTURA (CAPEX)*

O valor orçado ou estimado para dispêndio de capital na criação/ ampliação de capacidade em infraestrutura (CapEx) equivale ao capital fixo estimado do empreendimento e despesas de implantação, incluindo serviços técnicos de engenharia e estudos ambientais. No caso da tipologia de esgotamento sanitário, estes dividem-se em: i) custos com a expansão ou aporte de redes de coleta de esgoto; e ii) estações de tratamento de esgoto.

Segundo idealizado pelo Manual ACB Infra Hídrica, os custos devem ser informados pelo originador do empreendimento, e pode estar acompanhado de uma planilha mais ou menos detalhada de abertura de composição do investimento, contando com uma data-base associada, bem como a informação do responsável pelo orçamento/ estimativa. Os valores deverão ser atualizados à data de referência do estudo por meio de aplicação de índice de preços da construção civil (INCC) ou outro indicado pelo MDR.

Para a presente aplicação de caso, que ilustra o papel da metodologia de análise custo-benefício no planejamento do saneamento básico em municípios selecionados da Bacia Hidrográfica do rio Grande, os custos foram estimados de forma paramétrica com base em referências de mercado, conforme é explorado nos subitens abaixo (3.1.2 para rede coletora e 3.1.3 para tratamento de esgotos). Antes, no entanto, o item 3.1.1 aborda as questões da subdivisão dos componentes do CapEx para aplicação dos fatores de conversão de preços de mercado em preços sociais.



3.1.1 *Formulário de entrada de informações na planilha*

A partir dos custos parametrizados de CapEx para a rede coletora (item 3.1.2) e para as estações de tratamento de esgoto (item 3.1.3), realiza-se a multiplicação destes pelos dados de cada um dos municípios nas duas alternativas de planejamento analisadas - conforme pode ser consultado no Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário.

Além de anotados os custos, devem ser preenchidas informações complementares, iniciando pela adoção da participação relativa estimada de serviços de engenharia (inclui Gerenciamento, Gestão, Projetos e Estudos Ambientais) no valor total do investimento. Como regra geral, quanto maior a obra, menor a participação relativa de serviços de engenharia deve ser, num intervalo aproximado de 8% a 12% do montante a investir. Para empreendimentos da ordem de 500 milhões de reais, pode-se prever uma taxa média de 10%, que incluiria Gerenciamento e Supervisão de projeto e obra, serviços de campo, projetos básicos e executivos, estudos ambientais (exceto custos ambientais e licenciamentos) e outros serviços técnicos especializados fora do canteiro.

Esse dado, ainda que não implique diretamente nenhuma alteração no cálculo de custo econômico do empreendimento, serve para registrar a expectativa que o analista tem quanto à participação de serviços técnicos especializados fora do canteiro de obras, e para verificar o valor de referência sugerido pelo Manual ACB Infra Hídrica³.

Como estabelecido no Manual ACB Infra Hídrica, o custo de CapEx deve ser, sempre que possível, desagregado entre quatro grandes categorias:

- Custo com mão de obra especializada (mais qualificada);
- Custo com mão de obra não-especializada (menos qualificada);
- Custo com equipamentos e insumos comercializáveis; e
- Custo com equipamentos e insumos não comercializáveis.

Por esse motivo, a discriminação da participação de serviços técnicos intensivos em mão de obra, e particularmente a mão de obra qualificada, resulta significativa. Além desses, pode-se ter a alocação de fração do custo em insumos importados, que devem ser assim considerados apenas se expressamente previstos em projeto.

Ademais, os preços sombra, fatores de conversão setorial e cambial de referência (obtidos do Guia Geral de ACB e atualizados pelo ME/IPEA no Catálogo de Parâmetros) devem ser anotados nos respectivos campos previstos no formulário de entrada de dados, posto que incidem sobre os demais custos de investimento. Estes, em uma obra típica de infraestrutura hídrica, podem ser agrupadas em três grandes componentes, quais sejam:

- Componente equipamentos;
- Componente tubulações; e

³ Além disso, a sua anotação servirá de verificação para o analista comparar com dado similar informado para a fase de operação e que incidirá nos custos de OpEx, conforme descrito mais adiante no item 3.2.



▪ Componente de obras civis.

Estes componentes também podem, de forma simplificada e para fins de realização da ACB Preliminar, ser segregados por meio de sua participação relativa no CapEx conforme são demonstrados ao final dos itens subsequentes.

Importante ressaltar que o horizonte de análise, segundo Manual ACB Infra Hídrica, é de 30 anos, sendo que o ano corrente, ou seja, o da elaboração da ACB, pode ser tido como o “ano 0”, ou ponto de partida, de convergência da análise (data-base). Neste “ano 0” não ocorrem investimentos nem apuração de benefícios, servindo apenas de referência (ano de convergência do valor presente) e data-base para custos e benefícios. Os custos e o benefícios se iniciam, cada qual com seu cronograma previsto, no ano 1.

A Tabela 3-1 apresenta o campo de informação dos preços sombra, fatores de conversão setorial e cambial atualizados, que serão utilizados para a aplicação dos componentes de projeto.

Tabela 3-1 - Formulário de preços-sombra, fatores de conversão setorial e cambial

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Parâmetros			
Taxa Social de Desconto (TSD)	8,50%	ME	<i>Definida pela Nota Técnica SEI no 19911/2020/ME (Taxa social de desconto para avaliação de investimentos em infraestrutura: atualização pós consulta pública) de 22 de maio de 2020</i>
Preço Sombra - Mão de Obra qualificada	0,7458	ME / IPEA	<i>Catálogo de Parâmetros do IPEA: Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil (abril/2021), "cenário atual", região Sudeste (pág. 23)</i>
Preço Sombra - Mão de Obra não qualificada	0,7371	ME / IPEA	<i>Catálogo de Parâmetros do IPEA: Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil (abril/2021), "cenário atual", região Sudeste (pág. 23)</i>
Fator de Conversão Setorial - Bens nacionais comercializáveis	0,9150	ME / IPEA	<i>Índice "Insumos de construção" a partir de fatores de conversão setoriais de Catálogo de Parâmetros do IPEA: Fatores de Conversão Setoriais (abril/2021), "Tabela A4 – Fator de conversão para bens comercializáveis - 2018" para setores (clusters) de "Outras máquinas e equipamentos mecânicos - 14%", "Cimento- 31,5%", "Artigos de plástico - 7%", "Artigos de borracha - 3,5%", "Produtos de madeira, exclusive móveis - 7%", "Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço - 7%", água e energia elétrica - 30%</i>
Fator de Conversão Setorial - Bens nacionais não-comercializáveis	0,9350	ME / IPEA	<i>Catálogo de Parâmetros do IPEA: Fatores de Conversão Setoriais (abril/2021), "Tabela 4 – Fator de conversão para bens não comercializáveis - 2018", Cluster de 128 produtos</i>
Fator de Conversão da Taxa Cambial - Insumos importados	1,0000	ME / IPEA	<i>Fornecidos no Catálogo de Parâmetros, parte integrante do Guia Geral de ACB</i>

A entrada de dados de CapEx deve considerar a participação relativa dos componentes de custos como percentual do custo total do investimento e, em função dessa participação, estimar os custos decorrentes de mão de obra qualificada e não qualificada, além de



também condicionar o cálculo do eventual valor residual, caso a vida útil dos ativos seja superior ao período de análise considerado.

A participação da mão de obra é separada em mais qualificada e menos qualificada adotando-se os parâmetros do Manual ACB Infra Hídrica que, representam a divisão normal do trabalho em canteiro em função dos componentes principais da obra. Assim, para a parcela do CapEx correspondente a equipamentos ou tubulações, adota-se a proporção de 3,11% para mão de obra não qualificada e 10,45% para mão de obra qualificada. No caso de obras civis, esses valores são adotados como 26,25% e 11,55% respectivamente. Para obter-se o valor monetário da mão de obra qualificada e não qualificada no projeto em análise, essas alíquotas devem ser multiplicadas pelo valor do CapEx de cada componente no projeto. O valor monetário da mão de obra deve ser multiplicado então pelo fator de conversão da mão de obra para obtenção do seu valor social, a ser considerado no fluxo de caixa da ACB.

A tabela a seguir apresenta as alíquotas de referência adotadas no Manual ACB Infra Hídrica e empregadas neste estudo de caso.

Tabela 3-2 - Participação relativa de referência para custos de mão de obra qualificada e não qualificada conforme componentes do CapEx

Componentes	MO não qualificada - CapEx	MO qualificada - CapEx
Equipamentos	3,11%	10,45%
Tubulações	3,11%	10,45%
Civil	26,25%	11,55%

3.1.2 Estimativa de CapEx para o aporte de rede coletora de esgotos

O planejamento do aporte de rede coletora de esgotos é bastante complexo, uma vez que, diferentemente da rede de abastecimento de água, não se trata de sistema pressurizado, mas sim de sistema predominantemente por gravidade e que demanda, para tanto, um profundo conhecimento das microbacias hidrográficas da área onde será apostado, para que a gravidade possa realizar a condução dos esgotos. Ao depender da topografia e declividade local, condicionando a alocação de estações elevatórias que fazem a transposição dessas bacias para os coletores tronco, as especificidades locais são muitas. Estas vão desde o diâmetro da rede, do perfil de pavimento onde a rede deve ser assentada, às elevatórias - sem contar com a possível necessidade de integração com redes existentes e com o sistema de tratamento previsto ou existente para os esgotos.

Não obstante a miríade de especificidades locais, na fase de planejamento - ou seja, em ordem preliminar de grandeza - podem-se adotar premissas simplificadoras para o aporte de rede e suas ligações domiciliares, embasando assim o planejamento estratégico. Os custos estimados de forma genérica devem passar, necessariamente, por especificações técnicas posteriores de engenharia na fase de projeto.

Da extensão total do sistema de coleta a ser aportado, as seguintes ocorrências nas tubulações, diâmetros, especificações e pavimentações podem ser adotados como



premissas de um sistema ordinário, com base na incidência mais normal desses tipos de sistemas:

- Da extensão total do sistema, admite-se que 70% sejam de rede coletora em diâmetro de 150 mm, fornecido em PVC rígido, implantada em pavimentação asfáltica⁴;
- Da extensão total do sistema, admite-se que 20% sejam de rede coletora em diâmetro de 200 mm, fornecido em PVC rígido, implantada em pavimentação asfáltica; e
- Da extensão total do sistema, admite-se que 10% sejam de coletor tronco em tubulações de 300 mm, fornecido em PVC rígido, implantada em pavimentação asfáltica⁵.

Da mesma forma que para o perfil da extensão do sistema, o tipo de escoramento também pode ser estimado com base em um sistema ordinário, muito embora ressalta-se que sua definição mais acurada necessita de verificações in loco na fase de projeto. As premissas adotadas para os tipos de escoramento da rede foram: 20% para pontaleamento; 30% para escoramento descontínuo; 30% para escoramento contínuo; e finalmente, 20% sem necessidade de escoramento. Já para o escoramento dos coletores tronco, são estimadas as seguintes necessidades de escoramento: 20% para pontaleamento; 60% para escoramento descontínuo; e outros 60% para escoramento contínuo.

Um outro importante componente dos custos de aporte de sistema coletor de esgoto é aquele relativo às ligações, que conectam o sistema linear (rede coletora) com as economias (domicílios, comércios e outros) que passam a estar cobertas pelo sistema. Foi adotada a premissa de que a ligação ordinária é realizada no terço sob leito asfáltico, com passeio do tipo cimentado. Por fim, assumiu-se ainda um custo fixo de cadastro de rede e de ligações de R\$ 20,00, necessários para que não haja ociosidade das redes pós-implantação. Na fase de projeto ainda deverão ser detalhados os custos de interceptores de esgoto e de estações elevatórias.

Com base nas premissas acima descritas, pesquisaram-se os custos unitários por meio do Estudo de Custos de Empreendimentos da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, publicado pela Superintendência de Gestão de Empreendimentos do Departamento de Valoração para Empreendimentos e amplamente utilizado no setor de saneamento como referência para seus custos (SABESP, 2019)⁶. Trata-se de estudo cujo propósito é subsidiar a avaliação técnico econômica das várias alternativas possíveis na elaboração dos estudos de concepção, dos projetos básicos e projetos executivos de empreendimentos. A base de referência para os valores apresentados é advinda de cerca

⁴ A pavimentação sob a qual a rede será instalada pode ser de pavimentação asfáltica, de paralelepípedo, de passeio cimentado ou mesmo sem pavimentação. Cada uma dessas situações enseja custos distintos, sendo que se adota a pavimentação asfáltica como critério conservador.

⁵ Segundo o Estudo de Custos de Empreendimentos (SABESP, 2019), o diâmetro de 300mm é considerado como mínimo para o coletor tronco.

⁶ SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Estudo de Custos de Empreendimentos. Superintendência de Gestão de Empreendimentos / Departamento de Valoração para Empreendimentos. SABESP, São Paulo, 2019.



de 1.000 contratos de obras encerrados, obtidos a partir de Atestados Técnicos emitidos pela companhia paulista. Por fim, os valores foram corrigidos pelo principal indicador de custo da construção civil no Brasil, o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) da Fundação Getúlio Vargas, para valores de 2020.

Importante ressaltar que, como se trata de uma análise preliminar com vistas a embasar o planejamento, as premissas adotadas para a composição da rede (diâmetros, porcentagem de escoramento, tipologia de pavimentação etc.) são adotadas para todos os municípios analisados, independente do seu porte ou das condições pré-existentes de rede. Outro pressuposto é a adoção padronizada dos custos obtidos, com base em extensão de rede (R\$/km) e número de ligações domiciliares de esgoto (R\$/ligação). Esta indicação preliminar é uma primeira aproximação do objeto, e serve ao planejador como guia para as próximas etapas de planejamento no ciclo de vida do projeto, quando deverão ser elaborados projetos técnicos devidamente dimensionados.

- Parâmetro de custo linear de rede coletora: R\$ 378.403,00 por quilômetro;
- Parâmetro de custo de ligação domiciliar de esgoto: R\$ 678,27 por ligação + R\$ 20,00 para cadastro de cada ligação, resultando em valor de R\$ 700,00 por ligação (com ligeiro arredondamento a maior).

A partir dos parâmetros de custos unitários acima apostos, a extensão de rede e o número de ligações necessários para cada um dos municípios contemplados pelas alternativas foi estimada. Tal estimativa partiu das fontes secundárias de dados, também utilizadas para o cômputo dos benefícios, quais sejam: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e Censo Demográfico e estimativas demográficas do IBGE.

O SNIS traz nas informações ES009 e ES003, respectivamente, os dados por município e para o ano de 2019 da quantidade de ligações (ativas e inativas) e de economias atendidas (ativas e inativas) com esgotamento sanitário. Outra informação trazida pelo SNIS é a ES004: extensão da rede de esgoto em quilômetros. Nos municípios onde não há cobertura alguma de rede, os valores médios dos demais locais são utilizados como balizadores das densidades médias de economias por ligação e de extensão de rede por ligação.

Esse cálculo (extensão de rede e quantidade de ligações domiciliares para cada município) é realizado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário).

- No total da Alternativa 1 (municípios críticos), estima-se a necessidade de 73,1 mil novas ligações de esgoto em 672 km de extensão de redes e coletores tronco, resultando em um custo total de CapEx de R\$ 305,39 milhões;
- No total da Alternativa 2 (sub-bacias), estima-se a necessidade de 12,9 mil novas ligações de esgoto em 181 km de extensão de redes e coletores tronco, resultando em um custo total de CapEx de R\$ 77,53 milhões.

Quanto à divisão do CapEx nas grandes componentes de obras civis, equipamentos e tubulações, esta é importante não apenas para a aplicação dos preços sombra (ver item



3.1.1), mas também para compor a estrutura de custos de Gestão, Operação e Manutenção (OpEx) abordada no próximo item 3.2.

Para o caso do projeto de esgotamento sanitário na bacia hidrográfica do rio Grande, foi considerada a participação informada no quadro abaixo. Nota-se que a rede é considerada como majoritariamente civil pois, diferentemente de adutoras de abastecimento de água, não trabalha pressurizada, sendo constituída de tubulação em PVC em sistema por gravidade.

Tabela 3-3 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx de rede coletora de esgotos – Planejamento de Universalização de Esgotamento Sanitário na Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Componente Equipamentos - Participação relativa no CapEx	5%	PNSH	Equipamentos elétricos, eletrônicos ou mecânicos fixados à infraestrutura (não confundir com equipamentos para construção)
Componente Tubulações - Participação relativa no CapEx	40%	PNSH	Tubulações enterradas ou aparentes, incluindo interceptores, emissários (de recalque, por gravidade sob pressão ou por gravidade), controles, proteções e miscelâneas
Componente Civil - Participação relativa no CapEx	55%	PNSH	Toda infraestrutura construída exceto equipamentos e tubulações (inclui: trabalhos de preparação de terreno, drenagens permanentes, movimentos de terra, sistemas viários, estruturas, edificações, instalações e dispositivos de controle associados)

3.1.3 Estimativa de CapEx para tratamento de esgoto

De forma similar ao apresentado para a rede coletora de esgotos, a instalação de uma estação de tratamento de esgotos demanda estudos *in loco* para determinar a tipologia ideal do tratamento a ser adotado, considerando diversas características específicas ao local e dificilmente parametrizáveis. Estas vão desde a concepção do tratamento, passando pela existência de área apropriada para a implantação das unidades, interação com o projeto das redes coletoras e disponibilidade/ adequabilidade do corpo receptor para os efluentes, chegando até as restrições ou mesmo determinações do planejamento urbano e seu plano diretor, com vistas a acomodar a expansão da mancha urbana e demais características locais.

Segundo o manual desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP) para a orientação aos municípios e outros agentes quanto aos limites técnicos e econômicos de alternativas de tratamento de esgoto (2003)⁷, são diversos os critérios que precisam ser organizados para que se conceba o sistema ideal. O primeiro passo é a definição do nível de tratamento de esgotos indicado, podendo ser primário, secundário ou terciário.

⁷ USP - Universidade de São Paulo. Limites técnicos e econômicos de alternativas de tratamento de esgoto: Manual de orientação aos municípios e outros agentes. Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas / USP, São Paulo, 2003.



O referido manual (USP, 2003) analisa 4 alternativas de processo de tratamento para se atingir o nível primário de eficiência⁸, 28 soluções para promover o tratamento secundário de esgotos⁹, e ainda outras 8 alternativas são trazidas como possibilidades de se promover o tratamento terciário¹⁰. Cada uma destas alternativas apresenta uma eficiência mínima que se pode esperar para a remoção de sólidos suspensos, fósforo, NTK, coliformes fecais e também para a DBO.

Na média das alternativas de processo, os tratamentos primários minimamente removem 41% da DBO, sendo que a alternativa menos eficiente atinge 30% e a mais eficiente atinge 60%. Já quanto as alternativas de processo de nível secundário de eficiência, tem-se um range de eficiência mínima entre 75% e 90% de remoção de DBO, sendo que na média as alternativas atingem 82%. Por fim, para as soluções terciárias, a remoção mínima de DBO é de 86% na média das alternativas, sendo que o range vai de 77% a 93%. Para cada um dos demais parâmetros, os percentuais de remoção variam de acordo com o processo.

Além disso, é necessário conhecer informações características da área considerada para a implantação da estação de tratamento de esgotos. Segundo USP (2003), cada uma das 40 alternativas de processo analisadas apresenta um conjunto de restrições técnicas para a sua utilização, tais como: declividades máximas e mínimas, características específicas do solo do terreno, questões hidro-geológicas (profundidade do lençol freático mínima, por exemplo), energéticas (requerimento ou não de energia elétrica), disponibilidade de insumos e disponibilidade de recursos para implantação e operação, pois algumas são menos custosas em CapEx e mais exigentes em OpEx, e outras o contrário.

Ainda outro importante e por vezes ignorado critério que deve ser perscrutado antes da decisão pela alternativa tecnológica é quanto à forma de tratamento do lodo gerado pela ETE. Sendo um resíduo sólido, este deve ser desidratado e disposto de forma ambientalmente correta de acordo com as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Os custos de implantação do sistema de tratamento de lodo,

⁸ São eles: Tratamento Primário Convencional; Tratamento Primário Avançado; Tanque Séptico e Reator UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente, do inglês *upflow anaerobic sludge blanket*).

⁹ São eles: Biofiltro Aerado Submerso com Remoção Biológica de Nitrogênio; Biofiltro Aerado Submerso com Nitrificação; Escoamento Superficial; Filtro Biológico Percolador de Alta Carga; Filtro Biológico Percolador de Baixa Carga; Lodos Ativados Convencional; Lodos Ativados Convencional + Remoção Biológica de N; Lodos Ativados Convencional + Remoção Biológica de N/P; Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa; Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Remoção de algas; Lodos Ativados por Batelada; Lodos Ativados na modalidade Aeração Prolongada; Lagoa Aerada Facultativa; Lagoa Aerada Mistura Completa + Lagoa Sedimentação; Lagoa Facultativa; Tanque Séptico + Biodisco; Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio; UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco; UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso; UASB seguido de Escoamento Superficial; UASB seguido de Filtro Anaeróbio; UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido; UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa; UASB seguido de Escoamento Subsuperficial; UASB seguido de Lodos Ativados Convencional; UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mistura Completa); UASB seguido de *Wetlands*; e Terras Úmidas Construídas (*Wetlands*).

¹⁰ São eles: Infiltração Lenta; Infiltração Rápida; Lodos Ativados Convencional + Filtração Terciária; Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Alta Taxa; Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação; Tanque Séptico + Infiltração; UASB seguido de Lagoa de Polimento; UASB seguido de Vala de Filtração.



que podem exigir centrífugas, lagoas de secagem, sistema de higienização e outros, devem ser devidamente contemplados, ao longo dos seus custos de operação.

A atualização do Atlas Esgotos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, de 2020, trouxe a listagem de 1.954 Estações de Tratamento de Esgotos (com data-base de 2019), classificadas em seis grandes grupos de soluções de tratamento de esgotos. Destes, o mais comum no País é o de Sistemas de Lagoas, representando 47,8% das ETEs. Já os Reatores Anaeróbios representam 37,7% das ETEs. As demais soluções são menos representativas, com Lodos Ativados (7,7%), Processos Simplificados (4,2%), Tratamento Químico e Biológico (1,6%), e Miscelânea de Processos (1,0%).

Muito embora haja uma clara dificuldade em se conhecer as especificidades de cada local, conforme abordado pelo Manual da USP (op. cit.), o Atlas Esgoto (2013) apresenta a necessidade de remoção de DBO e a tipologia de solução para o tratamento mais adequada para os municípios nacionais. Essa tipologia de solução aborda as seguintes categorias, prescritas em função da necessidade de remoção da carga poluidora orgânica:

- Solução com Tratamento Convencional quando se requer remoção de DBO entre 60% e 80%;
- Solução com Tratamento Avançado quando se requer remoção de DBO superior a 80%;
- Solução Complementar quando se requer busca de novo corpo receptor, disposição no solo ou reuso do efluente, em função do município apresentar baixa relação entre disponibilidade hídrica e carga orgânica lançada, sem influência de lançamentos a montante;
- Solução Conjunta quando se requer definição compartilhada do nível de tratamento dos municípios da bacia, devido ao impacto de lançamento(s) a montante em município(s) a jusante;
- Solução para o Semiárido quando se requer a priorização de processos com elevada remoção de microorganismos patogênicos ou reuso do efluente.

Considerando a necessidade da presente análise em se parametrizar os custos que se esperam com as intervenções, assumiu-se a premissa de que quaisquer tipologias de solução que não sejam a de "solução com tratamento convencional", sejam precificadas como necessitando de tratamento avançado para o tratamento de esgotos. Padronizou-se, então, tipos de tratamento de forma a atender a necessidade de se precificar os custos em decorrência das tipologias de tratamento.

Von Sperling e Salazar (2013)¹¹ apresentam, no artigo intitulado "*Determination of capital costs for conventional sewerage systems (collection, transportation and treatment) in a developing country*", parâmetros de custos de implantação de ETEs que cobrem os investimentos gerais de construção, material, equipamento, pessoal e outros obtidos por

¹¹ Von Sperling, M.; Salazar, B.L. Determination of capital costs for conventional sewerage systems (collection, transportation and treatment) in a developing country. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, (2013) 3 (3): 365–374.



meio de orçamentos de 84 estações de tratamento de esgoto no Brasil. Essas unidades são segregadas em oito categorias distintas de processos de tratamento de esgotos.

O seguinte roteiro foi então aplicado para se avaliar os custos de cada tipo de tratamento:

- Os custos unitários para os sistemas de tratamentos foram expressos como USD/habitante por Von Sperling e Salazar (2013), sendo então convertidos utilizando a cotação do dólar da data de referência do estudo (USD1,00 = R\$ 1,69, referente a data base de 2010) e atualizados para a data comum de dezembro de 2020 utilizando o INCC da Fundação Getúlio Vargas;
- Diferentes funções de custo foram exploradas, e devido à complexidade e variedade de condições de implantação, os dados foram abordados em faixas de custos;
- As faixas de custos foram estruturadas de forma a revelar os percentis de 25% e 75% do custo;
- Como forma de se ter um parâmetro conservador, utilizou-se para fins de condução da ACB o percentil 75%;
- Para os casos em que se preveem melhorias nos processos de tratamento dos esgotos para atender aos padrões de lançamento previstos na legislação ambiental (tais como substituição do sistema de aeração nos processos aeróbios, aplicação de produtos químicos, substituição dos equipamentos do tratamento preliminar), pode-se considerar o parâmetro de 20% dos custos totais de implantação da ETE.

A Tabela 3-4 apresenta os custos per capita de implantação (R\$/habitante atendido) para diferentes tipos de tratamento para cada faixa de custo avaliada, segundo publicação de Von Sperling e Salazar (2013) e atualização monetária conforme descrição acima.

Tabela 3-4 - Custos de implantação de processos de tratamento de esgoto no Brasil

Tipo de tratamento e quantidade de ETEs analisadas por Von Sperling e Salazar (2013)	Faixa de População Atendida	Custo por habitante (R\$/hab.) - Dez/2020		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Lagoas facultativas e anaeróbicas + lagoas facultativas (15)	2.089 a 61.000	177	271	307
Lagoas facultativas e anaeróbicas + lagoas de maturação (10)	1.000 a 14.485	398	448	719
Reator anaeróbio de fluxo ascendente - UASB (5)	4.320 a 15.146	77	104	241
Reator UASB + uma ou duas lagoas de maturação em série (10)	5.135 a 138.000	354	441	568
Reator UASB + três ou mais lagoas de maturação em série (4)	7.292 a 41.330	515	668	862



Tipo de tratamento e quantidade de ETEs analisadas por Von Sperling e Salazar (2013)	Faixa de População Atendida	Custo por habitante (R\$/hab.) - Dez/2020		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Reator UASB + filtros anaeróbios (9)	1.381 a 199.041	284	328	421
Reator UASB + filtros biológicos (22)	4.584 a 300.000	287	364	485
Lodos ativados (9)	40.000 a 1.500.000	471	551	582

Os oito perfis de tratamento trazidos por Von Sperling e Salazar (2013) podem ser complementados com os dados do Manual da USP (op. cit.) para a obtenção da eficiência mínima e máxima esperada na remoção de DBO. Observa-se que o tipo de tratamento por reator anaeróbio de fluxo ascendente (sem processos complementares) é compatível com o tratamento primário, uma vez que sua eficiência é entre 60% e 75% na remoção de DBO. Os demais tipos de tratamento são compatíveis com tratamentos secundários, sendo que as lagoas facultativas e anaeróbicas e o reator UASB + filtros anaeróbios podem ser compreendidos como processos secundários convencionais capazes de atender às prerrogativas do tratamento assim sugerido pelo Atlas Esgoto.

Para cada município analisado no presente estudo de caso, portanto, foram comparadas as faixas populacionais a serem atendidas com o perfil de tratamento do esgoto sanitário requerido (com base no Atlas Esgoto da ANA), adotando-se assim o parâmetro de custo em reais por habitante atendido correspondente.

Para o cálculo dos custos do tratamento de esgoto em municípios que já detêm sistemas já implementados, três possibilidades se ensejam em relação à situação atual da ETE:

- Operação dentro da capacidade de carga: considera-se que a ETE existente opera em capacidade plena, atendendo a quantidade de municípios com rede e esgoto tratado no cenário base;
- Operação com sobrecarga: situação em que a ETE atualmente implantada é projetada em módulos, mas apenas o primeiro deles é de fato construído. Nesses casos, a população considerada como atendida no cenário base deve ser majorada para considerar a sobrecarga; ou
- Operação com ociosidade: situação em que a ETE foi projetada considerando uma capacidade nominal de tratamento maior do que a capacidade de tratamento no momento zero, limitada pela rede coletora, mas já contando com a futura expansão desta. Outro importante fator de ociosidade nas ETEs é gerado por ligações de esgoto



factíveis (economias com disponibilidade de rede) mas sem interligações realizadas (ligações tamponadas)¹².

No caso dos municípios da bacia do rio Grande, é considerado que a operação das ETEs instaladas se dê dentro da capacidade de carga, não demandando ajustes na população equivalente a ser beneficiada com o tratamento de esgotos.

O cálculo de CapEx para a ETE para cada município é realizado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário), com base na quantidade de pessoas equivalentes a serem atendidas pelo projeto com rede e tratamento.

- No total da Alternativa 1 (municípios críticos), estima-se a necessidade de se atender a população equivalente a 926,01 mil habitantes com tratamento de esgoto, resultando em um custo total de CapEx de R\$ 418,62 milhões;
- No total da Alternativa 2 (sub-bacias), estima-se a necessidade de se atender a população equivalente a 240,88 mil habitantes com tratamento de esgoto, resultando em um custo total de CapEx de R\$ 90,71 milhões.

Quanto à divisão do CapEx das estações de tratamento de esgoto nas grandes componentes de obras civis, equipamentos e tubulações (interceptor, emissários (de recalque, por gravidade sob pressão ou por gravidade), foi considerada a participação informada no quadro abaixo para o projeto de esgotamento sanitário na Bacia Hidrográfica do rio Grande, considerando que a solução padronizada é a de lagoas facultativas, que tem um peso proporcional de componente civil notadamente maior do que outras alternativas tecnológicas, como a de reatores UASB e filtros anaeróbios, por exemplo.

Tabela 3-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx de estação de tratamento de esgoto – Planejamento de Universalização de Esgotamento Sanitário na Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Componente Equipamentos - Participação relativa no CapEx	35%	PNSH	Equipamentos elétricos, eletrônicos ou mecânicos fixados à infraestrutura (não confundir com equipamentos para construção)
Componente Tubulações - Participação relativa no CapEx	0%	PNSH	Tubulações enterradas ou aparentes, incluindo interceptores, emissários (de recalque, por gravidade sob pressão ou por gravidade), controles, proteções e miscelâneas
Componente Civil - Participação relativa no CapEx	65%	PNSH	Toda infraestrutura construída exceto equipamentos, tubulações (inclui: trabalhos de preparação de terreno, drenagens permanentes, movimentos de terra, sistemas viários, estruturas, edificações, instalações e dispositivos de controle associados)

¹² Segundo ABAR, no País há aproximadamente 2,9 milhões de ligações de rede coletora ociosas, significando que os esgotos equivalentes a 10,4 milhões de habitantes já poderiam estar sendo coletados, mas não estão por falta de ligação individual. Fonte: ABAR - Associação Brasileira de Agências de Regulação. Desafios e Soluções para a Universalização do Esgotamento sanitário no Brasil - ABAR. Brasília, 2019.



3.1.4 *Consideração acerca dos investimentos e projeções de custos*

Caso haja universalização de rede coletora em um dado município, a demanda por novas redes coletoras é gerada a partir do crescimento da mancha urbana. Já no caso de um município que não traz a universalização da rede coletora, tem-se uma situação inicial que demanda investimentos em período imediato para a inclusão da população na área de abrangência da companhia de saneamento.

Como forma de considerar ambas as situações no presente caso, mas sem ter de distribuir o aporte de rede (e seu CapEx) para a nova população ao longo dos trinta anos de projeto, realizou-se a somatória da projeção líquida de acréscimo populacional no horizonte de análise, incrementando o investimento inicial.

A mesma premissa foi adotada para o dimensionamento das estações de tratamento de esgoto, que passam então a ser projetadas, em momento zero, para ter capacidade de atendimento para o máximo de população ao longo dos trinta anos de análise.

Estas premissas são facilmente justificadas para o caso dos municípios na bacia do Rio Grande, onde as projeções de crescimento populacional não são grandes e incluem, inclusive, projeções de decréscimo populacional em alguns locais. Para estudos de caso em que haja expectativa de grande crescimento populacional ao longo do projeto, pode fazer mais sentido considerar o dimensionamento do CapEx com base na projeção populacional de dez anos para frente, com previsão de novo ciclo de investimentos (RepEx) no 10º ano considerando a somatória das projeções nos outros dez anos para frente, e assim sistematicamente.

3.1.5 *Estimativa do valor residual de investimentos*

Na sequência da definição dos custos de CapEx, tem-se no formulário o CheckList onde o analista de e responder “Sim” ou “Não”:

- Possui Estudos de Demanda?
- Possui Estudos Hidrológicos?
- Possui definição territorial de análise?
- Possui definição temporal de análise?
- Possui matriz de partes interessadas definida?
- Infraestrutura terá vida útil superior à definição temporal de análise?

Para o caso do estudo de caso das estratégias de universalização do esgotamento sanitário em dois possíveis conjuntos de municípios da bacia hidrográfica do rio Grande, as respostas consideradas foram as da tabela a seguir.



Tabela 3-6 - Checklist de dados prévios de projeto

<i>Cabeçalho</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Possui Estudos de Demanda?	Sim	(fonte)	<i>Plano de bacia</i>
Possui Estudos Hidrológicos?	Sim	(fonte)	<i>Plano de bacia</i>
Possui definição territorial de análise?	Sim	(fonte)	<i>Plano de bacia</i>
Possui definição temporal de análise?	Sim	(fonte)	<i>Plano de bacia até o ano de 2030</i>
Possui matriz de partes interessadas definida?	Não	(fonte)	<i>Além do Empreendedor, Operador e eventuais órgãos públicos relacionados, confirmar se as partes interessadas foram devidamente identificadas (incluindo população atendida)</i>
Infraestrutura terá vida útil superior à definição temporal de análise?	Sim	(fonte)	<i>Ver Manual para referências bibliográficas de estimativas de vida útil de componentes de infraestrutura</i>

Quando a pergunta “Infraestrutura terá vida útil superior à definição temporal de análise?” é respondida com “Sim”, como é o caso neste projeto analisado, então o cálculo de depreciação da infraestrutura é automaticamente computado em função da participação relativa de cada componente no CapEx estimado do projeto, resultando em um valor residual calculado para o final do período de análise. Em função dos três componentes principais de infraestrutura considerados (equipamentos, tubulações e obras civis), são estipulados os períodos médios de vida útil com base em bibliografia de referência do setor¹³, resultando nos seguintes valores:

Tabela 3-7 - Estimativa de vida útil de componentes da infraestrutura

<i>Cabeçalho</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Componente Equipamentos – Anos de vida útil	25	Aneel	
Componente Tubulações – Anos de vida útil	50	Aneel	
Componente Obras civis – Anos de vida útil	75	Aneel	

¹³ ANEEL. “Estudo de vida útil econômica e taxa de depreciação”. Aneel, 2001.



3.2 *DESPESAS COM GESTÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURA (OpEx)*

Como definido no Manual ACB Infra Hídrica, o valor estimado para OpEx equivale ao total anual dos custos e despesas do operador do empreendimento ao longo do período de análise, excluídos os custos de impostos, mas incluindo serviços técnicos de engenharia e programas ambientais. Deve abarcar custos de gestão e operação da infraestrutura, além de manutenção preventiva e corretiva prevista das infraestruturas civis, eletromecânicas e tubulações, incluindo custeio de material e mão de obra, exceto energia de operação. Outros custos do fluxo de caixa da firma comumente levantados em análises financeiras de viabilidade do empreendimento (como seguros, dívidas etc.) não são contabilizados na análise de custo-benefício econômica, conforme estabelecido no Guia Geral ACB.

Ainda, esse valor poderá estar acompanhado de uma planilha mais ou menos detalhada de abertura de composição dos custos de operação, e deverá ter uma data-base associada, bem como a informação do responsável pelo orçamento/ estimativa. Os valores deverão ser atualizados à data-base de referência do estudo por meio de índice de preços da construção civil (INCC) ou outro indicado pelo MDR.

Por outro lado, é pouco provável que o projeto tenha discriminado ainda na fase de ACB Preliminar a sua estrutura de custos de operação e manutenção, e este é o caso do projeto estudado neste documento. Nessa situação, é usual a adoção de alíquota global de custos de OpEx anual em função do valor global do investimento (CapEx). Na falta de alíquota estabelecida em projetos correlatos, o Manual ACB Infra Hídrica indica considerar intervalo de 1 a 5% do CapEx como equivalente à despesa anual com custos de gestão, operação e manutenção (exceto energia elétrica).

- A estimativa de OpEx para o aporte de rede coletora de esgotos é de 2,5% do CapEx, sendo que não se prevê gastos com energia elétrica;
- Já a estimativa de OpEx para o tratamento de esgoto é de 10% do CapEx, sendo que 40% desse valor é referente aos gastos com energia elétrica.

A razão de OpEx para estações de tratamento de esgotos é estimada com base em Tchobanoglous, Burton e Stensel (2002)¹⁴, que traz custos médios de operação e manutenção para diversos sistemas de tratamento de esgotos possíveis. O manual da USP (2003, op. cit.) também traz parâmetros de custos de operação e manutenção para as diversas tecnologias abordadas de tratamento de esgotos.

Neste estudo de caso, optou-se por refinar essa estimativa admitindo-se uma curva de crescimento do custo de OpEx desde o primeiro ano de operação da infraestrutura até o atingimento do ano típico operacional, a partir do qual essa alíquota anual é adotada de forma constante e linear durante todo o período de análise. No formulário de entrada de dados há campo específico para a informação do patamar inicial do OpEx (em % sobre o ano típico operacional, sempre admitido um incremento anual de 10% até o patamar normal de 100%). No caso da análise de esgotamento sanitário em municípios

¹⁴ Tchobanoglous, G.; Burton, F. L.; Stensel, D. H. Wastewater Engineering 4th Edition. Metcalf & Eddy Inc. McGraw-Hill, International, 2002.



selecionados na bacia do rio Grande, o patamar inicial de OpEx informado foi de 50%, assim considerado tanto para a rede coletora quanto para o tratamento de esgotos.

Segundo o Manual ACB Infra Hídrica, caso a estrutura em análise considere que a vida útil da infraestrutura será menor do que o período de análise considerado, um valor de capital de reposição de ativos (RepEx) poderá ser estimado, o qual entrará na conta de capital do empreendimento e não deverá ser confundido como OpEx ou “capital de manutenção”. Nesse sentido, o analista deverá considerar que todo o dispêndio acumulado anualmente em OpEx traria uma parcela dedicada à manutenção das condições suficientes para a continuidade da operação de cada componente da infraestrutura em seu normal operacional, observando-se o limite de sua vida útil como referência para o cálculo da depreciação do investimento a ele associado e como gatilho para a aferição de novo investimento de reposição de ativo (RepEx). No caso do projeto estudado, foi considerada a necessidade de RepEx em período médio de 10 anos.

3.2.1 Cálculo da desagregação do OpEx

A estimativa do custo de OpEx considera as participações relativas dos componentes da infraestrutura (equipamentos, tubulações e obras civis), uma vez que para cada componente se aferirá uma participação distinta de mão de obra qualificada ou não. Considerando-se que a operação de uma infraestrutura de esgotamento sanitário deverá ser mais intensiva em mão de obra do que infraestruturas hídricas das tipologias de oferta de água e de controle de cheias, alteram-se as alíquotas de mão de obra qualificada e não qualificada estabelecidas para o CapEx, conforme apresenta a tabela a seguir. Como consequência da alocação dos percentuais de participação da mão de obra, o valor decorrente desse cálculo é desagregado em parcela qualificada e não qualificada.

Tabela 3-8 - Participação relativa de referência para custos de mão de obra qualificada e não qualificada conforme componentes do OpEx

Componentes	MO não qualificada - OpEx	MO qualificada - OpEx
Equipamentos	25,00%	11,55%
Tubulações	40,00%	11,55%
Civil	40,00%	11,55%

Para a informação da participação relativa de serviços especializados em canteiro e custos com energia elétrica de operação, recomenda-se ponderar os serviços de manutenção corretiva em projetos superiores a 10 anos de operação, uma vez que eles poderão crescer acima do percentual médio estimado, o que muito provavelmente resultará em valor porcentual na fase de operação superior ao estimado na fase de implantação. Além disso, essa mesma alíquota deverá incluir a consideração do peso relativo dos custos de energia elétrica para operação, estimando-se a demanda e consumo de energia elétrica com base em parâmetros setoriais em função de variáveis conhecidas do projeto e comparando com infraestruturas semelhantes. Para o caso estudado, essa alíquota foi



estimada como sendo de um mínimo de 10% do OpEx, majorado quando há consideração das estações de tratamento de esgotos, o que faz com que esse percentual suba de acordo com a proporção do gasto de energia no OpEx.

Outra exceção que se observa na fase de operação se dá na estimativa de custos com programas ambientais, que configuram uma despesa herdada da fase de implantação (e que naquela etapa estava agregada ao custo total do CapEx estimado), e que na fase de operação é discriminado em separado aos custos de operação e manutenção correntes. Neste caso, o analista deve avaliar a importância prevista que os programas ambientais poderão assumir na fase de operação da infraestrutura, indicando o percentual de participação relativa estimada de programas ambientais na gestão, operação e manutenção como proporção do OpEx no formulário de entrada de dados. No caso do projeto analisado, o percentual informado foi de 0,5% apenas para a implantação da ETE, permanecendo zerado para a rede de coleta. Com isso, a aplicação dos preços sombra, fatores de conversão setorial e cambial na fase de operação do empreendimento de oferta de água pode ser realizada.



4. ESTIMAÇÃO DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

A presente seção visa descrever os passos adotados para a estimativa dos benefícios econômicos do projeto e suas alternativas estratégicas. Este segue o racional descrito no Manual ACB Infra Hídrica, aplicado ao caso da escolha estratégica dos 40 municípios que receberão os projetos de saneamento, cada qual em sua alternativa de análise.

Como dito, as duas alternativas consideram a combinação de ambas as ações de saneamento (coleta e tratamento), sendo sua valoração igualmente independente, respeitando-se a lógica de que para haver o tratamento de esgotos, deve primeiramente haver a colocação da rede coletora:

- **Aporte de rede coletora de esgotos:** considera a implantação de rede coletora, que resultará em uma série de benefícios, mesmo estando desvinculada da promoção do tratamento do esgoto por ela afastado.
- **Tratamento de esgotos:** esta componente visa somente o tratamento de esgotos domésticos, sendo essencialmente traduzida na instalação e operação de estações de tratamento de esgotos (ETEs), independentemente de como e de onde o esgoto é coletado (mas pressupondo que haja rede coletora em abrangência suficiente, além de se supor um baixo nível de ociosidade das ligações domiciliares de esgoto à rede). Terá como principal consequência a redução de descarte de águas residuárias em corpos hídricos - melhorando a qualidade ambiental destes e promovendo a liberação do recurso hídrico em forma mais nobre para seus usos.

4.1 APORTE DE REDE COLETORA DE ESGOTOS

Seguindo as categorias apresentadas no Manual ACB Infra Hídrica, o aporte de rede coletora (independentemente de haver ou não tratamento) deve considerar, na ACB Preliminar, pelo menos as categorias de benefícios relacionado a DAP pelo serviço de coleta de esgotos e de impactos decorrentes no sistema de saúde.

4.1.1 Benefício da maior cobertura do serviço de coleta

Parte-se da premissa que a implementação do projeto irá afetar positivamente a população que não mais conviverá com o esgoto a céu aberto devido ao seu afastamento por meio de redes coletoras.

Em ambas as alternativas estudadas, consideram-se as áreas urbanas dos municípios (ou a fração das mesmas) em que a melhor alternativa tecnicamente factível para o afastamento das águas residuárias urbanas é a própria implantação de rede coletora (em detrimento do uso de soluções individualizadas, como fossas sépticas, por exemplo). Isso decorre do fato de se tratar exclusivamente, em ambas as alternativas, das populações em área urbana.

São três os métodos de valoração que se fazem possível aplicar para valorar o benefício da maior cobertura do serviço de coleta. Cada qual é analisado a seguir, sendo que para os resultados finais da ACB são considerados os resultados médios dos três métodos, uma



vez que nenhum deles é embasado por estudos com dados primários específicos ao local de análise.

■ Método 1 - DAP pela proxy do CMLP

Nesse primeiro caso, como traz o Manual, o valor do benefício deve ser computado pelo custo marginal de longo prazo da rede coletora e esgotos (CMLP), refletindo a disposição a pagar (DAP) dos usuários para ter o afastamento do esgoto por eles gerado. Trata-se da aplicação do princípio econômico dos preços públicos, e o valor da CMLP pode ser consultado via SNIS para a tarifa dos serviços de esgotamento sanitário.

- **Volume:** os volumes gerados de esgoto não são medidos, mas geralmente tidos como sendo de 80% do volume consumido de água. O volume de água, portanto, é auferido por município, por economia, e é obtido via SNIS (indicador de código IN053). Sobre o volume consumido de água, líquido das perdas, aplica-se o coeficiente de 80% de retorno para a estimativa do volume total de águas residuárias.
- **População beneficiada:** a fração da população que ainda não conta com serviços de coleta e afastamento de esgoto em área urbana foi identificada - para cada município - a partir do cruzamento dos dados populacionais (população estimada pelo IBGE, assumindo-se a manutenção da fração da população urbana identificada pelo Censo Demográfico de 2010), multiplicada pela fração sem cobertura do serviço trazida pelo SNIS (indicador de código IN024, que traz o índice de atendimento urbano de esgoto). Considerou-se o atingimento de uma cobertura máxima de 99,0% de rede, para contornar eventuais impossibilidades de acesso desta (devido a questões técnicas, cadastrais e outras), assim como eventuais baixas densidades da população urbana.
- **DAP (proxy):** como previsto e justificado no Manual ACB Infra Hídrica, a *proxy* da disposição a pagar deve ser estimada pelo custo marginal de longo prazo (CMLP) do serviço de coleta e afastamento de esgoto sanitário (princípio econômico dos preços públicos). Assim, utilizando dados municipais e regionais das tarifas médias de esgoto praticados, disponibilizados pelo SNIS (indicador IN006) foi possível compor o CMLP em R\$/m³ para cada município do estudo (veja detalhes no quadro a seguir). Como mencionado no Manual ACB Infra Hídrica, atenção deve ser dada para valores tarifários subdimensionados (que não incluem a expansão para a continuidade da provisão dos serviços). Nesta região de estudo, essa subestimação não é muito provável, haja vista os bons índices relativos de serviços de saneamento. A planilha de cálculo não prevê, portanto, ajustes nas tarifas municipais encontradas.
- **Valor:** multiplicando ambos os dados acima, tem-se o valor mensal de esgoto para cada economia que passa a ser atendida pela rede, ou seja, a DAP mensal por economia para a coleta e afastamento de esgoto, também expresso em R\$/economia/mês.



Cálculo da CMLP para os municípios selecionados da bacia do rio grande

A composição do valor de CMLP dos serviços de coleta de esgoto é detalhado na aba “4_Ben-Aux-Rede-DAP” do Anexo 1 (anexo digital). Contou com a base do SNIS para municípios com prestadores de serviços de esgoto e dados do total de economias (ativas ou não, código SNIS ES003) e a tarifa média de esgoto aplicada (SNIS cód. IN006). Como forma de corrigir potenciais distorções de subestimação na tarifa, selecionou-se o conjunto total de municípios da bacia do rio Grande. Com base nessa listagem de 393 municípios, realizou-se uma classificação de portes em função da quantidade de economias atendidas. Utilizou-se das seguintes quatro faixas: até 3,5 mil economias; entre 3,5 e 10 mil economias; entre 10 e 40 mil; e finalmente, acima de 40 mil economias.

Isso permitiu, usando a mesma classificação, estimar a tarifa média de esgoto em cada classe de município (similares em porte e em perfil de atendimento, se supõe). Com essa base de tarifas, seguiu-se a realização de uma comparação entre ela e as tarifas médias praticadas em cada um dos municípios de interesse, selecionando-se a maior.

Esse procedimento é também importante para desvendar quais seriam, hipoteticamente, as tarifas médias de esgoto praticadas pelos municípios que contam ou não com serviços de esgotamento sanitário, ou não reportam tais dados ao SNIS, ou ainda que não realizam a cobrança pelos serviços. Para esses casos, ao município é alocada a tarifa de esgoto média dos demais municípios da bacia em uma mesma classificação de porte.

Para quantificar o benefício, os valores DAP (expressos em R\$/domicílio) devem ser multiplicados pelos novos domicílios conectados à nova rede coletora, incluindo-se os domicílios prospectivos (crescimento demográfico). Para tanto, recorre-se ao PIRH-Grande para a obtenção das projeções populacionais nele realizadas para todos os municípios da bacia, no Cenário Tendencial, até o ano de 2035, já com o recorte de população urbana. A partir do ano de 2036 até o ano de 2050 (ano 30 do período de análise), realiza-se o balizamento da variação da população com base nas projeções estaduais (respeitando-se as divisões dos estados de Minas Gerais e São Paulo) do IBGE.

■ Método 2 - Método alternativo pela valorização imobiliária

Como apontado pelo Manual ACB Infra Hídrica, a diferença de valor de imóveis com e sem a rede coletora de esgotamento, também pode servir de *proxy* para a DAP pela rede, haja vista que a desvalorização dos imóveis sem rede revela o quanto se está disposto a pagar (a menos) pela situação indesejada. Tal abordagem é utilizada em alguns estudos no setor, e foi possível aplicá-la de forma alternativa aos resultados anteriores.

Nota-se que este método alternativo também identifica, via outros meios, uma *proxy* da disposição a pagar (DAP) pela coleta e afastamento de esgotos, representando assim uma alternativa em substituição ao método descrito acima de se obter a *proxy* da DAP pelo CMLP. A contabilização de ambos, em conjunto (somados), resulta em dupla contagem e não deve ser realizada.



Segundo levantamento do Instituto Trata Brasil (2018)¹⁵, imóveis sem rede de coleta de esgotos auferem aluguéis médios 16,40% menores do que aqueles obtidos em situações e condições similares, porém com acesso à rede coletora (o acesso a água tratada também tem efeito positivo [9,0%] sobre o valor do aluguel, bem como a existência de banheiro [7,4%] no domicílio). Essa análise foi realizada com base em informações microeconômicas de valor de aluguel, acesso a esgoto e outros indicadores socioeconômicos das residências brasileiras da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Continuada de 2016¹⁶.

A planilha eletrônica de cálculo (Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário) permite, na aba 5_Controle, optar por essa forma de valoração da DAP, que resulta em benefícios superiores aos da DAP cuja proxy é dada pela CMLP.

Para fins de cômputo do valor do aluguel que o projeto espera aumentar por meio da disponibilidade de rede coletora de esgotos, foram adotados os seguintes passos:

- **Estimação do valor mínimo do imóvel:** por meio de consulta ao Sinduscon de cada um dos estados, obteve-se o CUB (custo unitário básico) da construção de um m² de padrão residencial normal (R\$ 1.518 em MG e R\$ 1.486 em SP). O CUB foi então multiplicado pela área de 60 m² como forma de espelhar o valor de um imóvel residencial pequeno, equivalente à menor área possível de ser construída pelo Programa Federal Minha Casa Minha Vida - obtendo-se assim um balizador mínimo para o valor do imóvel.
- **Estimação do valor do aluguel:** consultou-se o índice FIPE-Zap¹⁷ para o *rental yield* mensal médio (dado único para todo o País), que é reportando em sendo 0,39%.
- **Valor deprimido do aluguel do imóvel sem rede coletora:** com o valor do imóvel e a fração teórica deste que é cobrada como aluguel, aplicou-se o parâmetro redutor de valor (16,4%) trazido pelo Instituto Trata Brasil (op. cit.) para representar, no cenário base, a realidade que passa a ser modificada pelo projeto, a partir da conexão de cada nova economia beneficiada pela coleta de esgoto.

O aumento do valor médio do aluguel anual com o benefício da rede coletora, por imóvel (economia), é de R\$ 699,22 em MG e R\$ 684,36 em SP, por ano. Essa diferença no aluguel,

¹⁵ Freitas, F. G. et al. Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil. Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2018.

¹⁶ Os referidos autores utilizaram de modelo estatístico em que a variável que se busca explicar é o valor da renda imobiliária mensal, com base nas variáveis (i) tipo de moradia (apartamento ou casa); (ii) material predominante das paredes externas; (iii) material predominante do telhado; (iv) material predominante do piso; (v) número de cômodos; (vi) número de dormitórios; (vii) existência de coleta regular de lixo na moradia; (viii) unidade da Federação; (ix) área da moradia (rural ou urbana); (x) local de residência (capital, regiões metropolitanas ou interior); (xi) acesso a água tratada; (xii) acesso à rede geral de esgoto; e (xiii) disponibilidade de banheiro na residência. A técnica utilizada foi a de Máxima Verossimilhança com correção de viés de seleção amostral.

¹⁷ Disponível em: <https://fipezap.zapimoveis.com.br/noticias/noticias-fipezap/pesquisas-e-relatorios/indice-residencial/indice-residencial-aluguel/>



por fim, é multiplicada pelo número de economias beneficiadas em cada município, em cada uma das alternativas de projeto.

■ Método 3 - DAP estimada para estudo na cidade de São Paulo

No âmbito dos estudos preparatórios para o financiamento do Projeto de Descontaminação do Rio Tietê IV (beneficiando com rede coletora e tratamento de esgotos diversos bairros dos municípios de Cotia, Itapevi, Jandira, Barueri, Santana de Parnaíba e São Paulo), o Banco Interamericano de Desenvolvimento conduziu pesquisa primária para determinação da DAP¹⁸.

Para cômputo da DAP, foram estruturados 2 cenários, sendo o primeiro apenas de afastamento dos esgotos (cuja DAP foi de R\$ 17,37 por domicílio beneficiado por mês), e o segundo que contempla, além do afastamento, o tratamento dos efluentes (cuja DAP foi de R\$ 32,22 dom/mês). A disposição a pagar apenas para o tratamento dos efluentes pode ser obtida por meio da diferença das duas outras (R\$ 14,85 dom/mês).

As pesquisas conduzidas por BID (op. cit.) abrangeram áreas integrantes dos empreendimentos analisados no âmbito do Programa de Descontaminação do Rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo, que somaram 605 entrevistas (superando o montante mínimo de 300 questionários necessários para se ter validade estatística).

Para consideração da DAP no presente estudo de caso, pode-se utilizar do parâmetro de R\$ 32,22 por domicílio beneficiado com rede coletora por mês, uma vez que o objetivo é a universalização dos dois componentes do esgotamento sanitário (coleta e tratamento). Para a consideração exclusiva do aporte de rede coletora, deve-se utilizar a DAP de R\$ 17,37 por domicílio por mês. Em todos os casos, os valores levantados por BID (op. cit.) foram corrigidos para preços de 2020 por meio do IPCA/IBGE, resultando, respectivamente, em R\$ 34,87 e R\$ 18,80 dom/mês.

■ DAP considerada

Não é possível afirmar que algum dos três métodos acima descritos seja mais adequado e recomendável que os demais. Uma vantagem do terceiro método é não se tratar da consideração de uma *proxy* da DAP, mas sim uma estimação da própria DAP por meio de coleta e tratamento de dados primários coletados especificamente para isso na área de projeto, com validade estatística. O Manual ACB Infra Hídrica alerta, no entanto, para a dificuldade de se contar com tal parâmetro para a área específica de estudo no âmbito de uma ACB Preliminar.

Não se considera, assim, a DAP dos resultados obtidos por BID (op. cit.) como idêntica à DAP dos beneficiários pelo presente projeto, uma vez que se trata de uma aplicação em outro local - notadamente a Região Metropolitana de São Paulo, que detém uma dinâmica e nível de renda próprios que pode resultar em medidas distintas de disposição a pagar.

¹⁸ BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. Análise Econômica do Programa de Despoluição do Rio Tietê, 4ª Etapa. Documentos do Projeto BR-L1492, preparado por Kleber Machado (INE/WSA) com insumos de Paulo Borba de Moraes. IADB, 2018.



Em resumo, tem-se para o presente caso, três métodos de valoração da disposição a pagar (DAP) pela coleta e afastamento de esgotos. A contabilização de cada um deve ser feita ou de forma individual (optando-se por um em detrimento dos outros dois), ou com base na média das três estimativas. Jamais pode-se considerar a somatória de um ou mais dos resultados, pois isso representa dupla contagem.

Uma vez que nenhum dos três métodos é, a priori, mais adequado do que outro para revelar a verdadeira DAP dos municípios abrangidos pelo projeto na bacia do Rio Grande, opta-se pela consideração da média dos três métodos. A simulação dos resultados por um método em detrimento aos outros é apresentada no capítulo de análise de risco.

4.1.2 *Benefício de impactos na saúde*

Considerando que ambas as alternativas de projeto tratam de aporte de rede coletora de esgotos em área urbana, estamos no caso em que a maior cobertura de rede é aplicada a localidades em que soluções individuais, como fossas sépticas, não são factíveis. Dessa forma, os benefícios do impacto do afastamento do esgoto (via rede coletora) no sistema de saúde devem ser somados à categoria anterior de benefícios (DAP, item 4.1.1).

O Manual ACB Infra Hídrica traz que a abordagem para valorar os benefícios na saúde deve ser a do **custo da doença**, que combina custos diretos e indiretos no sistema de saúde evitados, produzindo uma *proxy* da estimativa geral do benefício sob a ótica societária.

Os custos diretos incluem os custos médicos necessários para o tratamento de uma doença específica (por exemplo, hospitalização, suprimentos médicos, cuidados de reabilitação, testes de diagnóstico, prescrições de medicamentos etc.) e devem ser calculados caso a caso, dependendo do tipo e da gravidade da doença e da exposição da população beneficiada pelo projeto a ela. Computam-se também os óbitos e o valor da vida estatística a eles associados.

Já os custos indiretos medem o valor da produção perdida devido ao tempo de trabalho reduzido devido a uma doença específica. São calculados essencialmente através da multiplicação do período total de ausência (número de dias) pelo salário bruto diário do trabalhador ausente. No caso de crianças, pessoas com deficiência e idosos, os dias de trabalho perdidos pelos familiares (ou para pagar a quem os cuide) podem ser utilizados como *proxy* do valor econômico para reduzir o risco ou a duração da doença.

Para a aplicação da abordagem do custo da doença no presente estudo de caso, recorreu-se às bases de dados disponibilizadas no Sistema Único de Saúde (DataSUS)¹⁹ e em outros estudos e bases de dados secundárias, possibilitando a valoração dos custos diretos e indiretos evitados de doenças de veiculação hídrica, reconhecidos como estando associados à falta de saneamento. Embora o Manual ACB Infra Hídrica recomende o uso de parâmetros mais gerais para tal, foi possível desenvolver a valoração, como demonstram os passos a seguir.

¹⁹ Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nrbr.def>



Efeitos do saneamento na redução de impactos na saúde

A literatura internacional é clara em relação à correlação positiva entre maior WASH (*Water, Sanitation, and Hygiene*, conceito que inclui desde o acesso à água de boa qualidade, passando pelo acesso a banheiros e adequado manejo de efluentes, até a adoção de hábitos adequados de higiene pessoal)²⁰ e menores níveis de doenças. Dentre estas, ganha destaque a análise da incidência de diarreia infecciosa:

Esrey et al. (1996)²¹ realizaram meta-análise de 144 estudos, encontrando as seguintes reduções percentuais medianas na morbidade da diarreia: abastecimento de água: -27%; esgotamento sanitário: -22%; higiene: -33%; qualidade da água: -17%.

Fewtrell et al. (2005)²² realizaram meta-análise de 60 estudos, concluindo que tanto a educação para a higiene como as intervenções de qualidade da água reduzem o risco de diarreia em 40% cada, enquanto o abastecimento de água e o esgotamento sanitário reduzem o risco em 20%.

Waddington et al. (2009)²³ realizaram meta-análise de 71 estudos focados na diarreia infantil (avaliando ao todo resultados para 130.000 crianças em 35 países menos desenvolvidos), concluindo que as intervenções de higiene levam a uma redução estimada de 31% na morbidade da diarreia infantil; enquanto as intervenções infraestruturais (provisão de abastecimento de água e esgotamento sanitário) levaram a uma redução relativa de 37%.

No Brasil, estudos apontam para a mesma correlação, como pontua-se abaixo:

Teixeira e Guilhermino (2006)²⁴ calcularam o efeito da cobertura por sistemas de esgotamento sanitário como sendo associado à uma redução de 21,4% na taxa de mortalidade infantil, mas o fizeram com base em regressões lineares simples.

Andreazzi, Barcellos e Hacon (2007)²⁵ encontraram, em 15 estudos, uma associação positiva entre a variável de acesso a saneamento e a melhora da variável de saúde investigada.

²⁰ Programa Água das Nações Unidas, disponível em: <https://www.unwater.org/water-facts/water-sanitation-and-hygiene/> Programa Água, Saneamento e Saúde da OMS, disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health> e Programa WASH da Unicef, disponível em: <https://www.unicef.org/wash>

²¹ Esrey, S.A. Water, Waste, and Well-Being: A Multicountry Study. *American Journal of Epidemiology*, 143(6), pp. 608–623, 1996.

²² Fewtrell, L., et al. Water, Sanitation, and Hygiene Interventions to Reduce Diarrhoea in Less Developed Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Lancet Infect Dis*; 5: 42–52, 2005.

²³ Waddington, H., et al. Water, Sanitation and Hygiene Interventions to Combat Childhood Diarrhea in Developing Countries. International Initiative for Impact Evaluation, Synthetic Review 001, New Delhi, India. 2009.

²⁴ Teixeira J. C.; Guilhermino, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde – IDB 2003. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental* n. 11:277-82, 2006.

²⁵ Andreazzi M. A. R.; Barcellos, C.; Hacon, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. *Rev Panam Salud Publica*. 2007;22(3):000–00.



Barreto et al. (2010)²⁶ apontaram queda de 21% na prevalência de diarreia nas crianças com menos de 3 anos de idade entre o período pré e pós introdução de programa de saneamento em Salvador (ano de 1997). Os autores salientam o efeito de melhoria na vizinhança que decorre de maior cobertura de saneamento, com prevenção da transmissão da diarreia como consequência.

Rasella (2013)²⁷ analisou o impacto do Programa Água para Todos, implantado no estado da Bahia, que ampliou a cobertura do saneamento básico em áreas de maior vulnerabilidade. Um aumento de 10% na cobertura de saneamento foi associado à uma redução de 39% na mortalidade por diarreia, de 14% na taxa de mortalidade em menores de cinco anos e de 6% nas internações hospitalares, em comparação com municípios sem cobertura ou com cobertura menor.

Cruz e Ramos (2013)²⁸ desvendam que a cada 1% a mais de cobertura de coleta de esgoto, pode-se esperar uma redução de 2,03% de internações por doenças gastrointestinais.

Paiva e Souza (2018)²⁹ identificam que domicílios com coleta de esgoto por rede geral podem esperar uma redução de 16,28% na morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil.

Scriptore (2016)³⁰ identifica que domicílios conectados à rede de distribuição de água e que, além disso, na quadra onde estão localizados é inexistente condições de esgoto a céu aberto, apresentam uma queda de 0,166 casos, por mil habitantes, nas internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado.

O Instituto Trata Brasil (2018, op. cit.) utilizou de modelo de regressão logística com dados da Pesquisa Nacional de Saúde de 2013 realizada pelo IBGE para analisar os efeitos do saneamento sobre a incidência de afastamentos do trabalho por motivos de diarreia e vômito, vinculados aos dados de acesso a esgoto, de acesso a água tratada e outros indicadores socioeconômicos de controle (idade e gênero do indivíduo e informações sobre o domicílio: como material da parede e da cobertura, localização geográfica, disponibilidade de geladeira e disponibilidade de serviço de coleta de lixo). Os resultados encontrados revelam parâmetros similares aos encontrados na literatura internacional,

²⁶ Barreto ML, Genser B, Strina A, Teixeira MG, Assis AM, Rego RF, Teles CA, Prado MS, Matos S, Alcântara-Neves NM, Cairncross S. Impact of a citywide sanitation program in Northeast Brazil on intestinal parasites infection in young children. *Environ Health Perspect.* 2010 Nov;118(11):1637-42.

²⁷ Rasella D. Impacto do Programa Água para Todos (PAT) sobre a morbimortalidade por diarreia em crianças do Estado da Bahia, Brasil. *Cad. Saúde Pública* n. 29:40-50, 2013. O autor teve como base um conjunto de 224 municípios em desenho de estudo antes-e-depois controlado, efetuando uma análise de regressão multivariada para dados em painel com resposta binomial negativa a efeitos fixos do ano 2005 até 2008.

²⁸ Cruz, K. E. A.; Ramos, F. S. A importância da universalização do saneamento básico e de políticas socioeconômicas para redução de internações por infecções gastrointestinais. In: XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia-GO.

²⁹ Paiva, R. F. P S.; Souza, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. *Cad. Saúde Pública* n. 34(1), 2018.

³⁰ Scriptore, J. S. Impactos do saneamento sobre saúde e educação: uma análise espacial. Tese (Doutorado em Economia) apresentado à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.



sendo que o acesso a água tratada é associado à redução de 22,43% dos afastamentos, e o acesso a rede de esgoto é associado à redução de 17,97%.

Com base nos estudos acima, nota-se uma certa regularidade em torno de um parâmetro de 20% de redução na morbidade por doenças relacionadas ao saneamento. O Instituto Trata Brasil (2018) também identifica ganhos de produtividade que ocorrem pelo menor absenteísmo. Com dados da PNAD (2016), identificou-se que trabalhadores que moravam em áreas sem acesso aos serviços de coleta de esgoto tinham, em média, salários 6,8% inferiores aos daqueles que, com as mesmas condições de empregabilidade (educação, experiência etc.), moravam em locais com coleta de esgoto. Essa diferença salarial representa uma melhora geral da qualidade de vida, uma vez que a menor morbidade por doenças reduz a frequência de afastamentos ao trabalho, entre outros aspectos.

■ **Custo direto da doença por internações: Custos médicos necessários para o tratamento da doença**

O primeiro componente do custo da doença é aquele que traz a redução nos custos diretos das internações, representando os custos médicos necessários para o tratamento da doença.

- **Dados de morbidade:** a morbidade de doenças gastrointestinais infecciosas pode ser consultada, por município, no DataSUS (op. cit.) por meio das internações. As consultas realizadas englobaram as seguintes doenças gastrointestinais infecciosas: cólera, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite infecciosa presumível, outras doenças infecciosas intestinais. A morbidade causada por estas doenças foi consultada para todos os municípios dos estados de Minas Gerais e de São Paulo, de forma a permitir a utilização dos dados médios por regiões imediatas (classificação do IBGE que atualiza as microrregiões), pois estas representam a regionalização que geralmente ocorre para a saúde por meio das ligações mais intensas das redes urbanas. Os dados de morbidade foram consultados para o período de dez anos (2010 a 2019, para estarem na mesma data-base que os indicadores do SNIS), representando assim uma situação típica de cada local. Com base na população média de cada município, compilou-se a taxa de internação por 1.000 habitantes, alocando-se a taxa da região imediata para cada um dos municípios contemplados pelo projeto.
- **Redução na morbidade:** adotou-se o parâmetro de redução nas internações pelo aporte de rede de coleta de esgotos com base nos resultados do Instituto Trata Brasil (2018), de 17,97%. Ademais, assumiu-se que a fração da taxa de morbidade que recai sobre a população sem atendimento de coleta de esgotos é de 70%. Essa fração indica a representatividade da população não coberta pela rede de coleta de esgotos no total de população que é internada por doenças gastrointestinais infecciosas.
- **Cenário base e Cenário alternativo (com projeto):** aplicou-se a taxa de morbidade por 1.000 habitantes na população no cenário base e na população com projeto, esta última sofrendo 17,97% menos internações. A diferença das duas situações indica a redução promovida pelo projeto, compilada em quantidade de internações por ano



na área de intervenção do projeto (ou seja, considerando-se a população equivalente que passa a ser beneficiada pela rede coletora de esgotos).

- **Custos por internação:** os custos públicos totais das internações específicas pelas doenças de interesse (gastrointestinais infecciosas) foram levantados junto ao DataSUS para o ano de 2019, e compilados na média por internação por região imediata, seguindo a lógica aposta na coleta de dados de morbidade. Uma vez que o custo das internações trazido pelo DataSUS é representativo do ônus público, aplicou-se sobre este um fator arbitrário de 10% para representar o custo privado com a compra de medicamentos e outros itens de cuidado pessoal (não confundir com o custo indireto da doença, que é tratado nos itens a seguir). O resultado expressa, assim, o custo público e privado, em R\$ por internação, para o tratamento da doença (custo com médicos, remédios e cuidados necessários).
- **Valor:** multiplicando-se a quantidade de internações (no cenário base e na situação com o projeto) pelo custo da doença por internação, obtém-se o valor deste custo direto da doença, identificado individualmente para cada município.

■ **Custo direto da doença por óbitos: Valor da vida estatística**

O segundo componente do custo da doença é aquele que traz a redução nos óbitos de origem nas doenças gastrointestinais infecciosas, representando o valor perdido pelas vidas.

- **Dados de óbitos:** a quantidade de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas pode ser consultada, por município, no DataSUS (op. cit.) (as consultas englobaram as mesmas doenças gastrointestinais infecciosas). Da mesma forma que para a morbidade causada por estas doenças, os óbitos foram consultados para todos os municípios dos estados de Minas Gerais e de São Paulo, de forma a permitir a utilização dos dados médios por regiões imediatas, representativas dos óbitos por 1.000 habitantes de cada município componente. Novamente, os dados foram consultados para dez anos, obtendo-se como resultado uma média mais representativa da situação típica de cada local. Com base na população média de cada município, compilou-se a taxa de óbitos por 1.000 habitantes, alocando-se a taxa da região imediata para cada um dos municípios contemplados pelo projeto.
- **Redução na mortalidade:** adotou-se o mesmo parâmetro de redução nas internações (17,97%) para a redução na mortalidade.
- **Cenário base e cenário alternativo (com projeto):** aplicou-se a taxa de mortalidade por 1.000 habitantes na população no cenário base e na população com projeto, esta última sofrendo 17,97% menos internações. A diferença das duas situações indica a redução nas mortes promovida pelo projeto.



- **Custos por morte:** o valor da vida estatística foi obtido por Ferrari et al. (2019)³¹, que apresentam valores entre R\$ 2.362.458 e R\$ 3.125.360. Utilizou-se a média destes valores, atualizada pelo IPCA para valores de 2020 (R\$ 2.862.172).
- **Valor:** multiplicando-se a quantidade de óbitos (no cenário base e no cenário alternativo - situação com o projeto) pelo valor da vida estatística, obtém-se o valor deste custo direto da doença, identificado individualmente para cada município.

■ **Custo indireto da doença por internações: Valor da produção perdida**

O terceiro componente do custo da doença é aquele indireto, pois não trata do custo para tratar a doença, ou mesmo o custo da vida por ela retirado, mas sim contabiliza o valor perdido da produção devido ao tempo de trabalho reduzido pela doença específica.

- **Duração da internação - prazo da produção perdida:** utilizaram-se os mesmos dados de morbidade calculados para o cômputo do custo direto da doença por internações, porém multiplicado pelo prazo médio, em dias, de duração de cada internação. Os dias de permanência das internações por doenças gastrointestinais infecciosas pode ser consultada, por município, no DataSUS (op. cit.). Como antes, estes foram calculados por região imediata e pela média dos últimos dez anos.
- **Redução na produção perdida nos cenários base e alternativo:** tomou-se como base a redução da quantidade de internações promovidas pelo projeto, com o mesmo parâmetro que para a redução da morbidade, desvendando-se a economia de dias de internamento, por município, que é promovido pelo projeto.
- **Valor da produção perdida:** o valor da produção de um dia de trabalho perdido devido a internação por doença gastrointestinal infecciosa foi compilado a partir dos dados do Cadastro Central de Empresas do IBGE. Por esta base, é possível consultar, por município, os salários e outras remunerações médias (último ano disponível sendo 2018). Com base na quantidade de pessoal ocupado no mesmo ano e no mesmo município, compila-se a remuneração média, que é posteriormente dividida por 360 para se obter um parâmetro do valor do rendimento diário.
- **Valor:** multiplicando-se a quantidade de dias dispendidos internados (nos cenários base e alternativo) pelo valor do rendimento diário, obtém-se o valor deste custo indireto da doença, identificado individualmente para cada município.

■ **Custo total da doença**

O custo total da doença, segundo a abordagem recomendada pelo Manual ACB Infra Hídrica, é o resultado da somatória dos dois custos diretos (internações e óbitos) com o custo indireto (valor perdido da produção).

³¹ Ferrari, Tatiana. K., Luiza de Alencar Dusi, Daniel A. Feitosa Lopes, e Fabiano M. Pompermayer. Estimativa do valor da vida estatística e do valor da economia de tempo em viagens nas rodovias brasileiras com a utilização de pesquisa de preferência declarada. Ipea: Texto para Discussão 2533. Dezembro de 2019.



4.2 TRATAMENTO DE ESGOTOS

Os cenários de projeto em avaliação consideram, em complemento à implementação universal da coleta de esgoto nos municípios selecionados em cada alternativa, também o seu tratamento adequado antes da disposição nos corpos d'água, neste caso, os rios da bacia hidrográfica do Rio Grande.

- **Capacidade ociosa das ETEs existentes:** é importante considerar que o tratamento dos esgotos domésticos é realizado por meio de Estações de Tratamento de Esgoto, e que na região (assim como em diversas regiões do país) existem diversas ETEs implementadas. Estas instalações tendem a operar com capacidade ociosa. Conforme trazido pelo item 3.1.3, adota-se uma fração arbitrária de 25% para considerar a ociosidade nas estações de tratamento já implementadas, que são conhecidas pelo Atlas Esgoto atualizado em 2020.
- **Implantação de novas ETEs:** caso o município seja atendido por uma ETE e esta, mesmo após a consideração da capacidade ociosa, ainda não seja suficiente para a universalização do tratamento, considerou-se necessária a construção e operação de novas ETEs para dar conta do novo volume total a ser tratado. A porção de volumes de esgoto destinado para ETEs existentes e a novas é considerado caso-a-caso de acordo com dados municipais disponibilizados no SNIS e no Atlas Esgoto (atualização 2020 com data-base de 2019).

As principais categorias de benefícios para o tratamento destes efluentes sugeridas no Manual ACB Infra Hídrica para a ACB Preliminar, incluem: (i) a liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos; (ii) a geração de valores de não-uso; e (iii) os impactos na saúde. Esta última foi desconsiderada nesta análise, devido a sua baixa representatividade nos resultados e dificuldades de isolar seus efeitos, que estariam circunscritos à população rural que utiliza dos corpos d'água para captação própria.

De qualquer forma, os benefícios trazidos pelo tratamento de esgotos são aplicados aos municípios das sedes urbanas cujo serviços de esgotamento sanitário foi universalizado, assim como para os trechos críticos de rio - sob o aspecto qualitativo - identificados pelo Plano de Bacia (PIRH-Grande) como tendo concentrações de DBO superiores a 10 mg/l (ver item 2.1).

4.2.1 *Benefícios da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos*

Considera-se que o tratamento dos esgotos garantirá uma melhoria na qualidade da água para outros usos e usuários adjacentes e próximos aos pontos de lançamento nos rios da bacia. Afinal, as repercussões da poluição hídrica são inúmeras e prejudiciais, inclusive, à prestação dos serviços ecossistêmicos dos quais a fauna e a flora, além de usuários antrópicos, dependem. O princípio da valoração deste benefício reside no valor de uso do recurso natural em forma mais nobre, ou seja, água de melhor qualidade do que no cenário base.



A valoração dos benefícios da liberação de recursos hídricos em melhor qualidade para outros usos será a soma dos ganhos econômicos auferidos pelos novos usos viabilizados (ou com custos reduzidos) com a disponibilização do recurso hídrico em melhor qualidade. Para tanto, seria necessária a definição detalhada dos cenários de projetos identificando usos potenciais reprimidos, os quais serão propositadamente viabilizados com o projeto. Essa identificação criteriosa é de alta relevância para projetos dessa natureza, e deverá compor a justificativa da implementação do projeto, subsidiando assim a contabilização dos benefícios a serem gerados.

Por outro lado, a sua aplicação ao nível análise estratégica no recorte de bacia hidrográfica abrangendo 40 municípios se torna menos viável, sobretudo em uma ACB Preliminar cujo intuito é embasar a priorização de alternativas para alocação de recursos públicos. Mesmo que, a depender do grau informacional presente na bacia e algum esforço de processamento de dados espaciais e geoprocessamento, seja possível derivar valores mais precisos, é razoável encontrar uma solução compatível com o esforço exigido na ACB Preliminar e com a tomada de decisão em voga.

São muitos os dados que se fariam necessários para uma valoração detalhada, perpassando:

- Pontos de lançamento das ETEs existentes e das novas ETEs projetadas;
- Eficiência de remoção das cargas orgânicas das ETEs existentes e projetadas;
- Conhecimento específico das condições atuais de concentração de poluição orgânica e de vazão dos corpos d'água (modelo matemático específico para a realização do balanço qualitativo dos corpos d'água afetados pelo projeto);
- Conhecimento específico das condições de demanda hídrica consuntiva e não consuntiva dos demais usuários dos recursos hídricos, por ponto de captação e perfil de uso (usos outorgados e não outorgados, como pequenos irrigantes, usos recreativos e de contemplação);
- Relação da função de produção destes usuários, de forma a permitir inferir os ganhos econômicos a partir da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade.

A adoção de modelos de qualidade da água é praticamente imprescindível ao se realizar estudos que envolvam esse aspecto e suas mudanças (como estudos de enquadramento dos corpos d'água em classes predominantes de uso, por exemplo)³². Após estarem

³² No caso do PIRH-Grande, o balanço hídrico qualitativo dos recursos hídricos superficiais foi estimado com uso de tal modelo, calibrado especificamente para a bacia a partir dos dados do monitoramento da qualidade das águas, visando à simulação da propagação das cargas de $DBO_{5,20}$ e P_{total} e o balanço de OD, por microbacias. As concentrações utilizadas para a presente valoração são resultado de tal aplicação. Dentre os modelos mais comumente utilizados, estão o AcquaNet, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões Aplicados à Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), o QUAL 2K e o WASP (*Water Quality Analysis Simulation Program*), estes últimos desenvolvidos pela agência de proteção ambiental americana (USEPA).



devidamente calibradas³³, tais equações possibilitam estimar com grau de precisão adequado e com maior agilidade as concentrações de parâmetros físico-químicos e biológicos, quer na situação atual, quer - e principalmente - em cenários futuros, quando é necessário confirmar a mudança obtida pela implantação de uma nova ETE, por exemplo.

Trata-se de ferramenta fundamental para a identificação e mapeamento das áreas responsáveis pelas piores condições de qualidade das águas dos trechos de corpos hídricos. Possibilitam, assim, que se identifiquem diferentes resultados do abatimento de cargas obtido mediante a implantação de diferentes ações para redução de cargas poluentes, bem como possibilitam definir prioridades para as intervenções identificadas.

Enquanto as primeiras informações são usualmente produzidas em planos de recursos hídricos, a estimativa de valor econômico não é prontamente encontrada, pois são escassos os estudos que vinculam a produção de um determinado bem ou serviço às condições de disponibilidade hídrica (quali-quantitativa).

Assim, a forma aqui proposta para se contornar a exigência informacional e de modelagem, é considerar um percentual fixo de aumento do uso do recurso hídrico pelos diversos usuários existentes devido à melhora de qualidade da água nos municípios contemplados pela universalização do tratamento dos esgotos urbanos.

A presente análise adotou, como ponto de partida, que a melhoria na qualidade da água promovida pela universalização do tratamento nos 40 municípios promoveria o aumento de 1%³⁴ nos usos pelos usuários deste recurso nesses mesmos municípios (estimando-se o grau de elasticidade da liberação de recursos em melhor qualidade). Trata-se, claramente, de uma simplificação, pois, dentre outros: (i) não necessariamente haverá maior disponibilidade hídrica quantitativa para esse incremento de captação (o binômio qualidade-quantidade é indissociável); (ii) a captação de uma indústria, por exemplo, pode estar em um outro corpo d'água que não foi "liberado" pelo projeto; (iii) uma indústria pode fazer uso do recurso hídrico para resfriamento de seu processo produtivo, não sendo restrita pela qualidade da água bruta; (iv) um irrigante pode não ser restrito pelo água bruta de pior qualidade pois cultiva trigo, milho ou soja.

Trata-se, no entanto, do cômputo de um valor balizador para a liberação de recursos e o que esse benefício representaria em termos econômicos para os demais usuários das águas da bacia hidrográfica do rio Grande. Afinal, tem-se na bacia em questão diversos rios de cabeceira, com vazões relativamente pequenas (riachos e ribeirões) que sofreriam

³³ Para uma correta e eficiente utilização de um modelo de simulação da qualidade das águas, é necessário que ele esteja calibrado, para que possa representar com maior fidelidade a realidade da área de estudo. É, portanto, necessário dispor de dados suficientes para a calibração, dados esses que são constituídos por registros de monitoramento da qualidade das águas e registros de fluviometria, uma vez que os modelos trabalham com o conceito de carga poluente.

³⁴ Ressalta-se que o valor escolhido, 1%, é para fins ilustrativo para esse estudo de caso. Dependendo do contexto, o aumento de demanda pode ser de ordem maior, refletindo a diversidade de novos usos que passam a ser possíveis.



uma melhora qualitativa muito significativa com a universalização do tratamento de esgotos urbanos.

Este valor teórico, sobretudo, servirá como balizador para as análises de sensibilidade subsequentes e ajudará a responder perguntas desta natureza:

- Caso o tratamento dos esgotos e a melhora da qualidade da água dos rios beneficiados promova um benefício econômico equivalente ao aumento no uso em 1% pelos demais usuários da água, o projeto se torna custo/benéfico?
- Qual seria o aumento equivalente no uso do recurso água, promovido pela sua liberação em melhor qualidade, que tornaria o projeto viável economicamente? O parâmetro de 1% é bastante baixo, portanto, é razoável esperar que se concretize? Ou seria este valor alto, sendo, portanto, arriscado esperar que se concretize?

Espera-se que as perguntas acima sejam feitas numa ACB Preliminar e que orientem aprofundamentos necessários em etapas mais elaboradas de refinamento do projeto, ou mesmo na aplicação da ACB Preliminar dessa tipologia nos futuros planos de bacia, auxiliando a tomada de decisões e a própria construção do plano de ações.

Na prática, as seguintes etapas foram realizadas (todas devidamente apresentadas na planilha eletrônica disponibilizada no Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário):

- **Contabilização da liberação do recurso hídrico qualitativo:** o primeiro passo necessário para a monetização deste benefício é o estabelecimento da vinculação de sua ocorrência com a despoluição das águas promovidas pelo projeto em questão. Para fins da aplicação paramétrica do benefício, parte-se da premissa simplificadora de que o benefício ocorrerá sempre que a universalização dos SES ocorra nas sedes dos municípios identificados pelo PIRH-Grande como críticos para o componente qualitativo no aspecto da poluição orgânica (cujo indicador é a concentração de DBO acima de 10 mg/l).
 - Alternativa 1: o desenho desta alternativa é justamente o de atender, com universalização dos SES, os municípios em situações qualitativas críticas. Conforme os fundamentos para intervenção (capítulo 2), a identificação dessa criticidade se dá pelo PIRH-Grande e se restringe à poluição orgânica gerada nas áreas urbanas dos municípios.
 - Alternativa 2: essa alternativa traz como recorte a universalização dos SES em duas Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde alguns municípios apresentam criticidade qualitativa, mas outros não. Esse é o caso, como exemplo, dos municípios de Cássia (crítico) e Capetinga (não crítico) na GD07 em Minas Gerais, distantes em apenas 20 km.
 - Para os casos em que o projeto prevê a universalização dos SES em municípios não críticos (situação encontrada em 17 dos 40 municípios da Alternativa 2), seria irreal imaginar que não há geração alguma de benefícios, assim como não se torna plausível prever os mesmos efeitos da liberação de recursos prevista para os municípios críticos. Dessa forma, adota-se o parâmetro



arbitrário de 10% dos recursos liberados para estes municípios não críticos em relação aos críticos.

- **Setores usuários beneficiados:** afóra o setor usuário de abastecimento humano urbano, os demais setores usuários dos recursos hídricos foram considerados como beneficiados pelas ações de despoluição do setor de saneamento urbano, quais sejam: (i) indústria; (ii) mineração; (iii) irrigação e dessedentação animal; e (iv) abastecimento rural. O conjunto dos três primeiros usuários é denominado, para simplificação, de “atividades econômicas”.
- **Demanda hídrica de retirada por setor usuário e município:** foram compiladas as demandas hídricas de retirada superficial (m^3/s), de acordo com Plano de Bacia (PIRH-Grande) para os anos de 2020, 2025 e 2030, no Cenário Tendencial. Adotou-se uma taxa de crescimento linear entre os anos notados, bem como estendeu-se a taxa de crescimento identificada entre os dois últimos anos de projeção para balizar o crescimento das demandas após 2031. Estas demandas, calculadas pelo PIRH-Grande ao nível de microbacia, são agregadas e apresentadas por município.
- **Liberação de recursos para as atividades econômicas:** conforme explanação anterior, arbitrou-se que a liberação de recursos se faria em parâmetro equivalente a um aumento de 1% no uso de recursos hídricos. Ademais, arbitrou-se que esta demanda hídrica se materializa em consumo efetivo durante 23,33% do tempo (equivalente a uma captação de 8 horas diárias em 252 dias úteis anuais). Essa última premissa se faz necessária para conversão de demanda de vazão de captação em demanda volumétrica anual, uma vez que as outorgas de recursos hídricos, solicitadas pelos usuários de água bruta aos órgãos gestores e que são a base dos cálculos de demanda hídrica, tendem a superar os volumes efetivamente captados. A multiplicação da demanda de água e sua frequência, resultam em um volume anual de água consumida para cada uma das três atividades econômicas consideradas.
 - **Valor da liberação do recurso hídrico para as atividades econômicas:** utilizou-se dos resultados do estudo conjunto realizado entre ANA e IBGE denominado de Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA) de 2020³⁵, que apresenta dados híbridos entre o uso da água e seu reflexo econômico.
 - Utilizou-se o indicador de eficiência hídrica de uso, que calcula a razão entre o valor adicionado bruto de uma atividade econômica e o volume de água usado pela mesma, em um determinado ano³⁶.

³⁵ ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil); IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (Brasil). Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil 2013-2017. IBGE, Contas Nacionais n. 72 ISSN 1415-9813, Brasília, 2020.

³⁶ A rigor, essa forma de precificar o benefício não é apropriada, uma vez que, na prática, precifica-o pelo “valor adicionado bruto”, sem descontar os custos da atividade adicional. O correto seria obter a Disposição a Pagar (DAP). Na sua falta, poderia ser uma *proxy* o custo de captação da melhor fonte alternativa (custo de oportunidade). Outra referência para saneamento básico é a Contas de Ecossistemas: Valoração do Serviço do Ecossistema da Provisão de Água Azul (IBGE, 2021) [IBGE. Contas de ecossistemas: valoração do serviço do ecossistema de provisão de água azul: 2013-2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2021].



Esse resultado representa, assim, quantos reais de valor adicionado bruto são gerados por metro cúbico usado de água em um determinado ano, expresso em R\$/m³.

- Os valores de eficiência hídrica são apresentados pelo CEEA para o ano de 2017, e sua correção para valores de 2020 foi realizada com base no deflator implícito do produto, pois são cálculos oriundos da contabilidade nacional.
- O CEEA (IBGE e ANA, 2020) apresenta resultados a nível nacional e de grandes regiões, segmentados em seis setores da economia. Os valores de eficiência hídrica de uso para a região Sudeste (estados de São Paulo e Minas Gerais) para 2017 são: (i) agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura de R\$ 7,42/m³; (ii) indústrias extrativas de R\$ 105,08/m³; (iii) indústrias de transformação e construção de R\$ 174,30/m³; (iv) eletricidade e gás de R\$ 0,02/m³; (v) água e esgoto de R\$ 0,83/m³; e (vi) demais atividades³⁷ de R\$ 2.194,94/m³. O indicador para o total de atividades econômicas na região é de R\$ 1,57/m³.
- Para fins de aplicação do indicador de eficiência hídrica de uso, compreende-se que o setor usuário “indústria” se enquadra no setor econômico “indústrias de transformação e construção”; o setor usuário “mineração” se enquadra no setor econômico “indústrias extrativas”; e o setor usuário “irrigação e dessedentação animal” se enquadra no setor econômico “agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura”.
- **Correção para preços sociais das atividades econômicas:** conforme indicado no Manual ACB Infra Hídrica, os valores financeiros para o cálculo desse benefício devem ser convertidos em valores sociais por meio da aplicação dos fatores de correção, aplicando o fator de conversão setorial de bens nacionais comercializáveis.
- **Liberação de recursos para o abastecimento rural:** arbitrou-se que o abastecimento rural teria seus custos reduzidos em ao menos 10% devido à liberação de recursos qualitativos, sendo que a demanda parametrizada de 100 litros por habitante por dia (adotada pelo PIRH-Grande) ocorre constantemente no tempo.
 - **Valor da liberação do recurso hídrico para o abastecimento rural:** o parâmetro de valor para a liberação de recursos do abastecimento rural foi obtido via a despesa de exploração média dos serviços de água para os

³⁷ Demais atividades: Atividades econômicas das seções G a U da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0, além das Divisões 38 (Coleta, tratamento e disposição de resíduos; recuperação de materiais) e 39 (Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos).



municípios da bacia, consultada via SNIS (indicador IN015), e obtida em R\$/m³.

- **Correção para preços sociais do abastecimento rural:** conforme indicado no Manual ACB Infra Hídrica, os valores financeiros para o cálculo desse benefício devem ser convertidos em valores sociais por meio da aplicação dos fatores de correção, aplicando o fator de conversão setorial de bens nacionais não-comercializáveis.
- **Valor final do benefício da liberação de recursos:** multiplicando-se a quantidade de água liberada para cada setor usuário pelo valor econômico desta, expressa em R\$/m³, pode-se obter o valor econômico anual esperado em cada setor, em cada município e a cada ano (variando-se as demandas hídricas).

Dupla contagem com ETEs

O Manual ACB Infra Hídrica menciona o risco de se considerar a possível liberação de recursos para os prestadores de serviços de saneamento e tratamento de água (setor usuário de abastecimento humano urbano via companhias prestadoras de serviços de abastecimento de água por rede geral). É válido reforçar que o cálculo aqui adotado, desconsiderou tais usos como beneficiários, evitando assim, tal risco.

4.2.2 Benefícios de valores de não-uso

É possível antever que dentre o conjunto de corpos hídricos beneficiados com melhoria de qualidade devido ao projeto, seja localmente ou sistemicamente, haja, na população local e mesmo na sociedade como um todo, uma disposição a pagar pelo seu valor de não uso, ou seja, pela sua simples existência em padrões altos (ou mais altos) de qualidade e saúde ambiental.

Intrínseco ao valor de não-uso está a apreciação pelo corpo d'água limpo e piscoso, mesmo tendo-se apenas uma remota possibilidade de fazer uso direto de suas águas. A mera existência da possibilidade de se realizar usos diretos (recreação de contato primário, pesca e contemplação, por exemplo) tem um valor intrínseco que independe da materialização, de fato, de tais usos. Estas são as percepções que se revelam nessa disposição a pagar.

No entanto, tal valoração exigiria avaliações contingentes nas regiões de abrangência do projeto, ou em outras similares passíveis de transposição (transferência de benefício). Também, exigiria uma caracterização mais detalhada dos rios em consideração e suas alterações potenciais com o projeto, o que é inviável nesta etapa preliminar e com uma abordagem mais ampla com 40 municípios, por mais que se saiba do efeito físico que a universalização dos SES teria na redução das altas cargas poluidoras dos trechos críticos da bacia do rio Grande.



Não obstante, é possível traçar um racional mais simplificado, porém ainda consistente para sua valoração, que permita avaliar sua importância relativa na análise de sensibilidade posterior. Assim, adotou-se:

- **Parâmetro para valoração:** traduz a DAP pelo não-uso em R\$/km/ano. Esse parâmetro, oriundo de aplicação de valoração contingente, inexistente no Brasil, mas foi balizado inicialmente pelo valor de DAP do Reino Unido³⁸ como uma forma de se ilustrar uma eventual equivalência na DAP nacional (R\$).
 - No Reino Unido, aplicou-se valoração contingente em 100 bacias hidrográficas para estimar melhorias na qualidade de água em rios, lagos, canais e águas costeiras. Os valores foram derivados para três faixas de modificação na qualidade das águas, quais sejam: de ruim para baixa; baixa para moderada; e moderada para boa, cada qual com o seguinte valor associado (respectivamente): £ 17.400, £ 20.100 e £ 23.300 (em libras por quilômetro por ano).
 - Por se tratar de trechos críticos de qualidade, utilizou-se o valor da DAP inglesa para uma mudança de qualidade ruim para baixa. O valor foi, primeiramente, atualizado para valores de 2020 pela variação da cotação da libra frente ao dólar americano com base na paridade do poder de compra da moeda, compilado pela OCDE³⁹. Com base na conversão para dólares de 2020 pela paridade do poder de compra, converteu-se o valor para reais com base na mesma taxa de conversão.
 - O valor resultante, de R\$ 29.672, passa a ser simulado e calibrado na análise de sensibilidade e que poderia ser refinado com estudos de avaliações contingentes futuros em nível nacional, caso se mostre relevante⁴⁰.
- **Trechos com melhor qualidade:** a partir do levantamento e avaliação de mapas com trechos de alta criticidade qualitativa (DBO acima de 10mg/l) que passam a ter melhor qualidade pelo tratamento de efluentes, foi possível estimar o total de trechos beneficiados e sua extensão, em quilômetros. Essa identificação foi realizada em ambiente SIG com base nos trechos críticos identificados pelo PIRH-Grande para o Cenário Tendencial no ano de 2020 (ver a Figura 2.3 e a Figura 2.4, já apresentadas no capítulo 2).
- **Valores de não-uso constantes no tempo:** uma vez que demonstram uma preferência da população pela melhor qualidade da água, o valor assumido para DAP é mantido constante no tempo.

³⁸ United Kingdom, Environment Agency. Updating the National Water Environment Benefit Survey values: summary of the peer review. London, UK, 2013.

³⁹ Disponível em: <https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>.

⁴⁰ A rigor, ao utilizar parâmetros de outros países, é necessário adaptá-la pelo método transferência de benefício. Para detalhes, ver o “Handbook on the external costs of transport”, da Comissão Europeia (2019).



5. EXTERNALIDADES E EFEITOS INDUTIVOS

O presente item aborda a consideração das externalidades e dos efeitos indutivos, que podem ter efeito positivo ou negativo e, conforme Manual ACB Infra Hídrica, são tratadas respectivamente como benefícios ou benefícios negativos para não desencadearem interpretações indevidas com os custos de implementação e operação do projeto (CapEx e OpEx, tratados no capítulo 3).

5.1 ESTIMAÇÃO DE EXTERNALIDADES

A implantação de um projeto com a envergadura da universalização da coleta e tratamento de esgotos em 40 municípios deverá trazer benefícios sociais, dos quais muitos não estão a mercado e necessitam de valoração por meio de disposição a pagar. Algumas dessas externalidades foram, portanto, já consideradas, abordando-se aqui aquelas que não são externalidades diretas ao projeto: custos ou benefícios que recaem sobre terceiros de forma não intencional ao projeto, sendo, portanto, um custo ou benefício que extravasa do projeto para partes externas.

5.1.1 Externalidades já consideradas

A primeira consideração sobre as externalidades potenciais do projeto de universalização dos SES em 40 municípios da bacia do rio Grande é sobre aquelas já computadas e que não devem ser novamente consideradas para não haver dupla contagem. São elas:

- Os impactos ambientais temporários decorrentes da instalação do projeto, que devem ser compensados por meio da execução dos programas ambientais resultantes do processo de licenciamento, cuja previsão orçamentária compõe os custos (sob a rubrica de “participação relativa estimada de Programas Ambientais na gestão, operação e manutenção”); e
- Os benefícios do tratamento de esgotos são todos, conceitualmente, considerados como externalidades: são benefícios que recaem sobre terceiros, extravasando do projeto para partes externas. Estes benefícios, não obstante, são resultados intencionais do projeto, podendo ser considerados como benefícios diretos. Caso o objetivo do tratamento de esgotos não fosse a obtenção / manutenção da qualidade dos corpos d’água, não seria prática necessária. Dessa forma, os benefícios abordados nos itens 4.2.1 e 4.2.2 são valorações das externalidades positivas desse perfil de projeto.

O custo e benefício das duas externalidades acima mencionadas já estão considerados nas estimativas respectivas (cap. 3 e cap. 4).

5.1.2 Serviços ecossistêmicos hídricos

Conforme orientação do Manual ACB Infra Hídrica, especial atenção deve ser dedicada às externalidades nos ecossistemas hídricos e seus serviços ecossistêmicos. A influência do



projeto de tratamento de esgotos se dá na promoção da melhoria da qualidade dos corpos d'água, sendo que a externalidade se materializa nos serviços ecossistêmicos prestados por águas de melhor-qualidade. Reforça-se que essa melhora da qualidade é distinta (e complementar) aquela diretamente vinculada aos usos do recurso hídrico (benefício que é valorado com base na liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos). Deve-se atentar para não computar, simultaneamente, o valor de não-uso com a valoração dos serviços ecossistêmicos hídricos, para evitar dupla contagem.

Muito embora a geração dos serviços ecossistêmicos pelos recursos hídricos de melhor-qualidade seja certa, a forma de realizar sua valoração está longe de ser. Uma forma de se estabelecer a *proxy* para tal externalidade positiva é por meio do custo teórico (e mínimo) da remediação dos prejuízos aos serviços ambientais que das águas poluídas decorrem.

No âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), um dos instrumentos para a gestão das águas é a cobrança pelo direito de uso para retirada de água bruta e para lançamento de efluentes. Os valores arrecadados com a cobrança são aplicados na bacia hidrográfica em que foram gerados, podendo financiar estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Bacia Hidrográfica⁴¹.

O valor cobrado para lançamento de efluentes no âmbito da cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos pode, portanto, ser utilizado como *proxy* da externalidade negativa gerada pela poluição dos corpos d'água. Afinal, seguindo o princípio do poluidor-pagador, o valor cobrado deve: (i) incitar mudanças no comportamento do usuário de forma que internalize a externalidade outrora gerada; e/ou (ii) financiar as ações que internalizam as externalidades para os usuários que não realizam seu próprio abatimento.

Traça-se, então, o seguinte racional para a valoração dessa externalidade:

- **Parâmetro para valoração:** No Brasil, de acordo com ANA (2020)⁴², a cobrança foi implementada em rios de domínio da União nas bacias dos seguintes rios: Paraíba do Sul; Piracicaba, Capivari e Jundiá; São Francisco; Doce; Paranaíba; e Verde Grande. Não há cobrança em rios de domínio federal na Bacia do Rio Grande. Da cobrança pelo lançamento de efluentes em rios federais, o de maior valor é aquele praticado no rio Doce, cujo preço público unitário (PPU) é de R\$ 0,1790 por kg/DBO_{5,20}. Optou-se por considerar o PPU mais alto dentre as cobranças estabelecidas seguindo as conclusões de OECD (2017)⁴³, que aponta para a prática de cobrança com uso de valores muito aquém do necessário e possível. O valor deve ser considerado, portanto, como um balizador mínimo.

⁴¹ Além do pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), como as Agências de Bacias, mas limitado a sete e meio por cento (7,5%) do total arrecadado.

⁴² ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura Brasil - Recursos Hídricos 2019. Encarte : Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. 84 p. ANA, Brasília, 2020.

⁴³ OECD. Cobranças pelo uso de recursos hídricos no Brasil: Caminhos a seguir. OECD Publishing, Paris, 2017.



- **Redução de DBO_{5,20} promovida pelo projeto:** De acordo com as mesmas bases de dados utilizadas para dimensionar o projeto de tratamento de esgotos e calcular seus custos (item 3.1.3), pode-se estimar a eficiência de cada nova estação na redução de carga de DBO. Também com base nas definições anteriores, estima-se a população beneficiada com o projeto de tratamento de esgoto, podendo-se então aplicar o parâmetro de geração de carga de DBO de 54 gramas por pessoa por dia. Para a alternativa 1, como exemplo, tem-se que no cenário base são lançados 70,78 ton por dia de DBO, carga que se reduz para 27,64 ton por dia com o projeto.
- **Valor da externalidade:** A valoração do benefício se torna uma questão de simples multiplicação a partir do preço unitário e da quantidade de carga.

O resultado da valoração das externalidades positivas aos serviços ecossistêmicos é incluído no resultado da ACB do projeto e suas duas alternativas, sendo também explorado na análise de risco.

5.1.3 Outras externalidades

Os projetos conceituais aqui analisados são referentes a duas estratégias cujo objetivo finalístico é a universalização dos serviços de coleta e tratamento de esgotos, seguindo imposição legal (Lei Federal nº 14.026/2020)⁴⁴. Dessa forma, a análise de custo-benefício deve ser tratada como instrumental para priorização de investimento e para o desenho das melhores alternativas na composição de atendimentos regionalizados e de sistemas integrados.

Dessa forma, as duas externalidades negativas abaixo listadas deverão ocorrer, de forma mais ou menos intensa, em qualquer situação de implantação de rede coletora e de sistema de tratamento de esgotos, não devendo ser computadas como fator decisório relevante para a ACB Preliminar.

- **Emissão de gases de efeito estufa:** A operação da rede coletora e de estações de tratamento de esgotos demanda energia elétrica, entretanto, a emissão de CO₂ da geração de energia deve ser computada na fonte geradora, e não na unidade de consumo. Por outro lado, caso a tecnologia adotada para o tratamento de esgotos promova a emissão (ou redução) líquida de gases do efeito estufa em relação à situação anterior (cenário base), essa variação deve ser computada.
- **Externalidades das obras de implantação das redes coletoras de esgoto:** Por mais que o custo de programas ambientais esteja previsto nos custos sob a rubrica de “participação relativa estimada de Programas Ambientais na gestão, operação e manutenção”, entende-se que a implantação de redes de coleta de esgoto possa gerar externalidades não computadas por estes custos de remediação. Estas externalidades negativas são geralmente associadas ao distúrbio de fluxos econômicos devido às obras viárias. Mesmo reconhecendo-se tal externalidade, não

⁴⁴ Até 2033, deve-se ter “(...) universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos (...)”.



se realiza sua estimativa na presente análise, muito embora realize-se análise de sensibilidade e de robustez com custos a maior de CapEx e OpEx, que podem ser calibradas para simulam o impacto de tais externalidades nos resultados finais.

5.2 *EFEITOS ECONÔMICOS INDUTIVOS, INDIRETOS E DE SEGUNDA ORDEM*

Efeitos econômicos indutivos, indiretos e de segunda ordem (*Wider Economic Impacts - WEIs*) devem ser analisados com cautela, pois pode-se incorrer em dupla contagem de benefícios caso os mercados secundários, afetados pelas mudanças promovidas pelo projeto, sejam relativamente eficientes.

Abaixo identificam-se os efeitos indutivos esperados para cada uma das três categorias de WEIs trazidas pelo Guia Geral de ACB, segregando-se os benefícios da coleta e do tratamento de esgotos.

5.2.1 *Benefícios econômicos indutivos da rede coletora de esgotos*

A implantação de redes coletoras de esgoto nos municípios selecionados na bacia do rio Grande não deve representar uma mudança nos fatores de produção, haja vista haver, atualmente, um elevado grau de cobertura de tal serviço. Nos municípios da alternativa 1, tem-se 93% de cobertura com coleta de esgotos; já nos municípios da alternativa 2, tem-se 96% de coleta.

Caso a rede coletora seja universalizada, poder-se-ia argumentar que a atividade econômica liberada deveria ser contabilizada como benefício; não obstante, sob condições de equilíbrio em mercados competitivos, as novas infraestruturas não gerarão disrupções com potencial de liberar fatores de produção eventualmente ociosos. Dessa feita, não são aguardados aumentos de produtividade sistêmica nos municípios beneficiados, não devendo-se considerar efeitos de indução de atividade econômica.

- Não se vislumbram efeitos positivos do projeto via indução do investimento nos municípios beneficiados, uma vez que o comportamento dos agentes quanto à alocação do investimento se dá em mercados competitivos e, logo, socialmente neutros.
- Não se vislumbram alterações induzidas pelo projeto no comportamento da oferta de mão de obra, devendo ser nulo o efeito indutivo sobre o mercado de trabalho.
- Também não se vislumbra a geração de efeitos de aglomeração, pois não se trata de projeto que deve modificar a densidade de determinadas atividades econômicas e reduzir seus custos de transação. Caso haja, eventualmente, a modificação na densidade de atividades econômicas, estas se darão em mercados competitivos o suficiente para render impactos líquidos à sociedade.

5.2.2 *Benefícios econômicos indutivos do tratamento de esgotos*



Quanto ao tratamento de esgotos, prevê-se a indução econômica via liberação de recursos hídricos de melhor aspecto qualitativo. Essa liberação se materializa na indução do investimento:

- Pode-se esperar um efeito positivo do projeto via indução do investimento nos cursos d'água beneficiados pela redução da poluição, uma vez que estes foram identificados como críticos sob o aspecto qualitativo e, muito embora a cobertura de coleta se aproxime da universalização, não se tem paralelo com o tratamento dos esgotos. Os índices agregados de 72% de tratamento na alternativa 1 e de 77% na alternativa 2 ainda rendem, respectivamente, 761 mil e 207 mil pessoas que não têm seus esgotos tratados. As externalidades contabilizadas como benefícios diretos do tratamento de esgotos são valoradas por seu caráter indutivo do investimento (conforme item 4.2.1, benefício da liberação de recursos hídricos para outros usos), sob a lógica econômica de que há restrições econômicas pela oferta hídrica de menor qualidade. Isso significa que o mercado secundário afetado pelo projeto (captação de água bruta pelos demais setores usuários) opera abaixo de seu potencial. Uma vez que o projeto adiciona oferta hídrica em termos qualitativos, pode-se esperar um aumento de produtividade sistêmica, pois deverá haver mudanças comportamentais em termos de decisão de investimento pós projeto.
- Não se vislumbram alterações induzidas pelo projeto no comportamento da oferta de mão de obra, devendo ser nulo o efeito indutivo sobre o mercado de trabalho.
- Também não se vislumbra a geração de efeitos de aglomeração, pois não se trata de projeto que deve modificar a densidade de determinadas atividades econômicas e reduzir seus custos de transação, mas sim de induzir novos investimentos.

A valoração do benefício de indução sobre o investimento, oriundo do tratamento de esgotos, já é valorado como benefício principal do mesmo, não devendo ser aqui recontabilizado para evitar sua dupla contagem.



6. INDICADORES DE VIABILIDADE DO PROJETO

6.1 CONFIGURAÇÃO PADRÃO DA AVALIAÇÃO DE RESULTADOS (DEFAULT)

Com os custos, benefícios e externalidades do projeto e de suas alternativas determinados, é possível realizar o cálculo dos indicadores da análise de custo-benefício por meio do fluxo de caixa social do projeto, apresentado em detalhes no Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Esgotamento Sanitário.

Retomando a tabela das Alternativas, apresentada em mais detalhes no item 2.3.1, Tabela 6-1 retoma os resultados das opções avaliadas.

Tabela 6-1 - Descrição das alternativas analisadas

Alternativa	Descrição	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Apelido	“Municípios críticos”	“2 sub-bacias”
Descrição	Universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) no conjunto de municípios prioritários para o balanço hídrico qualitativo na BH do Rio Grande – [Municípios críticos]	Universalização do esgotamento sanitário (rede coletora e tratamento) em duas unidades de planejamento de RH na BH do Rio Grande (GD07 e UGRHI08), sendo a primeira em Minas Gerais e a segunda em São Paulo

É importante ressaltar a necessidade de embasar melhor os valores adotados para a valoração dos benefícios de tratamento de efluentes, sobretudo os valores de DAP aplicáveis à região. Isto, no entanto, não desqualifica o exercício de adotar tais elementos na ACB Preliminar com valores aproximados ou fictícios, que permitam uma avaliação mais refinada da sua importância relativa nos indicadores finais, via, sobretudo, análise de sensibilidade (componente da análise de risco). Tal exercício embasará maior ou menor enfoque necessário na ACB Completa dos empreendimentos.

Dado o caráter paramétrico da valoração dos benefícios gerados pelo tratamento de esgotos, o anexo digital traz na aba denominada “5_controle” a possibilidade de se configurar os resultados da ACB Preliminar para diversas considerações de cômputo da ACB, incluindo a desconsideração tanto dos custos como dos benefícios do componente de tratamento de esgotos, resultando em uma ACB tão somente da universalização do aporte de rede coletora de esgotos.

A lista abaixo apresenta os controles e premissas listados na aba “5_controle” da planilha anexa:

- Quanto aos benefícios do aporte de rede coletora de efluentes:
 - O benefício da maior cobertura do serviço de coleta é compilado por meio da média aritmética dos três métodos de valoração discutidos no item 4.1.1: (i)



proxy da DAP pelo CMLP (custo marginal de longo prazo); (ii) *proxy* da DAP pela valorização imobiliária; e (iii) *proxy* da DAP na região de estudo pela DAP da Região Metropolitana de São Paulo para coleta e tratamento de esgotos, oriunda do Programa de Despoluição do Rio Tietê.

- O benefício dos impactos na saúde é plenamente considerado como *default*, mas há opção de não o fazer, para que se teste o efeito de seus resultados em relação às demais categorias de benefícios.
- Quanto aos benefícios do tratamento de esgotos:
 - Tanto os custos como os benefícios do tratamento de esgotos são computados de forma *default*, mas se pode optar por desconsiderá-los, retornando uma ACB exclusivamente do aporte de rede coletora de esgotos.
 - O benefício da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos é considerado na ACB - *default* - por meio da premissa apresentada no item 4.2.1, de equivalência ao incremento de uso de 1% dos recursos hídricos pelos setores usuários. Tem-se a opção, no entanto, de se desconsiderar tal benefício ou ainda alterar o parâmetro de variação.
 - Ainda sobre o benefício da liberação de recursos hídricos, opta-se por utilizar como valor de base para sua monetização o valor de eficiência hídrica de uso setorial, e não a geral, embora se tenha deixado esse segundo valor como opção (ambos conforme o CEAA). O valor do benefício geral é bastante inferior ao setorial.
 - O benefício de não-uso, conforme descrito no item 4.2.2, é desconsiderado por *default*, uma vez que representa uma equivalência da disposição a pagar inglesa com a brasileira, o que não é razoável de se supor dadas as diferenças culturais, na disponibilidade de pagar e nas diferenças nos próprios recursos hídricos. Não obstante, a aba de controle permite simular a diferença que esta consideração de equivalência produziria nos resultados da ACB Preliminar, ensejando a pertinência de uma avaliação nacional a posterior.
 - O benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos hídricos é considerado *default*, podendo-se retirá-lo para consideração de seu impacto individual nos resultados.
 - Ao se optar pela desconsideração dos três benefícios do tratamento de esgotos, mas manter a 1ª opção selecionada de forma positiva, os resultados da ACB representariam a totalidade dos custos (coleta e tratamento) sendo suportados pelos benefícios exclusivos da coleta de esgotos.

Dada as possibilidades de se testar resultados sob configurações de projeto e de métodos de valoração distintas, apresentam-se aqui os resultados da configuração padrão (*default*) de análise, que considera os seguintes controles e premissas:



Tabela 6-2 - Configuração da ACB default

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração Default
Coleta de esgotos		
Benefício da maior cobertura do serviço de coleta: método de valoração	Média dos três métodos	Média dos três métodos
Benefício dos impactos na saúde: considerar na ACB	Sim, considerar	Sim, considerar
Tratamento de esgotos		
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Sim, considerar	Sim, considerar
Benefício da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos: considerar na ACB	Sim, considerar	Sim, considerar
Valor para monetização do benefício da liberação de recursos hídricos (R\$/m ³)	Valor de eficiência hídrica setorial	Valor de eficiência hídrica setorial
Benefício de Não-Uso: considerar na ACB	Não, desconsiderar	Não, desconsiderar
Benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos: considerar na ACB	Sim, considerar	Sim, considerar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

6.2 ANÁLISE DOS INDICADORES DE VIABILIDADE

Mediante a adoção da configuração padrão (*default*) e com o fluxo de caixa projetado e reduzido a um valor comum e mesma base temporal, com a aplicação da Taxa Social de Desconto no valor de 8,5% ao ano, os seguintes indicadores econômicos são computados:

- **Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL):** a diferença entre o VSPL do cenário alternativo e base – representa o benefício ou custo social líquido do projeto trazido a valor presente com desconto pela TSD;
- **Valor Anual Equivalente (VAE):** valor que, se recebido anualmente pela vida útil do projeto, teria o mesmo Δ VSPL que o próprio projeto;
- **Taxa de Retorno Econômica (TRE):** a taxa de desconto que resulta em um valor igual a zero para o Δ VSPL, corresponde ao retorno socioeconômico do projeto;



- **Índice Benefício-Custo (B/C):** dado pelo quociente entre os valores presentes de benefícios e custos econômicos.

A tabela abaixo traz os resultados destes indicadores para as duas alternativas de projeto, onde se observa que ambas as configurações de atendimento a 40 municípios com universalização de coleta e esgotamento sanitário na bacia do rio Grande apresentam um Δ VSPL positivo, com a TRE significativamente acima da Taxa Social de Desconto.

A TSD foi determinada pela Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura do Ministério da Economia (Nota Técnica nº 19.911/2020)⁴⁵ para aplicação em análises custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura em 8,50% ao ano, refletindo a percepção da sociedade quanto ao custo de oportunidade do capital para novos investimentos.

Tabela 6-3 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica de Universalização dos SES em municípios selecionados da Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Indicadores da ACB social	Alternativa 1 (Municípios críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 1.346,92	R\$ 693,16
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL)	R\$ 583,31	R\$ 518,51
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 54,28	R\$ 48,25
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	17,50%	34,74%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97

Ambas as alternativas se apresentam custo-benéficas, tendo valores presente líquidos de custos que são amplamente superados pelos equivalentes em benefícios econômicos. Segundo Manual ACB Infra Hídrica, quando o resultado da TRE é acima de 11,4%, como é o caso (com folga) para ambas as alternativas, o projeto pode ser considerado viável mediante realização de análise de sensibilidade e de riscos padrão. Caso a TRE se apresentasse entre o valor da TSD (8,5%) e 11,4%, o resultado também seria classificado como viável, porém deveria ser submetido à análise probabilística de riscos para permitir inferir sobre sua robustez.

Embora ambas as alternativas se justifiquem, os custos e os benefícios sociais (a valores presentes) são bastante distintos. Os custos da alternativa 1 são superiores em praticamente 4 vezes aqueles necessários para se universalizar os SES na alternativa 2. Os benefícios, no entanto, são gerados em maior proporção na alternativa 2, rendendo um B/C de praticamente 4 contra 1,8.

⁴⁵ Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-externo/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio>https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2020/nt_taxa_social_vf.pdf/view



Como o Δ VSPL dos benefícios é maior na alternativa 1, por compreender municípios mais populosos e com custos e benefícios mais volumosos, o valor anual equivalente (VAE) é ainda superior na alternativa 1, mesmo tendo essa uma razão benefício-custo inferior, ressaltada pela TRE de 17% contra 34% da alternativa 2.

Em termos absolutos, portanto, a alternativa 1 seria a melhor das opções, haja vista que resulta em um valor anual equivalente (expressando o ganho líquido anual para a sociedade) maior do que a alternativa 2, concomitante a atender um maior número de pessoas e melhorar a qualidade hídrica de mais trechos de rio na bacia hidrográfica. Mesmo tendo uma taxa de retorno econômica menor, as demais características fazem da alternativa 1 a mais adequada.

Ideal, certamente, seria realizar ambas, pois não são alternativas concorrentes:

- Ambas as alternativas são custo-benéficas, notando-se haver sobreposição no atendimento a seis municípios - Passos, Pratápolis, São Sebastião do Paraíso, Batatais, Franca e Pedregulho;
- A universalização da coleta e do tratamento dos esgotos em ambas as alternativas é desejável sob o ponto de vista societário, além de ser prescrita pela legislação;
- A restrição, para a consecução de ambas as alternativas, é o valor de investimento que ensejam, demandando configurações de projeto para poder pleitear financiamento, determinar as companhias de saneamento responsáveis e outras configurações pertinentes às etapas posteriores de análise dos projetos.

Dada a lógica proposta para o exercício de comparação, que é o de priorizar recursos escassos para a condução da universalização, no entanto, a alternativa 2 é preferível. O mesmo quantitativo de municípios, nos casos analisados, traz necessidades de custos e geração de benefícios bastante distintos em porte, como é ilustrado na Tabela 6-4 pelos benefícios anuais (em valores de 2020) que se pode esperar.

Tabela 6-4 - Benefícios anuais das duas Alternativas analisadas

Benefícios da ACB social		Alternativa 1 (Municípios críticos)		Alternativa 2 (2 sub-bacias)	
		R\$, milhões (Δ VSPL)	%	R\$, milhões (Δ VSPL)	%
Aporte de Rede coletora	Benefício da maior cobertura do serviço de coleta	314,57	23	50,03	7
	Benefício dos impactos na saúde	26,39	2	28,27	4
Tratamento de Esgoto	Benefício da liberação de recursos hídricos	984,00	73	609,34	88
	Benefício de Não-Uso (desconsiderados na configuração <i>default</i>)	0,00	0	0,00	0
	Benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos	21,96	2	5,53	1



A alternativa 1, que se aplica nos municípios críticos da bacia - que também estão dentre os maiores em termos populacionais - apresenta uma razão de seis vezes mais quanto à DAP pela maior cobertura do serviço de coleta de esgotos (R\$ 315 milhões em VPL contra R\$ 50 na alternativa 2), mesmo com custos cerca de 4 vezes maiores. Já em relação ao benefício trazido pela redução dos impactos na saúde, tem-se uma inversão, pois os benefícios trazidos pela alternativa 2 são ligeiramente maiores, mesmo atendendo a um total de 28 mil pessoas com rede coletora contra 174 mil na alternativa 1. Essa diferença é explicada pela maior incidência das doenças gastrointestinais nas regiões da segunda alternativa, concedendo a estes resultados uma maior importância relativa.

Ainda outra diferença marcante entre as alternativas é a encontrada na proporção dos benefícios gerados pela liberação de recursos hídricos pelo tratamento de esgotos. A alternativa 1 gera tais benefícios em razão apenas 1,6 vezes maior do que a alternativa 2, mesmo abrangendo municípios mais ricos (PIB de R\$ 112 bi versus R\$ 32 bi, respectivamente). Isso decorre, em partes, da presença de indústrias que captam volumes significativos de água na alternativa 2, de forma mais do que proporcional à alternativa 1. A análise de sensibilidade, componente da análise de risco e apresentada a seguir, traça um contraponto à essa situação ao compilar os resultados da ACB desconsiderando os benefícios da liberação de recursos pelo tratamento de esgotos.



7. ANÁLISE DE RISCO

A análise de risco se divide em análise de sensibilidade a parâmetros-chave (7.1), análise qualitativa de riscos (7.2) e análise probabilística (7.3), seguindo instruções do Manual ACB Infra Hídrica e do Guia Geral de ACB.

7.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

O presente item apresenta análise dos resultados da ACB considerando modificações às principais configurações da análise, salientando os efeitos de cada escolha para a produção dos resultados que espelhem os anseios da valoração das consequências econômicas da universalização dos serviços de esgotamento sanitário. As análises são realizadas sempre em comparação aos resultados da ACB *default*, já apresentada no item 6.1, mantendo-se os demais parâmetros constantes.

7.1.1 Default x Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos

A primeira das configurações alternativas de análise é aquela que desconsidera os custos e os benefícios do tratamento de esgotos, resultando, na prática, em uma ACB exclusiva da rede coletora. Uma das perguntas que se intenta responder com essa configuração é:

- Caso o projeto fosse exclusivamente para o aporte de rede coletora de esgotos, seria ele custo/benéfico?

As demais configurações, inclusive das duas alternativas, permanecem inalteradas. Na aba “5_controle”, a seguinte alteração é realizada.

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração Default
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Não, desconsiderar	Sim, considerar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

A Tabela 7-1 traz os resultados comparados dos indicadores para as duas alternativas de projeto refletindo os custos e os benefícios exclusivos da rede coletora de esgoto. A resposta à pergunta realizada é de que há custo-benefício para um projeto exclusivo de rede coletora, muito embora os indicadores da ACB de ambas as alternativas se reduzam significativamente.

Tabela 7-1 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica Default x Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos

Indicadores da ACB social	Configuração Default		Apenas rede coletora de esgoto	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 1.346,92	R\$ 693,16	R\$ 297,80	R\$ 71,63



Indicadores da ACB social	Configuração <i>Default</i>		Apenas rede coletora de esgoto	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL)	R\$ 583,31	R\$ 518,51	R\$ 50,51	R\$ 8,85
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 54,28	R\$ 48,25	R\$ 4,70	R\$ 0,82
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	17,50%	34,74%	10,53%	9,92%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97	1,20	1,14

Diferentemente da configuração *default*, ambas as alternativas se apresentam mais próximas do limiar da viabilidade, podendo ser consideradas como viáveis por apresentarem uma TRE entre 8,5% e 11,4%. Seria recomendável, no entanto, proceder à análise probabilística de riscos para permitir ao gestor do projeto melhor inferir sobre a robustez do resultado apresentado.

O valor presente líquido dos custos é bastante distinto daqueles obtidos via consideração plena do tratamento de esgoto, uma vez que o custo de operação e manutenção das ETES é de grande monta comparado com o custo equivalente da rede coletora, embora o dispêndio inicial desta seja muito superior, em CapEx, do que aquele. O Δ VSPL dos custos da rede coletora (apenas) é de praticamente a metade do Δ VSPL dos custos da universalização dos SES com rede e tratamento, ao longo do ciclo de 30 anos analisado.

Os benefícios, no entanto, não seguem a mesma proporção de redução: na alternativa 1, o Δ VSPL dos benefícios exclusivos da rede é 4,5 vezes menor do que aqueles que somam os benefícios da rede com os da liberação de recursos hídricos; na alternativa 2, a comparação equivalente rende uma fração ainda mais intensa, com uma diferença de 9,7 vezes.

A análise, que explica a bruta queda nos índices de B/C, aponta para a grande importância que os benefícios da liberação de recursos hídricos apresentam - preponderantes na viabilização dos projetos. Ou seja, os benefícios da liberação de recursos hídricos conseguem não apenas apresentar resultados de plena viabilidade para a ACB (índices B/C de 1,8 e 3,9 nas alternativas 1 e 2, respectivamente), como o fazem incluindo os custos de CapEx e OpEx relativos ao tratamento de esgotos, viabilizando também a rede coletora.

Essa análise responde positivamente a seguinte pergunta:

- Caso o tratamento dos esgotos e a melhora da qualidade da água dos rios beneficiados promova um benefício econômico equivalente ao aumento no uso em 1% pelos demais usuários da água, o projeto se torna custo/benéfico?

Retomando-se as discussões apostas no início do item 4.2.1, questiona-se se não estariam superestimados os resultados deste benefício - conforme investiga-se no item 7.1.4 (mais abaixo).



7.1.2 Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com métodos de valoração distintos

Com base na primeira configuração alternativa (7.1.1), que simulou a ACB exclusiva para o aporte de rede coletora, desvendou-se a queda na viabilidade social, porém ainda com benefícios sociais superando os custos sociais. Conforme descrito no item 4.1, a valoração dos benefícios do aporte da rede coletora foi realizada com base na média aritmética dos três métodos de valoração.

As configurações alternativas aqui investigadas, assim, abordam o papel da metodologia de valoração da disposição a pagar (DAP) dos usuários pela coleta e afastamento dos esgotos.

A pergunta que se intenta responder é:

- Caso a *proxy* da DAP do usuário dos 40 municípios atendidos pelo aporte de rede coletora de esgotos se aproxime de um dos três métodos de valoração, haveria alteração nos resultados de viabilidade do projeto?

Para se obter os resultados dessa configuração, alteram-se as seguintes opções na aba "5_controle" (com as demais premissas e controles mantidos constantes no *default*):

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração comparativa
Benefício da maior cobertura do serviço de coleta: método de valoração	CMLP (custo marginal de longo prazo)	Média dos três métodos
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Não, desconsiderar	Não, desconsiderar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

Nota-se que a presente configuração exclui os custos e os benefícios do tratamento de esgotos, no intuito de analisar apenas o efeito da alteração da *proxy* da DAP para a rede coletora de esgotos.

A Tabela 7-2, Tabela 7-3 e Tabela 7-4 apresentam, respectivamente, os resultados comparados dos indicadores de viabilidade do projeto para as duas alternativas, considerando a valoração pelo método da CMLP, valorização imobiliária e DAP da Região Metropolitana de São Paulo. A resposta à pergunta idealizada é que a escolha do método balizador da DAP é definidora dos resultados de análise, podendo esta ser ou não viável a depender da escolha realizada.

Tabela 7-2 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com média dos três métodos x Valoração pela CMLP

Indicadores da ACB social	Valoração do aporte de rede por método <i>default</i> (média dos três métodos)*		Valoração do aporte de rede pelo método CMLP*	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78



Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 297,80	R\$ 71,63	R\$ 221,31	R\$ 62,88
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSP)	R\$ 50,51	R\$ 8,85	-R\$ 25,98	R\$ 0,10
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 4,70	R\$ 0,82	-R\$ 2,42	R\$ 0,01
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	10,53%	9,92%	7,39%	8,52%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,20	1,14	0,89	1,00

* Ambos desconsiderando-se os custos e benefícios do tratamento de esgotos.

Tabela 7-3 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com média dos três métodos x Valoração pela Valorização imobiliária

Indicadores da ACB social	Valoração do aporte de rede por método <i>default</i> (média dos três métodos)*		Valoração do aporte de rede pelo método Valorização imobiliária*	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 297,80	R\$ 71,63	R\$ 494,20	R\$ 100,37
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSP)	R\$ 50,51	R\$ 8,85	R\$ 246,92	R\$ 37,60
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 4,70	R\$ 0,82	R\$ 22,98	R\$ 3,50
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	10,53%	9,92%	17,35%	14,10%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,20	1,14	2,00	1,60

* Ambos desconsiderando-se os custos e benefícios do tratamento de esgotos.

Tabela 7-4 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos com valoração média dos três métodos x DAP da Região Metropolitana de São Paulo

Indicadores da ACB social	Valoração do aporte de rede por método <i>default</i> (média dos três métodos)*		Valoração do aporte de rede pela DAP da Região Metropolitana de São Paulo*	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 297,80	R\$ 71,63	R\$ 177,88	R\$ 51,64
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSP)	R\$ 50,51	R\$ 8,85	-R\$ 69,40	-R\$ 11,13
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 4,70	R\$ 0,82	-R\$ 6,46	-R\$ 1,04
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	10,53%	9,92%	5,43%	6,61%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,20	1,14	0,72	0,82

* Ambos desconsiderando-se os custos e benefícios do tratamento de esgotos.



Observa-se que a viabilidade da alternativa 1, nesta configuração que não contempla o tratamento de esgotos, é dependente do método de valorização imobiliária, que traz os valores mais altos de benefícios. A alternativa 2 é, nesse sentido, é ligeiramente mais robusta, pois dois dos três métodos resultam em indicadores positivos (muito embora o método do CMLP renda uma relação praticamente neutra).

A recomendação do Manual ACB Infra Hídrica em utilizar como método padrão a CMLP advém de sua possibilidade de refletir, com mais acurácia, a DAP local, haja vista que é compilada com base nos dados da prestação de serviços de esgotamento sanitário que já ocorrem na região de interesse. O método alternativo de valorização imobiliária, tal como calculado, utilizou de um parâmetro de diferenciação de valor para o aluguel de ordem nacional, que pode não representar as condições locais.

Já o método da DAP de outro local, agindo aqui como uma transferência de benefício, indica que não há viabilidade para o projeto exclusivo de coleta (para o qual a DAP é de R\$ 18,80 por dom/mês ao invés de R\$ 34,87 dom/mês para o projeto que inclui o tratamento).

A análise reforça a opção *default* pelo uso da média dos três métodos, uma vez que não há, nessa etapa preliminar, conhecimento da DAP efetiva para o local de projeto.

7.1.3 Resultados exclusivos da rede coletora de esgotos x Desconsideração dos benefícios de saúde

Esta terceira configuração investiga o papel do benefício dos impactos na saúde, ainda tendo como base a primeira configuração alternativa (7.1.1), que simula a ACB exclusiva para o aporte de rede coletora (desconsiderando-se o tratamento de esgotos, seus custos e benefícios). Questiona-se:

- Caso os benefícios dos impactos de saúde sejam desconsiderados da ACB da rede coletora de esgotos, como se alterariam os resultados? Tem-se em tais benefícios uma categoria relevante?

Para se obter os resultados dessa configuração, alteram-se as seguintes opções na aba "5_controle" (com as demais premissas e controles mantidos constantes no *default*):

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração comparativa
Benefício dos impactos na saúde: considerar na ACB	Não, desconsiderar	Sim, considerar
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Não, desconsiderar	Não, desconsiderar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

A Tabela 7-5 apresenta os resultados comparados dos indicadores para as duas alternativas de projeto refletindo os resultados da configuração realizada. A resposta à pergunta aposta é que sim, os resultados são importantes, muito embora agreguem valores menores do que a DAP dos usuários pelo acesso à rede. Caso seja desconsiderada, os índices de B/C das alternativas passam a ser menos atrativos.



Em especial, ressalta-se a alternativa 2, que apresentava um $\Delta VSPL$ de cerca de R\$ 9 milhões, passa a destruir R\$ 19 milhões caso haja a desconsideração dos benefícios dos impactos na saúde, apresentando um índice benefício-custo menor que a unidade (0,69). Trata-se de um conjunto de municípios mais sensível às melhoras nas condições de saúde, pois a relevância dessa categoria de benefícios é maior, proporcionalmente, do que na alternativa 1, que traz um conjunto de municípios de maior porte e de melhores condições de saúde no cenário base, onde os impactos do aporte de rede coletora geram benefícios menos intensos na redução do custo da doença.

No conjunto de municípios da alternativa 1, a redução do $\Delta VSPL$ é de R\$ 27 milhões (passando de positivos R\$ 51 para ainda positivos R\$ 24 milhões). O índice B/C cai de 1,20 para 1,10, indicando a importância da categoria de benefícios mesmo para estes municípios menos sensíveis ao tema.

Importante ressaltar que a bacia do rio Grande congrega municípios com altos índices de desenvolvimento, onde os impactos da rede coletora na saúde são menos relevantes que aqueles esperados em regiões do país que partem de condições piores de cobertura de esgoto e de níveis de saúde em geral.

Tabela 7-5 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica com resultados exclusivos da rede coletora de esgotos x Desconsideração dos benefícios de saúde

Indicadores da ACB social	Apenas rede coletora		Desconsideração dos benefícios de saúde*	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78	-R\$ 247,28	-R\$ 62,78
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 297,80	R\$ 71,63	R\$ 271,40	R\$ 43,36
Valor Social Presente Líquido Comparativo ($\Delta VSPL$)	R\$ 50,51	R\$ 8,85	R\$ 24,12	-R\$ 19,41
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 4,70	R\$ 0,82	R\$ 2,24	-R\$ 1,81
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	10,53%	9,92%	9,49%	5,10%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,20	1,14	1,10	0,69

* Ambos desconsiderando-se os custos e benefícios do tratamento de esgotos.

7.1.4 Parâmetro mínimo de liberação de recursos hídricos

A presente análise é realizada com base na consideração do projeto completo, abordando a coleta e o tratamento de esgotos. Para se obter os resultados dessa configuração, alteram-se as seguintes opções na aba "5_controle" (com as demais premissas e controles mantidos constantes no *default*):



Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração comparativa
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Sim, considerar	Sim, considerar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

A partir da conclusão apresentada no item 7.1.1, de que os benefícios da liberação de recursos hídricos são determinantes para a viabilidade do projeto de universalização dos SES em ambas as alternativas analisadas, questiona-se:

- Qual seria o aumento equivalente no uso do recurso água, promovido pela sua liberação em melhor qualidade, que tornaria o projeto economicamente neutro?

Para abordar essa questão, utilizou-se do recurso de atingir meta na planilha eletrônica, com o objetivo de se alcançar um índice de B/C igual a unidade a partir da alteração do parâmetro de 1% de aumento no uso dos recursos hídricos. A Tabela 7-6 traz os resultados comparados dos indicadores para as duas alternativas de projeto refletindo o parâmetro mínimo para a promoção da liberação de recursos hídricos qualitativos. Os resultados apontam para um parâmetro de 0,41% na alternativa 1 e de 0,15% na alternativa 2.

Tabela 7-6 - Parâmetro de aumento na demanda hídrica pela liberação de recursos hídricos de qualidade

	Configuração Default		Parâmetro para a inversão da viabilidade ($\Delta VSPL = zero$)	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Parâmetro de aumento na demanda hídrica pela liberação de recursos hídricos de qualidade	1,00%	1,00%	0,41%	0,15%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97	1,00	1,00

Pelos resultados obtidos, tem-se que acréscimos de apenas 0,41% e 0,15% (alternativas 1 e 2, respectivamente) na demanda hídrica dos municípios considerados seriam suficientes para igualar os custos e os benefícios da universalização dos SES. Trata-se, sem dúvida, de uma simplificação da realidade, mas que se aproxima da razoabilidade, pois certamente a redução das concentrações de poluição orgânica nos rios da bacia hidrográfica do rio Grande possibilitará usos mais nobres - no mais das vezes associados à geração de maiores valores econômicos.

- O parâmetro de 1% é baixo, portanto, é razoável esperar que se concretize? Ou seria este valor alto, sendo, portanto, arriscado esperar que se concretize?

Quanto à questão acima, que havia sido previamente levantada no item 4.2.1, tem-se a sinalização de que o parâmetro adotado é razoável, podendo-se esperar que se concretize.



7.1.5 Default x Valoração da liberação de recursos hídricos com referência geral de valor ao invés de setorial

Esta configuração alternativa investiga ainda outra variação sobre a valoração dos benefícios da liberação de recursos hídricos gerados pelo tratamento de esgotos. A pergunta que se intenta responder é:

- Quão sensível é a alocação de valor setorial para a monetização do benefício da liberação de recursos hídricos? Caso essa valoração seja realizada pelo indicador de eficiência hídrica para o total das atividades econômicas, de R\$ 1,57 por m³ na região Sudeste (desconsiderando-se os valores específicos setoriais), o projeto se manteria custo/benéfico?

Para se obter os resultados dessa configuração, altera-se a seguinte opção na aba "5_controle" (com as demais premissas e controles mantidos constantes no *default*):

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração Default
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Sim, considerar	Sim, considerar
Valor para monetização do benefício da liberação de recursos hídricos (R\$/m ³)	Valor de eficiência hídrica geral (menor)	Valor de eficiência hídrica setorial

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

A Tabela 7-7 traz os resultados comparados dos indicadores para as duas alternativas de projeto refletindo os resultados da configuração realizada. A resposta à pergunta realizada é que há grande sensibilidade, que pode ser considerada como crítica. Não há custo-benefício para nenhuma das alternativas caso seja considerado o valor de eficiência geral (em detrimento ao setorial) para a monetização do benefício da liberação de recursos hídricos.

Tabela 7-7 - Indicadores da ACB Preliminar Econômica Default x Resultados com valor de eficiência geral para a monetização do benefício da liberação de recursos hídricos

Indicadores da ACB social	Configuração Default		Valor de eficiência geral e não setorial para valoração do benefício da liberação de recursos hídricos	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 1.346,92	R\$ 693,16	R\$ 390,43	R\$ 99,58
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL)	R\$ 583,31	R\$ 518,51	-R\$ 373,18	-R\$ 75,08
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 54,28	R\$ 48,25	-R\$ 34,72	-R\$ 6,99
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	17,50%	34,74%	0,43%	1,74%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97	0,51	0,57



Observa-se com facilidade que não haveria viabilidade econômica em nenhuma das alternativas, com destruição significativa de R\$ 373 milhões e R\$ 75 milhões nas alternativas 1 e 2, respectivamente. Caso o parâmetro da relação física (selecionado em 1% como *default*) da liberação dos recursos hídricos fosse ser alterado, com a presente configuração de valor para sua monetização (R\$ 1,57/m³), este teria de ser de 11,85% e 5,99% (alternativas 1 e 2, respectivamente).

A realização de tal incremento no consumo hídrico dada a liberação de recursos qualitativos já apresenta uma factibilidade bastante questionável, demonstrando a importância de se ter valores econômicos de confiança, como é o caso dos resultados obtidos pelo Contas Econômicas Ambientais da Água (ANA e IBGE, 2020), para os quais se tenha confiança quanto ao valor utilizado para a monetização do benefício.

7.1.6 Default x Consideração exclusiva dos benefícios dos valores de não-uso

A penúltima configuração alternativa dos benefícios investiga o papel da consideração dos valores de não-uso para a valoração dos benefícios do tratamento de esgotos. A pergunta que se intenta responder é:

- Quão relevantes podem ser os benefícios de não-uso? Caso a valoração do tratamento de esgotos se dê exclusivamente por estes (desconsiderando-se os benefícios da liberação de recursos hídricos e das externalidades positivas aos serviços ecossistêmicos), o projeto ainda seria custo/benéfico?

Para se obter os resultados dessa configuração, alteram-se as seguintes opções na aba "5_controle" (com as demais premissas e controles mantidos constantes no *default*):

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração Default
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Sim, considerar	Sim, considerar
Benefício da liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos: considerar na ACB	Não, desconsiderar	Sim, considerar
Benefício de Não-Uso: considerar na ACB	Sim, considerar	Não, desconsiderar
Benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos: considerar na ACB	Não, desconsiderar	Sim, considerar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.

A Tabela 7-8 traz os resultados comparados dos indicadores para as duas alternativas de projeto refletindo os resultados da configuração realizada. A resposta à pergunta é que há significativo potencial da consideração dos valores de não-uso, mas caso estes sejam substitutos aos benefícios da liberação de recursos hídricos e da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos, as alternativas não permanecem custo-benéficas. Reforça-se que esse benefício não é considerado na análise *default* devido à falta de parâmetro nacional para sua valoração.

A geração de R\$ 256 milhões e R\$ 68 milhões (VPL das alternativas 1 e 2, respectivamente) que se faz possível com o benefício de não-uso reflete a DAP para melhoria da qualidade



de corpos d'água com base no Reino Unido. Muito embora se tenha utilizado da DAP inglesa para balizar o valor de não-uso dado à melhora da qualidade da água (e por isso desconsiderada na configuração *default*), nota-se pela presente análise de sensibilidade que se trata de um benefício relevante.

Caso fosse realizada a inclusão desse benefício na análise, o índice de B/C das alternativas 1 e 2 seria, respectivamente, de 2,10 (ao invés de 1,76) e de 4,26 (ao invés de 3,97).

Com base nestes achados, recomenda-se investir em pesquisa de valoração contingente para que se derive a DAP nacional pela melhora na qualidade da água.

Tabela 7-8 - Indicadores da ACB Default x Resultados com valoração do tratamento de esgotos apenas pelos valores de não-uso

Indicadores da ACB social	Configuração Default		Valoração do tratamento de esgotos apenas pelos valores de não-uso	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 1.346,92	R\$ 693,16	R\$ 597,08	R\$ 146,70
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSP)	R\$ 583,31	R\$ 518,51	-R\$ 166,53	-R\$ 27,96
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 54,28	R\$ 48,25	-R\$ 15,50	-R\$ 2,60
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	17,50%	34,74%	5,23%	6,19%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97	0,78	0,84

7.1.7 Default x Desconsideração dos benefícios da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos

Esta última configuração alternativa dos benefícios investiga o papel das externalidades positivas aos serviços ecossistêmicos. Pode-se questionar:

- Quão relevantes são os benefícios da externalidade aos serviços ecossistêmicos? Caso sejam desconsiderados, haverá inversão de resultados?

Para se obter os resultados dessa configuração, alteram-se as seguintes opções na aba "5_controle" (com as demais premissas e controles mantidos constantes no *default*):

Possibilidades de configuração	Configuração analisada	Configuração Default
Considerar os CUSTOS e os BENEFÍCIOS do Tratamento de esgoto*	Sim, considerar	Sim, considerar
Benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos: considerar na ACB	Não, desconsiderar	Sim, considerar

* Caso desconsiderado, ACB reflete apenas o aporte de rede coletora de efluentes.



A resposta à pergunta é que não há significativa diferença nos resultados com base na desconsideração, *ceteris paribus*, do benefício da externalidade positiva. O Δ VSPL não é grandemente alterado, reduzindo-se em R\$ 22 milhões na alternativa 1 e em R\$ 5,5 milhões na alternativa 2.

Nota-se que a valoração desse benefício é realizada com base no valor da cobrança pelo lançamento de efluentes (R\$/kg/DBO) que é sabidamente aquém do necessário (OECD, op. cit.). Caso haja parâmetro mais fiel da geração dos serviços ecossistêmicos ou mesmo do custo ambiental da poluição hídrica, a valoração deverá revelar maiores valores do que os aqui considerados.

Tabela 7-9 - Indicadores da ACB Default x Desconsideração da valoração da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos

Indicadores da ACB social	Configuração Default		Desconsideração da valoração da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos	
	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)	Alternativa 1 (Mun. críticos)	Alternativa 2 (2 sub-bacias)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66	-R\$ 763,61	-R\$ 174,66
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 1.346,92	R\$ 693,16	R\$ 1.324,97	R\$ 687,63
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL)	R\$ 583,31	R\$ 518,51	R\$ 561,36	R\$ 512,98
Valor Anual Equivalente dos Custos	-R\$ 71,05	-R\$ 16,25	-R\$ 71,05	-R\$ 16,25
Valor Anual Equivalente dos Benefícios	R\$ 125,33	R\$ 64,50	R\$ 123,29	R\$ 63,98
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 54,28	R\$ 48,25	R\$ 52,23	R\$ 47,73
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	17,50%	34,74%	17,20%	34,54%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,76	3,97	1,74	3,94

7.2 ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS

Conforme orientação do Manual ACB Infra Hídrica e Guia Geral de ACB, o presente item deve apresentar a análise qualitativa de riscos, que busca informar o tomador de decisão quanto aos eventos adversos que poderão ocorrer com o projeto durante o prazo de análise.

O presente estudo de caso, no entanto, trata de uma abordagem estratégica e paramétrica que simula a priorização dos investimentos com vistas ao aprimoramento da qualidade das águas, não tendo contornos típicos de um projeto, como agentes financiadores, órgãos intervenientes e outros. Uma vez que não se trata de um projeto



específico, a análise baseada na identificação e avaliação dos eventos adversos, seguido de classificação quanto à probabilidade⁴⁶ e severidade⁴⁷ de ocorrência, não é realizada.

7.3 ANÁLISE PROBABILÍSTICA

Este item apresenta os resultados da análise probabilística dos resultados da ACB para cada uma das duas alternativas, realizada com base na simulação de Monte Carlo. Esse método permite realizar uma leitura estatística de resultados da ACB obtidos por meio de 9.999 simulações que impõe à modelagem variações aleatórias em suas variáveis-chave.

Cada uma das quase dez mil alternativas traz uma composição única, produzindo um range diverso de resultados que, dada sua aleatoriedade, permite inferir conclusões sobre a robustez dos resultados obtidos pela análise *default*, conforme apresentada no capítulo 6. Em suma, o método utiliza da aleatoriedade (pressupondo-se uma distribuição normal) para gerar resultados estatísticos para melhor compreender as incertezas inerentes à modelagem.

Os seguintes parâmetros foram variados de forma aleatória, sendo que não se alterna a taxa social de desconto, pois é definida pelo Ministério da Economia:

- CapEx e OpEx da rede coletora e das estações de tratamento de esgotos no intervalo entre -10% e +100% dos custos estimados, assumindo-se que os orçamentos podem ter sido realizados de forma demasiadamente otimista, refletindo a realidade dos orçamentos nacionais em infraestrutura⁴⁸;
- Parâmetros de valoração para os benefícios da maior cobertura abastecimento humano (CMLP, valorização imobiliária e DAP da Região Metropolitana de São Paulo no intervalo de -50% a +120%, dada a incerteza que se tem sobre seus verdadeiros parâmetros, mas supondo-se que provavelmente estão mais subdimensionados do que superdimensionados;
- Parâmetro de aumento na demanda hídrica pela liberação de recursos hídricos de qualidade entre -70% e 0%, uma vez que se sabe de seu efeito preponderante na valoração e de sua arbitrariedade (embora também de sua plausibilidade);
- Parâmetro de valoração para os benefícios na saúde (redução nas internações e nos óbitos pelo aporte da rede de coleta de esgotos entre -70% e +70%; e

⁴⁶ Quanto à probabilidade de ocorrência: A. improvável (0-10%); B. pouco provável (10-33%); C. probabilidade média (33-66%); D. provável (66-90%); E. muito provável (90-100%).

⁴⁷ Quanto à severidade da ocorrência sobre o bem-estar social gerado pelo projeto: I. nenhum efeito significativo; II. pequena perda (afetando minimamente os efeitos de longo-prazo); III. moderado (há perdas, principalmente danos financeiros); IV. crítico (alto nível de perda, ocorrência compromete as funções primárias do projeto); V. catastrófico (podem resultar em perda grave ou total das funções do projeto).

⁴⁸ BID. De estruturas a serviços: O caminho para uma melhor infraestrutura na América Latina e no Caribe. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2020.



- Valor da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos no intervalo entre -20% e +200%, dada a notória subestimação.

■ Alternativa 1

Uma vez que as rodadas de simulação são aleatórias na alocação das variações, os resultados obtidos podem ser lidos estatisticamente para ponderar sua robustez. Os resultados da simulação de Monte Carlo para a alternativa 1 revelam que há uma chance de 26% do Δ VSPL ser menor do que zero, ou seja, de o projeto não cumprir com seu objetivo de agregar valor social. As quase dez mil simulações revelam que há apenas 1% de probabilidade de o resultado exceder o Δ VSPL *default* de R\$ 583 milhões. Entre estes dois extremos, lê-se uma probabilidade de 73% de o resultado ficar no quadrante positivo, porém menor do que o Δ VSPL *default*.

A tabela abaixo apresenta os resultados para os indicadores da ACB para a alternativa 1.

Tabela 7-10 - Análise de robustez da alternativa 1 (análise de Monte Carlo)

Resultados agregados de 9.999 simulações	Δ VSPL (Valor Social Presente Líquido Comparativo)	VAE (Valor Anual Equivalente)	TRE (Taxa de Retorno Econômico)	B/C (Índice Benefício/Custo)
Indicadores finais da ACB sem variação (<i>baseline</i>)	R\$ 583,31	R\$ 54,28	17,50%	1,76
Média	140,03	13,03	10,35%	1,15
Desvio Padrão	203,62	18,95	2,66%	0,21
Mínimo	-481,94	-44,84	2,86%	0,64
1º Quartil	-3,21	-0,30	8,46%	1,00
Mediana	139,34	12,97	10,24%	1,13
3º Quartil	283,79	26,41	12,15%	1,28
Máximo	872,35	81,17	21,55%	2,17

Os resultados mostram que há muito mais chances de o projeto retornar Δ VSPL positivo do que negativo, uma vez que intervalo entre o 1º quartil (25%) e o 3º quartil (75%), que abriga 50% de chance dos resultados, vai de -R\$ 3 milhões a R\$ 284 milhões positivos. Na média, o Δ VSPL das simulações fica em R\$ 140 milhões positivos, significativamente abaixo do resultado *default*, mas mesmo assim gerador de valor social líquido.

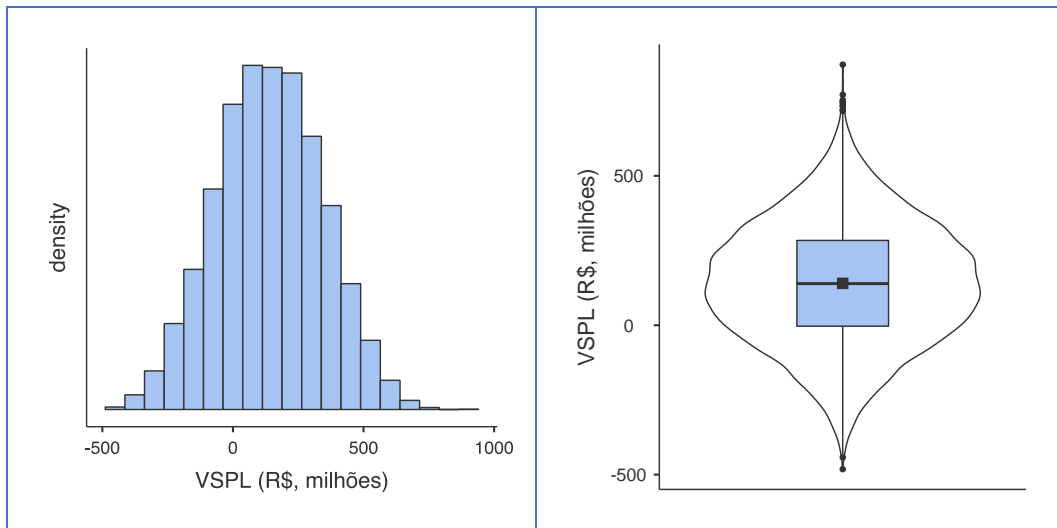


Figura 7.1 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 1 (Δ VSPL, milhões)

Os gráficos acima permitem identificar a função de densidade de probabilidade do Δ VSPL (à esquerda) e o gráfico “violino” (à direita), que apresenta as curvas de densidade dos pontos no entorno do *boxplot*. O *boxplot* permite observar que há uma concentração de pontos discrepantes (*outliers*) para cima e para baixo (resultados mais positivos e mais negativos, respectivamente), assim como permite observar que o resultado médio é idêntico a mediana. Pode-se esperar, com bastante confiança, portanto, que a alternativa 1 seja custo-benéfica, porém agregando possivelmente benefícios menores à sociedade em relação ao que demonstra seu resultado padrão.

A representação da função de densidade das probabilidades permite visualizar o grau de risco da alternativa 1, que é maior do que o da alternativa 2. Ou seja, há chances não irrisórias de se ter menor geração de benefícios do que de custos sociais. Não obstante, sabe-se que o resultado da análise é muito influenciado pela valoração da liberação do recurso hídrico em função do tratamento do esgoto, devendo-se ponderar, na continuidade dos estudos em etapas posteriores, seu impacto nos rios de interesse.

■ Alternativa 2

Os resultados para a alternativa 2 revelam que não há uma chance do Δ VSPL ser menor do que zero, ou seja, de o projeto não cumprir com seu objetivo de agregar valor social. Nota-se que a alternativa é de fato robusta. Em contrapartida, as quase dez mil simulações revelam que há apenas 0,3% de probabilidade de o resultado exceder o Δ VSPL *default* de R\$ 518 milhões. Entre estes dois extremos, claramente, lê-se uma probabilidade de praticamente 100% de o resultado ficar entre zero e o Δ VSPL *default*.

A tabela abaixo apresenta os resultados para os indicadores da ACB para a alternativa 2.

Tabela 7-11 - Análise de robustez da alternativa 2 (análise de Monte Carlo)

Resultados agregados de 9.999 simulações	Δ VSPL (Valor Social Presente Líquido Comparativo)	VAE (Valor Anual Equivalente)	TRE (Taxa de Retorno Econômico)	B/C (Índice Benefício/Custo)
Indicadores finais da ACB sem variação (baseline)	R\$ 518,28	R\$ 41,71	26,94%	2,87
Média	448,28	41,71	26,94%	2,87
Desvio Padrão	27,97	2,60	2,59%	0,34
Mínimo	369,05	34,34	20,98%	2,14
1º Quartil	428,07	39,83	25,02%	2,61
Mediana	448,25	41,71	26,71%	2,83
3º Quartil	468,29	43,57	28,66%	3,08
Máximo	531,40	49,45	36,71%	4,29

O intervalo entre o 1º quartil (25%) e o 3º quartil (75%), que abriga 50% de chance dos resultados, mostra resultados sociais que vão de R\$ 428 milhões a R\$ 468 milhões. Na média, o Δ VSPL das simulações fica em R\$ 448 milhões positivos, ligeiramente abaixo do resultado *default*.

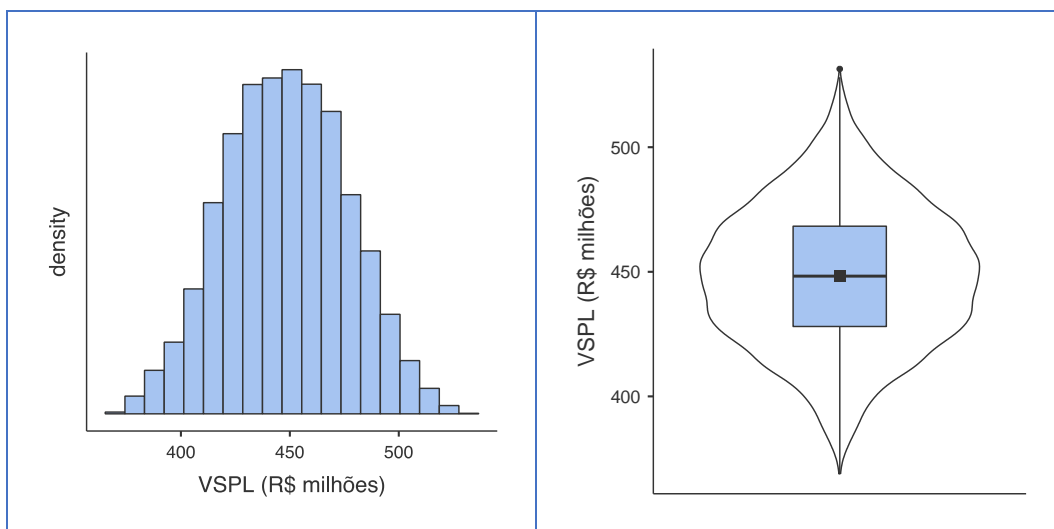


Figura 7.2 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 2 (Δ VSPL, milhões)

Os gráficos acima permitem identificar a função de densidade de probabilidade do Δ VSPL, que não chega a trazer resultados negativos.



8. ANÁLISE DISTRIBUTIVA

Como abordado no Manual ACB Infra Hídrica, a ACB é uma metodologia agregativa (ou seja, seu resultado é fruto da somatória dos benefícios e custos monetizados), logo a distribuição destes entre os beneficiários não é claramente expressa pelos indicadores de viabilidade do projeto e deve, portanto, ser complementada via análise distributiva.

8.1 INCIDÊNCIA DE BENEFÍCIOS E BENEFICIÁRIOS

Com base na valoração dos benefícios da universalização dos serviços de coleta e tratamento de esgotos nos municípios selecionados da bacia do rio Grande, é possível apresentar a distribuição dos benefícios por *stakeholders*, assim identificados pela distribuição dos benefícios.

Tabela 8-1 - Distribuição dos custos e benefícios por stakeholders (R\$, milhões, Δ VSPL)

Benefícios da ACB social		Alternativa 1 (Municípios críticos)		Alternativa 2 (2 sub-bacias)	
		R\$, milhões (Δ VSPL)	%	R\$, milhões (Δ VSPL)	%
Aporte de Rede coletora	Benefício da maior cobertura do serviço de coleta	314,57	23	50,03	7
	Benefício dos impactos na saúde	26,39	2	28,27	4
Tratamento de Esgoto	Benefício da liberação de recursos hídricos	984,00	73	609,34	88
	Benefício de Não-Uso (desconsiderados na configuração <i>default</i>)	0,00	0	0,00	0
	Benefício da externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos	21,96	2	5,53	1

Observa-se que os beneficiários da coleta de esgotos absorvem 25% dos benefícios na alternativa 1 e 11% na alternativa 2. O projeto gera, também, expressivo ganho para os usuários dos recursos hídricos que são beneficiados pela maior disponibilidade de água em melhor qualidade. Trata-se do benefício da liberação de recursos, que representa 73% do total na alternativa 1 e 88% na alternativa 2. São diversos os setores usuários que perfazem tal benefício, dentre eles as indústrias de transformação, as indústrias extrativas, o setor agropecuário e o abastecimento rural. Já a externalidade positiva aos serviços ecossistêmicos hídricos é a mais tímida categoria de beneficiários, representando 2% do total na alternativa 1 e 1% na alternativa 2.

A composição das alternativas do presente estudo de caso considerou desde sua origem as diferenças não agregativas entre os dois conjuntos de 40 municípios contemplados pela alternativa 1 e a alternativa 2. Retoma-se, então, a descrição mais detalhada destas como forma de embasar a análise distributiva.



Tabela 8-2 - Matriz de Stakeholders das alternativas analisadas

Alternativa	Descrição	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Apelido	“Municípios críticos”	“2 sub-bacias”
População total (2020)	2.895.841	983.719
População urbana (2020, estimada)	2.717.117	903.532
População contemplada pelas alternativas	Urbana	Urbana
População urbana beneficiada pela coleta de esgoto	174.518 (equivalente a 5,8% da pop. urbana)	28.992 (equivalente a 2,9% da pop. urbana)
Internações evitadas em 30 anos	2.758	3.229
Dias de internamento evitados em 30 anos	8.679	8.758
Óbitos evitados em 30 anos	35	39
População urbana beneficiada pelo tratamento de esgoto	719.314 (equivalente a 27,5% da pop. urbana)	199.972 (equivalente a 21,1% da pop. urbana)
Trechos de rio críticos sob o aspecto qualitativo	299 trechos	69 trechos
Extensão dos trechos de rio críticos	1.155 km	309 km
PIB dos municípios (2018)	R\$ 112.161.587 mil	R\$ 32.621.860 mil
Participação relativa do VAB (2018)	VAB Agropecuária: 3,6% VAB Indústria: 22,4% VAB Serviços Privados: 60,7% VAB Serviços Públicos: 13,3%	VAB Agropecuária: 9,4% VAB Indústria: 25,6% VAB Serviços Privados: 50,5% VAB Serviços Públicos: 14,5%
Divisão estadual dos municípios	24 mineiros e 16 paulistas	18 mineiros e 22 paulistas

Embora haja sobreposição de seis municípios entre as duas alternativas, elas são não necessariamente concorrentes em termos de soluções e de geração de benefícios. São concorrentes, outrossim, sob o pressuposto de competição pelo recurso público para realizar a universalização dos serviços de esgotamento sanitário nos 74 municípios que compõem o conjunto das duas alternativas.

No sentido de embasar uma decisão de priorização entre as duas alternativas pode-se vislumbrar algumas opções, uma primeira delas sendo a própria limitação orçamentária.



Nesse caso, a alternativa 2 é vantajosa, pois requer investimentos iniciais menores. A população beneficiada, no entanto, é inferior à da alternativa 1, que abrange cidades de maior porte. Em termos de população relativa beneficiada, a alternativa 1 também é mais interessante, pois atende a 5,8% da população urbana com coleta (frente a 2,9% da alternativa 2) e a 27,5% da população com tratamento de esgotos, frente a 21,1% da alternativa 2.

Justamente por abordar cidades mais ricas, pode-se também crer que estas poderiam ter mais facilidade no financiamento à universalização dos SES, rendendo novamente a prioridade para a alternativa 2, que abrange municípios de menor porte e, conseqüentemente, menor capacidade financeira.

O papel dos comitês de bacias afluentes, que atuam nas unidades de gestão de recursos hídricos, pode ser decisivo na priorização das alternativas. Pode-se ter por exemplo, um comitê bastante organizado e com recursos oriundos da cobrança pelos recursos hídricos para contratar os projetos básicos para o conjunto de municípios, dando mais celeridade para os trâmites de início das obras. A alternativa 1, no entanto, dependeria do Comitê de Bacia Federal, que ainda não instituiu a cobrança pelos recursos hídricos e não teria recursos para promover esse importante início.

Outro critério que poderia auxiliar na decisão de priorização são os impactos na saúde. A alternativa 2 provou ser mais sensível a esse benefício, uma vez que sofre mais com doenças gastrointestinais infecciosas. Com base nos dados da valoração dos impactos da saúde, pode-se observar que com um investimento 4 vezes menor, a alternativa 2 consegue evitar ligeiramente mais internações, dias de internamento e óbitos do que a alternativa 1, pois atender a municípios mais carentes em saúde.

Já quanto à questão ambiental, a alternativa 1 seria priorizada, uma vez que promove a melhoria da qualidade da água em mais de um mil quilômetros de trechos de rio na bacia hidrográfica do rio Grande, 3,7 vezes mais do que a alternativa 1.

8.2 EFEITOS DISTRIBUTIVOS

Este último item traz, seguindo o Manual ACB Infra Hídrica e o Guia ACB, a necessidade de maior detalhamento dos efeitos do projeto na população mais vulnerável socioeconomicamente.

A implantação de redes coletoras de esgoto nos municípios selecionados na bacia do rio Grande irá beneficiar a população menos favorecida, que ainda não tem cobertura de rede. Não obstante, tem-se que já há, atualmente, um elevado grau de cobertura de tal serviço. Nos municípios da alternativa 1, tem-se 93% de cobertura com coleta de esgotos; já nos municípios da alternativa 2, tem-se 96% de coleta.

A maior diferença em termos de atendimento à necessidade de coleta esgoto é quanto ao atendimento do tratamento de esgoto, cujos índices agregados de 72% de tratamento na alternativa 1 e de 77% na alternativa 2 ainda rendem, respectivamente, 761 mil e 207 mil pessoas que não têm seus esgotos tratados. O tratamento de esgotos não demanda, no entanto, a consideração de efeitos distributivos entre populações menos favorecidas



Análise custo-benefício de projetos de infraestrutura de energia e recursos hídricos
Licitação: JOF-1934/2020 Contrato: BRA10/694/38391/702/38399/2020

PRODUTO - Relatório de estudo de caso sobre aplicação da ACB Recursos Hídricos -
Tipologia Esgotamento Sanitário - Planejamento na Bacia do rio Grande
RioGrande



pois, como visto nos capítulos 4 e 5, sua valoração se dá sob as externalidades diretas e indiretas que a melhora na qualidade da água promove.

Conclui-se que o projeto, apesar de promover uma melhora no atendimento a uma necessidade, não o faz privilegiando algumas classes sociais em detrimento de outras, de modo que resulta desnecessária a consideração de compensações entre parcelas da sociedade.



Análise custo-benefício de projetos de infraestrutura de energia e recursos hídricos
Licitação: JOF-1934/2020 Contrato: BRA10/694/38391/702/38399/2020

**PRODUTO - Relatório de estudo de caso sobre aplicação da ACB Recursos Hídricos -
Tipologia Esgotamento Sanitário - Planejamento na Bacia do rio Grande
RioGrande**



9. ANEXO 1 – ANEXO DIGITAL – PLANILHA COMPUTACIONAL – ACB ESGOTAMENTO SANITÁRIO