

Estudo de Caso ACB Infraestrutura Hídrica

Tipologia Controle de Cheias: Complexo de Barragens Muriaé



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 Controle de Cheias - Complexo de Barragens Muriaé, 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
Aída Maria Pereira Andreazza
Andrei de Mesquita Almeida
Daniel Thá
Emerson Massaiti Haro
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. APRESENTAÇÃO	7
2. SUMÁRIO EXECUTIVO.....	8
3. FUNDAMENTOS PARA INTERVENÇÃO	11
3.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO	11
3.2 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS	15
3.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ALTERNATIVAS E CENÁRIO BASE	16
3.3.1 Projeto e Alternativas.....	16
3.3.2 Cenário Base.....	19
4. ESTIMAÇÃO DE CUSTOS ECONÔMICOS	22
4.1 DISPÊNDIO DE CAPITAL PARA CRIAÇÃO OU AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE EM INFRAESTRUTURA (CAPEX).....	22
4.1.1 Estimativa de valor residual de investimentos.....	27
4.1.2 Cálculo da desagregação do CapEx	29
4.2 DESPESAS COM GESTÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURA (OPEX)	31
4.2.1 Cálculo da desagregação do OpEx.....	32
4.3 RESULTADOS DE ESTIMATIVA DE CUSTOS ECONÔMICOS	34
5. ESTIMAÇÃO DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS.....	36
5.1 ETAPAS.....	36
5.2 ESTIMATIVA DO VALOR EM RISCO: CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO BASE	37
5.2.1 Levantamento de registros de danos e perdas históricos na região.....	37
5.2.2 Reunião de dados hidrológicos e hidráulicos caracterizando as cheias e inundações.....	42
5.2.3 Elaboração das curvas de probabilidade de excedência de danos	43
5.3 ESTIMAÇÃO DAS PERDAS EVITADAS COM O PROJETO	45
5.4 CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS: PERDAS EVITADAS	46
5.4.1 Perdas evitadas com base em Banco Mundial, 2020	46
5.4.2 Perdas evitadas com base em valoração dos prejuízos privados.....	48
5.5 BENEFÍCIO DA MELHORA NO BEM-ESTAR VIA PROXY DA VALORIZAÇÃO IMOBILIÁRIA	50
5.6 PROJEÇÕES DOS BENEFÍCIOS NO FUTURO	53
5.6.1 Danos e prejuízos econômicos crescentes	53
5.6.2 Mudança do clima	54



5.7	RESULTADOS DOS BENEFÍCIOS DO PROJETO	56
6.	EXTERNALIDADES E EFEITOS INDUTIVOS	58
6.1	ESTIMAÇÃO DE EXTERNALIDADES	58
6.1.1	Externalidades negativas consideradas no CapEx e OpEx.....	58
6.1.2	Serviços ecossistêmicos hídricos	58
6.1.3	Emissão de gases de efeito estufa.....	60
6.2	EFEITOS ECONÔMICOS INDUTIVOS, INDIRETOS E DE SEGUNDA ORDEM.....	61
6.2.1	Avaliação dos Efeitos Econômicos Indutivos	61
6.2.2	Valoração do benefício da indução do investimento	64
7.	INDICADORES DE VIABILIDADE DO PROJETO	65
7.1	INDICADORES DA ACB.....	65
7.2	RESUMO DOS RESULTADOS	68
8.	ANÁLISE DE RISCO	69
8.1	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	69
8.2	ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS.....	74
8.3	ANÁLISE PROBABILÍSTICA	78
9.	ANÁLISE DISTRIBUTIVA.....	82
9.1	INCIDÊNCIA DE BENEFÍCIOS E BENEFICIÁRIOS.....	82
9.2	EFEITOS DISTRIBUTIVOS.....	85
10.	ANEXO 1 – ANEXO DIGITAL – PLANILHA COMPUTACIONAL – ACB COMPLEXO DE BARRAGENS MURIAÉ	86



Índice de Figuras

Figura 3.1 - Mapa da região de interesse - Complexo de Barragens Muriaé.....	13
Figura 5.1 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas sem o projeto (base)	44
Figura 5.2 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com o projeto.....	46
Figura 5.3 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com e sem o projeto	47
Figura 5.4 - Projeções de extremos climáticos.....	55
Figura 5.5 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com e sem o projeto projetados para o ano T30.....	56
<i>Figura 6.1 - Relação entre o VAB Privado (serviços e indústria), o porte populacional e o registro de eventos de inundações e enxurradas (nos últimos vinte anos)</i>	<i>62</i>
<i>Figura 6.2 - Resultados da regressão logística para restrição econômica</i>	<i>63</i>
<i>Figura 6.3 - Resultados da regressão logística para restrição econômica</i>	<i>63</i>
<i>Figura 8.1 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 1 (ΔVSPL, milhões)81</i>	

Índice de Tabelas

Tabela 2-1 - Quadro Resumo dos Resultados do Complexo Muriaé	9
Tabela 3-1 - Mitigação dos Efeitos das Cheias Obtida com a Implantação das Obras Propostas para os Subsistemas 1 e 2 do SIEMEC.....	20
Tabela 4-1 - Formulário de Dados cadastrais e técnicos	23
Tabela 4-2 - Formulário de dados técnicos do empreendimento	24
Tabela 4-3 - Formulário de dados Econômicos - CapEx	24
Tabela 4-4 - Formulário de preços-sombra, fatores de conversão setorial e cambial	26
Tabela 4-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx – Complexo de Barragens Muriaé – Alternativa 1	27
Tabela 4-6 - CheckList de dados prévios de projeto	28
Tabela 4-7 - Estimativa de vida útil de componentes da infraestrutura.....	28
Tabela 4-8 - Tabela CapEx - Complexo de Barragens Muriaé - Alternativa 1	29
Tabela 4-9 - Alíquotas de referência para mão de obra qualificada e não-qualificada conforme componentes do CapEx.....	31
Tabela 4-10 - Tabela OpEx - Complexo de Barragens Muriaé - Alternativa 1.....	33



Tabela 4-11 - Resultados da estimativa dos custos da alternativa 1 (R\$, milhões)	34
Tabela 5-1 - Classificação COBRADE de eventos de interesse, categoria "Naturais", grupo "Hidrológicos"	38
Tabela 5-2 - Eventos de desastres registrados nos municípios de interesse na base CEPED	39
Tabela 5-3 - Categorias do FIDE - Formulário de Informações do Desastre	40
Tabela 5-4 - Perdas (danos e prejuízos) registrados nos municípios de interesse na base CEPED, com valores na data-base de 2020.....	41
Tabela 5-5 - Valores anualizados de perdas esperadas para cada município com e sem o projeto.....	48
Tabela 5-6 – Valores anualizados de pessoas afetadas para cada município com e sem o projeto.....	49
Tabela 5-7 - Parâmetros para a valor da produção cessante das pessoas afetadas.....	50
Tabela 5-8 – Habitações danificadas para cada município com e sem o projeto (valor anualizado).....	51
Tabela 5-9 - Benefício da melhora no bem-estar via proxy da valorização imobiliária	52
Tabela 5-10 - Benefício das perdas evitadas (R\$, milhões).....	57
Tabela 6-1 - Benefício da indução do investimento (R\$, milhões)	64
Tabela 7-1 - Indicadores da ACB Social	65
Tabela 7-2 - Quadro Resumo dos Resultados do Complexo Muriaé	68
Tabela 8-1 - Análise de sensibilidade para identificação de variáveis-críticas	69
Tabela 8-2 - Valores de inflexão para que o $\Delta VSPL$ seja 0 (zero).....	71
Tabela 8-3 - Análise de cenários da alternativa 1 para o $\Delta VSPL$	72
Tabela 8-4 - Análise de sensibilidade para componentes dos benefícios.....	73
Tabela 8-5 – Resumo da análise qualitativa de riscos.....	77
Tabela 8-6 - Análise de robustez da alternativa 1 (análise de Monte Carlo)	80
Tabela 9-1 - Distribuição dos custos e benefícios por stakeholders (R\$, milhões, VPL) ...	83
Tabela 9-2 - Desalojados e desabrigados.....	84



1. APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o resultado do estudo de caso de aplicação da metodologia de Análise Custo-Benefício (ACB) no empreendimento **Complexo de Barragens Muriaé**. Esse empreendimento foi classificado na tipologia **Controle de Cheias**, conforme metodologia apresentada nos documentos Manual de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Infraestrutura Hídrica (Manual ACB Infra Hídrica) e Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (Guia ACB).

O documento está estruturado em 9 capítulos. Além desta apresentação, o capítulo 2 sumariza o estudo de caso. Já o capítulo 3 aborda os fundamentos para intervenção que embasaram a concepção do empreendimento. No capítulo 4 são detalhadas as estimativas de custos econômicos durante o ciclo de vida do projeto, enquanto no capítulo 5 o mesmo é feito para os benefícios antevistos como decorrentes da implantação do empreendimento. O capítulo 6 apresenta as externalidades e os efeitos indutivos.

No capítulo 7 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 8) e distributiva (capítulo 9), 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. SUMÁRIO EXECUTIVO

O projeto em estudo, da tipologia de controle de cheias, trata do problema do elevado grau de risco de tais eventos na bacia do rio Muriaé, entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

O número de desabrigados e desalojados nos municípios devido aos eventos de cheias é bastante significativo, denotando a severidade do problema. Entre os anos de 1991 e 2019, somam-se 17 mil afetados em Carangola, 60 mil em Muriaé, 8 mil em Cardoso Moreira, 27 mil em Itaperuna, 10 mil em Laje do Muriaé e 13 mil em Porciúncula. As perdas econômicas (danos e prejuízos, públicos e privados) são estimadas em R\$ 879 milhões nos últimos vinte anos.

Após os eventos de grandes prejuízos em 2012, desenvolveu-se o estudo Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos das Cheias (SIEMEC), realizado para a bacia do rio Muriaé, e que trouxe a definição de medidas e intervenções com vistas a mitigar os efeitos das cheias nessas bacias, com foco nas seguintes cidades:

- Na bacia do rio Muriaé - sub-bacia do rio Carangola: Carangola e Tombos, municípios de Minas Gerais; e
- Na bacia do rio Muriaé: Mirai e Muriaé, em Minas Gerais, e Porciúncula, Natividade, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira, no estado do Rio de Janeiro.

Especificamente na sub-bacia do rio Muriaé, onde estão situados os barramentos propostos (nos rios Muriaé e Carangola), ocorreram as maiores cheias de caráter regional. São comuns eventos críticos nessa sub-bacia, com cidades atingidas quase que anualmente por inundações em pontos isolados (ANA, 2019).

Essa sub-bacia apresenta área de drenagem de 8.162 km² e abrange 30 municípios, dos quais, Muriaé, Carangola e Itaperuna são os mais importantes. Com exceção das cidades de Mirai e Tombos, todas as demais sedes urbanas situadas na bacia são afetadas por frequentes eventos de inundações.

O estudo SIEMEC, que foi incluído no Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) (ANA, 2019) e habilitado para o Programa de Segurança Hídrica, traz como a principal alternativa (Alternativa 1) para o problema a implantação das seguintes intervenções:

- Três barragens para contenção de cheias, quais sejam: barragens de Carangola (CC-MG-011) e Tombos (CC-MG-012), no rio Carangola e barragem do rio Muriaé, em Muriaé (CC-MG-010), com alturas variando de 14m a 28m
- Obras de canalizações nas áreas urbanas das cidades de Carangola, Porciúncula, Natividade, Mirai, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira, envolvendo canais revestidos em gabião, em sua maioria, um canal revestido em concreto e canais sem revestimento.

Já a Alternativa 2 é constituída apenas por canalizações de travessias de cursos d'água em áreas urbanas, com características semelhantes às obras previstas na Alternativa 1, e também cumpre o mesmo objetivo de evitar inundações dessas áreas, porém implicando



custos mais elevados, devido ao maior porte das obras envolvidas, além da necessidade de maiores desapropriações.

Caso as obras propostas não sejam implantadas, supõe-se que a bacia do rio Muriaé continue sujeita a frequentes episódios de cheias, com inundações das áreas urbanas de vários municípios, do que resultam grandes prejuízos, quer para a população, quer para as prefeituras. Tais prejuízos são potencializados, em grande parte, pelas ocupações irregulares existentes, muitas vezes dentro do leito menor e até mesmo dentro do leito vazante dos cursos d'água que cruzam as áreas urbanas.

Tabela 2-1 - Quadro Resumo dos Resultados do Complexo Muriaé

Alternativa	Indicadores de viabilidade (1º e 3º quartis da análise probabilística)			Resumo dos pontos principais das análises complementares		
	Δ VSPL (R\$, MM)	TRE (%)	Índice B/C (B/C)	Análise de Sensibilidade	Análise Qualitativa de Risco	Análise Distributiva
1- Sistema de barragens e canais	+44,52 (-62 a +73)	10,18 (6,88 a 10,71)	1,21 (0,82 a 1,27)	Alta sensibilidade ao CapEx faz com que haja 48% de chances de o projeto não retornar Δ VSPL positivo. Alta sensibilidade também ao benefício da indução do investimento, pois sem sua consideração, Δ VSPL passa a ser negativo	Alto risco: desatualização da modelagem hidráulico-hidrológica; opção tecnológica analisada não considera interação com demais soluções possíveis, tais como infraestruturas verdes e medidas de gestão - estas se fazem necessárias para reduzir os custos do investimento	O poder público municipal é o principal ator beneficiado, se apropriando de 32%. Os municípios em geral dos locais beneficiados devem se apropriar de 30% dos benefícios, enquanto o setor de serviços privado outros 26%. O projeto não prevê pagamento de tarifas ou subvenções
2- Sistema de canais	-44,92 (-212 a -37)	7,23 (4,41 a 7,63)	0,85 (0,58 a 0,90)			

Das alternativas estudadas, a alternativa 1 é mais custo-benéfica do que a alternativa 2, sendo assim a escolhida para a sequência da avaliação do projeto. Essa opção é realizada com base no custo uma vez que ambas as alternativas são idênticas na produção de benefícios.

A alternativa 1 agrega valor líquido à sociedade, pois seu índice benefício/custo supera a unidade (1,21). Ou seja, o projeto gera benefícios sociais que superam em 21% os custos sociais (VPL dos custos de R\$ 212 milhões contra o VPL dos benefícios de R\$ 256 milhões). Deve gerar valor positivo líquido de R\$ 44,5 milhões em valor social (Δ VSPL). O resultado da TRE também permite concluir pela suficiência na geração de valor econômico, uma vez que seu resultado, de 10,18%, supera a TSD de 8,50%, que é representativa do mínimo necessário para compensar o custo de oportunidade social do investimento no tempo.

Muito embora o resultado seja positivo, a análise de risco aponta para diversos aspectos relevantes que devem ser avaliados com cuidado na sequência de avaliação do projeto.



Ressalta-se, ainda, que as duas alternativas são focadas exclusivamente em opções de engenharia convencional. Um encaminhamento, a partir dos resultados obtidos, é que haja uma remodelação das alternativas de engenharia para a contenção de cheias, contemplando opções potencialmente menos custosas que a alternativa 1, perpassando a adoção de Soluções baseadas na Natureza, medidas de gestão (*soft*) em conjunto com as PCHs existentes na bacia, e potencial aproveitamento hidrelétrico para aumentar os benefícios líquidos.



3. FUNDAMENTOS PARA INTERVENÇÃO

3.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO

O projeto Complexo de Barragens Muriaé, classificado na tipologia Controle de Cheias, é intervenção classificada como *habilitada com estudo complementar* para o Programa de Segurança Hídrica (PSH), aderente aos critérios de intervenção estruturante e estratégica, pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)¹.

O PNSH é estudo conduzido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) em parceria com o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR) concluído em 2019. O PNSH inventariou, analisou e selecionou um conjunto de intervenções de natureza estratégica e estruturante, com amplitude interestadual ou relevância regional em diferentes fases de planejamento e implementação, identificados junto a setores usuários de água e órgãos e entidades estaduais e federais com envolvimento em recursos hídricos e/ou infraestrutura hídrica.

Segundo o Relatório de Identificação de Obras (RIO) do PNSH, que detalha as intervenções habilitadas para o Programa de Segurança Hídrica, seis barragens são componentes do que se chamou de **Estudo de alternativas em áreas de alta vulnerabilidade a inundações na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul**, com foco em sua sub-bacia Muriaé.

- Codificação do PNSH: CC-MG-009 - Barragem dos Rios Muriaé e Preto | CC-MG-010 - Barragem Muriaé | CC-MG-011 - Barragem Carangola | CC-MG-012 - Barragem Tombos | CC-RJ-001 - Barragem de Itaperuna | CC-RJ-002 - Barragem de Laje do Muriaé;
- Manancial - Fonte hídrica: Rio Preto (CC-MG-009), Rio Muriaé (CC-MG-010 | CC-RJ-001 | CC-RJ-002), Rio Carangola (CC-MG-011 | CC-MG-012);
- Localização: Muriaé/MG (CC-MG-009 | CC-MG-010), Carangola/MG (CC-MG-011), Tombos/MG (CC-MG-012), Itaperuna/RJ (CC-RJ-001), entre os municípios de Laje do Muriaé e Itaperuna/RJ (CC-RJ-002);
- Executores e intervenientes:
 - Departamento de Obras Públicas do Estado de Minas Gerais - DEOP/MG (CC-MG-009);
 - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (CC-MG-010 | CC-MG-011) | CC-MG-012);
 - Secretaria de Estado do Ambiente - SEA-RJ (CC-RJ-001 | CC-RJ-002);
- Finalidade atendida: Controle de cheias;
- Descrição: Conjunto de intervenções estruturais destinados à mitigação do efeito das cheias na Bacia do Rio Paraíba do Sul. São propostas cinco barragens nos mananciais

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



afluentes do rio Paraíba do Sul, sendo quatro situadas no estado de Minas Gerais e duas no Rio de Janeiro.

- *CC-MG-009: Barragem proposta no rio Preto, a nove quilômetros da confluência com o rio Muriaé, com 27 metros de altura e volume de reservação de 43,2 hm³.*
- *CC-MG-010: Barragem proposta no rio Muriaé, com 14 metros de altura e volume máximo de reservação de 28,5 hm³;*
- *CC-MG-011: Barragem proposta no rio Carangola, com 28 metros de altura e volume máximo de reservação de 26,6 hm³;*
- *CC-MG-012: Barragem proposta no rio Carangola, com 18,5 metros de altura e volume máximo de reservação de 21,0 hm³;*
- *CC-RJ-001: Barragem proposta no rio Muriaé, com volume máximo de reservação de 14,6 m³ e;*
- *CC-RJ-002: Barragem proposta no rio Muriaé, com volume máximo de reservação de 9,6 hm³.*

Além das seis barragens acima listadas, uma outra compõe a recomendação do PNSH para estudos futuros no âmbito do controle de cheias na bacia do rio Paraíba do Sul, mas não na bacia do rio Muriaé, foco dessa ACB. Trata-se da barragem que abrange a bacia hidrográfica do rio Pombo, codificada pelo PNSH como CC-MG-008: Barragem proposta no rio Xopotó (afluente do rio Pombo), com 40 metros de altura e volume máximo de reservação de 61,4 hm³.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é formada por cursos d'água que se estendem por três Unidades da Federação - Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro -, sendo, portanto, a gestão dos seus recursos hídricos de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), de forma compartilhada entre os três estados.

O rio Muriaé é um dos afluentes da bacia do rio Paraíba do Sul, tendo extensão de 300 km, desde sua nascente em Mirai, no estado de Minas Gerais, até o desemboque no rio Paraíba do Sul, nas proximidades do município de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro. O curso d'água é formado pela confluência dos rios Bom Sucesso e Samambaia; seus principais tributários são os rios Glória, Gavião, Santo Antônio e Carangola.

Ao longo dos anos, a bacia do rio Paraíba do Sul sofreu com ações antrópicas, o que contribuiu para elevar a produção de sedimentos e acelerar o assoreamento dos cursos de água afluentes, como o rio Muriaé, e do próprio rio Paraíba do Sul.

Especificamente na sub-bacia do rio Muriaé, onde estão situados os barramentos propostos (nos rios Muriaé e Carangola), ocorreram as maiores cheias de caráter regional. São comuns eventos críticos nessa sub-bacia, com cidades atingidas quase que anualmente por inundações em pontos isolados. (ANA, 2019)

Essa sub-bacia apresenta área de drenagem de 8.162 km² e abrange 30 municípios, dos quais, Muriaé, Carangola e Itaperuna são os mais importantes. Com exceção das cidades

de Mirai e Tombos, todas as demais sedes urbanas situadas na bacia são afetadas por frequentes eventos de inundações.

A figura a seguir apresenta mapa da região de interesse.

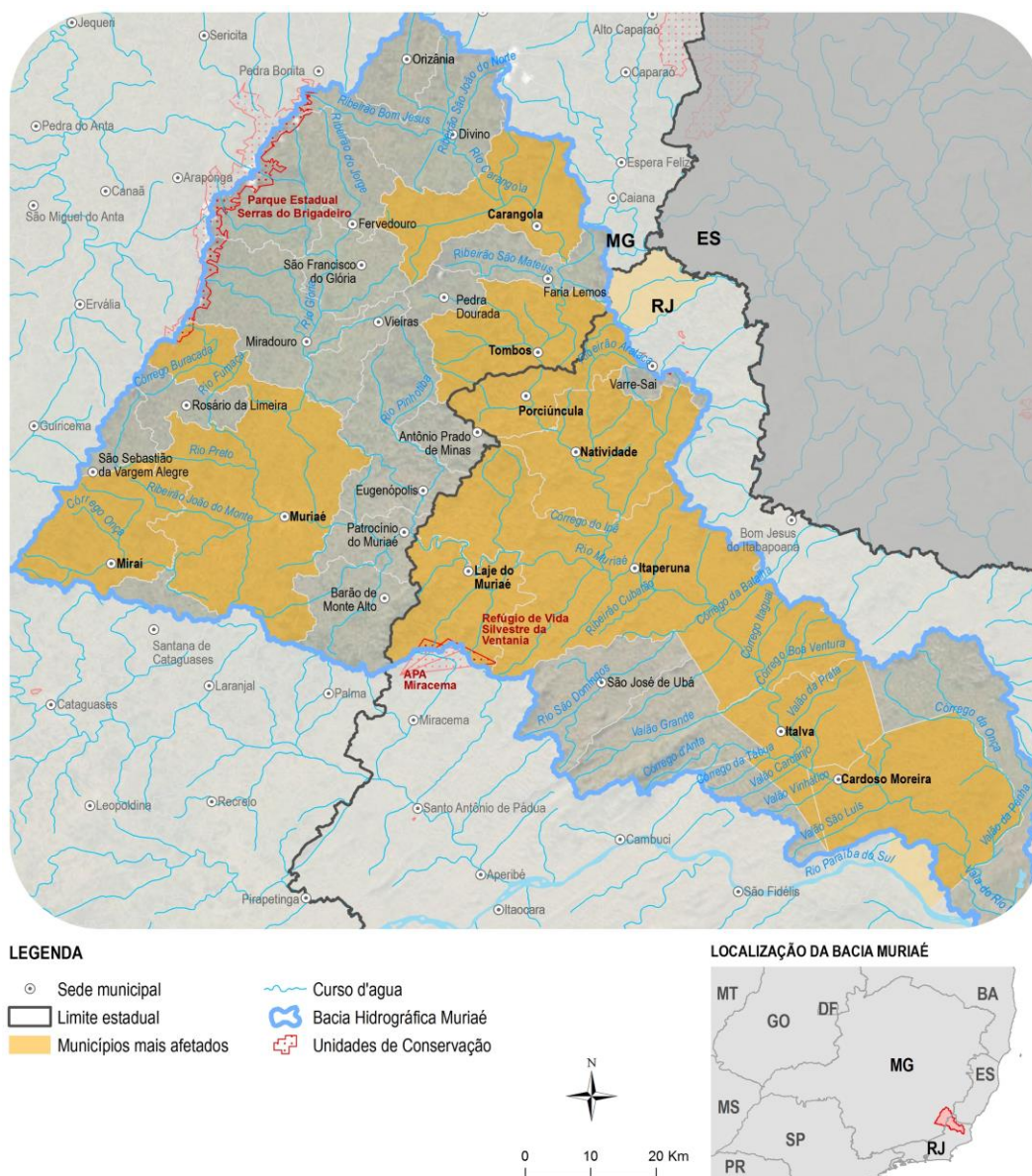


Figura 3.1 - Mapa da região de interesse - Complexo de Barragens Muriaé

O Atlas de Vulnerabilidade a Inundações, publicado em 2014 pela ANA², indica a pertinência do projeto, ao apontar como destaque de vulnerabilidade na região Sudeste

² Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Atlas de Vulnerabilidade a Inundações. 20 p. Brasília: ANA, 2014.



as inundações nos rios Muriaé, apresentando 37 trechos de rio com alta vulnerabilidade a inundações.

No intuito de mitigar os efeitos mais críticos das cheias que ocorrem na bacia hidrográfica do rio Muriaé, em especial nos municípios indicados na Figura 2.1, foi proposto um sistema de intervenções estruturais para a região composta de barragens de contenção de cheias e canais.

Tal sistema, denominado Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos das Cheias (SIEMEC), foi concebido por estudo conduzido entre os anos de 2011 e 2012 pela ANA e elaborado pela ENGE CORPS Engenharia S.A., com apoio em modelagens hidrológico-hidráulicas robustas, para identificação de obras de infraestrutura hídrica visando ao controle de cheias na bacia do rio Paraíba do Sul, com destaque aos seus afluentes localizados em Minas Gerais, entre eles, o rio Muriaé³.

O referido estudo (Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos das Cheias) foi utilizado como fonte complementar de dados ao PNSH na elaboração do presente estudo de caso de Análise Custo-Benefício, sendo doravante referenciado por sua sigla (SIEMEC).

Quanto ao planejamento territorial na área de intervenção, nota-se pela Tabela 3-1 que não há provável interferência em unidades de conservação. Adicionalmente, o estudo SIEMEC foi conduzido de forma detalhada e envolveu levantamento de campo que permitiu propor que as barragens fossem concebidas com base na otimização entre as menores áreas de alagamento possível e os menores custos de desapropriação. Pôde-se assim identificar que não deve haver interferências de ordem territorial por meio de intervenções em locais de restrição ambiental tais como unidades de conservação, terras indígenas e outras (SIEMEC).

Apesar da importância desses barramentos na região, o PNSH habilitou a intervenção mediante recomendação da realização de estudo adicional para a verificação dos efeitos individuais e combinados dessas intervenções sobre a contenção e atenuação de cheias, notadamente quanto à necessidade de implementação conjunta com vistas a se obter os benefícios esperados.

Segundo o PNSH, o estudo recomendado tem a seguinte descrição:

- Para as intervenções do referente relatório, recomenda-se a realização de estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) para assegurar sua eficácia.
- Pontos que necessitam ser esclarecidos:
 - Efeitos individuais e combinados das barragens sobre a contenção e atenuação de cheias;
 - Avaliação da otimização dos barramentos existentes.

³ ANA/ENGE CORPS, 2012. Elaboração de Estudos para Concepção de um Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul e de um Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos de Cheias nas Bacias dos Rios Muriaé e Pomba e Investigações de Campo Correlatas. Relatório RF34.



De fato, a análise do relatório SIEMEC indica que a composição recomendada para a composição do Sistema de Intervenções Estruturais não é composta pelo conjunto das seis barragens elencadas pelo PNSH, mas sim uma combinação entre três dessas barragens e uma série de canais que auxiliam o escoamento das águas excedentes e realizam o controle dos eventos extremos de forma mais eficiente e menos impactante do que a série das barragens. A solução trazida pelo SIEMEC e analisada sob a ótica da ACB é detalhada como Alternativa 1 no item 3.3.

3.2 *DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS*

O projeto em estudo, da tipologia de controle de cheias, trata do problema do elevado grau de risco de tais eventos na bacia do rio Muriaé, entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

O estudo Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos das Cheias (SIEMEC), realizado para a bacia do rio Muriaé, trouxe a definição de medidas e intervenções com vistas a mitigar os efeitos das cheias nessas bacias, as mais vulneráveis a acidentes ambientais, e envolveu levantamentos de campo e modelagens hidrológico-hidráulicas com foco nas seguintes cidades:

- Na bacia do rio Muriaé - sub-bacia do rio Carangola: Carangola e Tombos, municípios de Minas Gerais; e
- Na bacia do rio Muriaé: Mirai e Muriaé, em Minas Gerais, e Porciúncula, Natividade, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira, no estado do Rio de Janeiro.

Os resultados da modelagem hidrológico-hidráulica realizada confirmaram a vulnerabilidade das cidades à ocorrência de eventos de cheias: à exceção da cidade de Tombos, onde o leito menor do rio Carangola comporta uma vazão de 10 anos de período de retorno, as demais cidades são afetadas por cheias com Períodos de Retorno inferiores a 2 anos.

O número de desabrigados e desalojados nos municípios é bastante significativo, denotando a severidade dos eventos de cheias. Entre os anos de 1991 e 2019, somam-se 17 mil em Carangola, 60 mil em Muriaé, 8 mil em Cardoso Moreira, 27 mil em Itaperuna, 10 mil em Laje do Muriaé e 13 mil em Porciúncula.

Sobre a Unidade Autossuficiente de Análise, parte-se diretamente do objetivo do SIEMEC, que foi a análise de toda a bacia hidrográfica do rio Muriaé, acrescida dos limites municipais dos eventuais municípios que ultrapassem tal limite (Tombos). Essa definição se apoia diretamente na questão hidrológica-fisiográfica e no fato de que o foco do controle de cheias e consequente redução de danos e prejuízos está nas áreas urbanas dos dez municípios afetados pelos eventos na bacia hidrográfica do Rio Muriaé: Carangola, Tombos, Mirai, Muriaé, Porciúncula, Natividade, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira.

Quanto ao horizonte temporal de análise, segue-se a orientação do Manual ACB Infra Hídrica que prevê o intervalo de 30 anos. Uma vez que a vida útil das infraestruturas do



complexo Muriaé deve superar esse prazo, o cômputo dos custos econômicos prevê a geração de valores residuais (conforme item 4).

3.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ALTERNATIVAS E CENÁRIO BASE

O SIEMEC foi estruturado em três Subsistemas de Intervenções, que são base para a identificação do projeto, suas alternativas e o cenário base:

- Subsistema 1: implantação de reservatórios para contenção de cheias, que visam reduzir localmente a vazão de pico, diminuindo a onda de cheia nos trechos a jusante;
- Subsistema 2: soluções que garantam o incremento de capacidade das calhas fluviais que atravessam as cidades do SIEMEC, de forma a acomodar adequadamente a cheia de projeto sem ocasionar transbordamentos e/ou inundações nas áreas ribeirinhas; e
- Subsistema 3: como critério geral, considera a construção de dispositivos que desviem parte do fluxo da calha principal para estruturas de *by-pass* construído em áreas disponíveis.

Os estudos realizados apresentaram propostas de intervenções de engenharia convencional (infraestrutura cinza) para os Subsistemas 1 e 2, que se mostraram adequadas e suficientes para a mitigação das cheias previstas.

3.3.1 Projeto e Alternativas

1- Alternativas analisadas pelo SIEMEC

Conforme item 3.1, o complexo de seis barramentos recomendados para estudos futuros pelo PNSH não corresponde com a alternativa recomendada pelo SIEMEC. Para a identificação das obras recomendadas por este, foram definidos critérios referentes aos seguintes parâmetros de projeto: (i) períodos de recorrência das cheias e níveis de mitigação a alcançar; (ii) critérios para comparação de intervenções identificadas; e (iii) critérios para exclusão e inclusão no SIEMEC de intervenções identificadas, de forma a se alcançar a composição ideal.

Foram estudadas, ao todo, oito alternativas para os Subsistemas 1 e 2 do SIEMEC, envolvendo a implantação de diferentes combinações de barramentos e obras de canalização dos cursos d'água nos trechos de travessias das áreas urbanas, para Períodos de Retorno de 25, 50 e 100 anos.

Em todas as alternativas que incorporaram a construção de barragens, foi considerada a sua complementação por canalizações; em uma das alternativas, foi considerada apenas a implantação de canalizações, neste caso, mediante canais de maiores dimensões para escoamento das mesmas vazões, dada a ausência de barragens a montante das áreas urbanas.

Essas alternativas foram comparadas mediante a aplicação de um modelo multicriterial, considerando custos das obras, áreas necessárias para desapropriação e áreas alagadas



pelos reservatórios (com seus respectivos impactos socioeconômicos, quantificados de forma qualitativa), resultando na seleção da Alternativa A1 como a opção mais atraente para a bacia do rio Muriaé. A Alternativa A1 é constituída pelas seguintes intervenções:

- Três barragens para contenção de cheias, quais sejam: barragens de Carangola (CC-MG-011) e Tombos (CC-MG-012), no rio Carangola e barragem do rio Muriaé, em Muriaé (CC-MG-010), com alturas variando de 14 m a 28 m (codificação do PNSH);
- Obras de canalizações nas áreas urbanas das cidades de Carangola, Porciúncula, Natividade, Mirai, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira, envolvendo canais revestidos em gabião, em sua maioria, um canal revestido em concreto e canais sem revestimento.

Já a Alternativa A2 estudada pelo SIEMEC, constituída apenas por canalizações de travessias de cursos d'água em áreas urbanas, com características semelhantes às obras previstas na Alternativa A1, também cumpriu o mesmo objetivo de evitar inundações dessas áreas, tal como o objetivo da alternativa selecionada, porém, implicando custos mais elevados, devido ao maior porte das obras envolvidas, além da necessidade de maiores desapropriações.

Sua vantagem estaria na composição de canais que evitariam a regularização de vazões do rio Muriaé. O estudo SIEMEC, no entanto, não detalha as implicações negativas que essa regularização traria, tampouco explicita as vazões regularizadas, pois o objetivo é a contenção dos eventos extremos.

O SIEMEC também analisou seis outras alternativas, todas estas prevendo diferentes combinações entre barramentos e canais que não mostraram vantagens em relação à Alternativa A1, sendo então desconsideradas para a ACB.

Para o presente estudo de caso, portanto, optou-se por considerar a Alternativa A1 como a opção principal, e a Alternativa A2 como segunda opção para contenção de cheias nas áreas urbanas dos municípios da bacia do rio Muriaé.

2- Possíveis alternativas não consideradas (requalificação de bacia)

O estudo do SIEMEC, embora tenha analisado oito alternativas, contemplou combinações entre intervenções exclusivas da engenharia convencional (infraestrutura cinza), desconsiderando a possibilidade de combiná-las com infraestrutura verde para atingir os mesmos objetivos com custos econômicos menores e/ou benefícios econômicos maiores.

A consideração da infraestrutura verde para o caso de controle de cheias na bacia do rio Muriaé pode ser realizada com base em duas vertentes, abaixo descritas e potencialmente complementares entre si:

- Implantação de áreas naturais para o escoamento das águas excedentes, tal como em reservatórios *off-stream*, porém sendo estes compostos por áreas alagáveis (naturais ou não), mas cuja função passaria a ser essa; e



- Adoção de diversas requalificações naturais em escala de bacia hidrográfica para reduzir a velocidade de escoamento rápido e reduzir, com isso, vazões de pico⁴.

A consideração da infraestrutura natural, principalmente as tangentes à requalificação, demanda modelar os efeitos físicos que tais ações teriam no regime hidrológico, com especial atenção ao escoamento rápido (*quick-flow*). Essa consideração demanda modelagem na escala de bacia hidrográfica, que embora possa ser realizada com bases de dados secundários e softwares específicos de uso aberto⁵, não é tarefa simples ou trivial.

Deve-se primar, ainda pela integração entre as alternativas de infraestrutura cinza com as vertentes da infraestrutura verde. Em alternativas mistas, os custos de implementação das primeiras podem vir a ser reduzidos, rendendo (potencialmente) alternativas de melhor custo-benefício. A atenção em relação à implementação de infraestrutura natural se justifica por meio das externalidades positivas que são geradas, tangentes àquelas esperadas pela revitalização de bacias hidrográficas e abrangendo, dentre outras: (i) maior regulação hídrica; (ii) melhoria na qualidade da água via retenção de aporte de sedimentos e nutrientes; (iii) sequestro e retenção de carbono na biomassa vegetal.

Na bacia do rio Muriaé, torna-se especialmente relevante considerar ações de requalificação natural, pois segundo o próprio relatório SIEMEC, a bacia sofreu com ações antrópicas que contribuíram para elevar a produção de sedimentos e acelerar o assoreamento dos cursos de água. Em consulta ao mapa de uso e ocupação do solo em 2019 (coleção 5 do MapBiomias)⁶, vê-se que aproximadamente 20,2% do uso e cobertura do solo é dedicado às formações naturais (florestais e não florestais), enquanto 79% é dedicado à agropecuária (e 79,3% desta sendo dedicado às pastagens).

Inobstante a relevância de se analisarem alternativas combinadas entre infraestrutura verde e cinza, a análise desta só se faz possível via modelagem hidrológico-hidráulica a nível de bacia hidrográfica, o que foge ao escopo do presente estudo de caso. Conforme apontado pelo Manual ACB Infra Hídrica, a tipologia de controle de cheias apresenta a necessidade de se conhecerem as vazões do projeto para a definição de seu dimensionamento (por meio de estudo hidrológico), associando-as a diferentes períodos de recorrência. Dado esse requisito, o presente estudo de caso se apoia exclusivamente

⁴ As requalificações naturais que têm impacto direto ou indireto na velocidade de escoamento superficial são, dentre outras: (i) restauração de zonas úmidas naturais (várzeas), geralmente ocupadas por agricultura ou pasto; (ii) restauração de áreas prioritárias para proteção de serviços ecossistêmicos de regulação de regime hídrico; (iii) adoção de práticas conservacionistas agrícolas que reduzam a velocidade de escoamento das águas; (iv) requalificação de estradas rurais para redução da velocidade de escoamento da água, com implantação de pontos estratégicos de acumulação; (v) eliminação de pontos de estreitamento do leito fluvial.

⁵ Dentre outros, destacam-se: (i) InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs do The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, e World Wildlife Fund); e (ii) ARIES (Artificial Intelligence for Environment & Sustainability do Basque Center for Climate Change).

⁶ Disponível em: <https://mapbiomas.org>



nos resultados do SIEMEC, mas não por isso deixando de recomendar que os estudos consequentes abordem as infraestruturas verdes.

3.3.2 *Cenário Basel*

Conforme o Manual ACB Infra Hídrica, o cenário base (ou contrafactual) deve trazer uma estimativa realista da continuação atual do contexto no qual o projeto se insere. Trata-se da linha de base contra a qual os benefícios serão computados, pois a ACB é uma metodologia agregativa que traz em seu cerne o custo de oportunidade.

No caso do tratamento de um problema de cheias recorrentes, via um projeto que visa o controle de cheias, o cenário base pressupõe a continuidade de tais eventos em algum grau de perdas esperadas no futuro sem a intervenção. Tal construção demanda compreender se haveria a adoção autônoma, ou seja, independente do projeto, de alguma forma de controle de cheias que poderia alterar os graus de perdas esperadas.

Para apreciar tal possibilidade, deve-se conhecer o que a alternativa de projeto traz como potencial mitigação dos eventos esperados, concepção contrafactual própria das intervenções de controle de cheias. Os resultados dos estudos do SIEMEC indicaram que a Alternativa A1 constitui excelente escolha para a mitigação das cheias nas cidades da bacia do rio Muriaé, que é atingida com muita frequência por inundações. Caso fosse implantada a alternativa A2, os efeitos também seriam bastante positivos.

Para exemplificar os efeitos da alternativa A1, vale citar:

- As barragens de Carangola e Tombos, propostas para a mitigação das cheias das cidades de Carangola geram proteção para elevados Períodos de Retorno em ambas as cidades (TR de 50 anos em Carangola e de 100 anos em Tombos). O amortecimento das vazões provocado pelas bacias de detenção previstas é de 68% e 43%, nas cidades de Carangola e Tombos, respectivamente;
- As obras propostas para Natividade geram proteção para um período de retorno de 25 anos;
- Para a cidade de Mirai, a obra de canalização proposta resulta numa proteção da área urbana para TR de 100 anos;
- Quanto à cidade de Laje do Muriaé, as obras de canalização propostas mostraram ótimo resultado, oferecendo proteção da área urbana para TR de 25 anos;
- A cidade de Cardoso Moreira, com 12.821 habitantes (estimativa IBGE para 2020), é a mais crítica da bacia do rio Muriaé. Está situada nas proximidades da foz do rio Muriaé no rio Paraíba do Sul, em uma região de extensa planície de inundação, e sujeita a grandes vazões de cheia. A única solução identificada foi o rebaixamento da calha do rio Muriaé no segmento que atravessa a cidade e também a jusante, num longo trecho com extensão de aproximadamente 13 km;
- Considerando um Período de Retorno de 25 anos, as 12 áreas urbanas da bacia contempladas pelos estudos do SIEMEC sofrem com inundações que alcançam uma



área de cerca de 17 km². Se considerado Período de Retorno de 100 anos, esse valor sobe para 20 km².

A Tabela 3-1 sintetiza os benefícios obtidos em termos de percentual de abatimento das cheias resultante das obras propostas para as áreas urbanas dos municípios da bacia do rio Muriaé.

Tabela 3-1 - Mitigação dos Efeitos das Cheias Obtida com a Implantação das Obras Propostas para os Subsistemas 1 e 2 do SIEMEC

Cidade	TR de Projeto (Anos)	Vazão de Cheia para o TR de Projeto (m ³ /s)	Vazão Amortecida (m ³ /s)	Abatimento das Cheias Resultante (%)	Vazão Escoda pelo Canal Projetado ou Canal Natural (m ³ /s)
Carangola	50	355	227	36,1	227
Tombos	100	459	255	44,4	255*
Porciúncula	100	548	309	43,6	309
Natividade	25	552	374	32,2	374
Mirai	100	185	185	0**	185
Laje do Muriaé	25	801	651	18,7	651
Itaperuna	100	1.971	1.541	21,8	1.541
Italva	25	1.808	1.503	16,9	1.503
Cardoso Moreira	25	1.904	1.587	16,6	1.587

*Canal natural

**Não está previsto barramento a montante da cidade

Elaboração ENGECORPS, 2012

A concepção do cenário base demanda compreender que o porte das obras, em seu conjunto, supera o âmbito de ação dos municípios. Em suporte a esse pressuposto, tem-se que a quantidade de afetados pelos episódios de cheias que constam da base de dados de desastres desde 1991 não demonstra indicação de redução, mesmo ao longo dos 30 anos observados. Ademais, o PNSH aponta como intervenientes a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA-RJ), denotando a envergadura da intervenção frente aos municípios beneficiados, que são de menor porte.

Ainda outro reforço à conclusão advém do transcorrer de tempo desde a finalização dos estudos detalhados (2012) e o ano desta ACB (2021), durante o qual também não foram realizados investimentos estruturantes para a gestão do risco de eventos extremos.



Concede-se, não obstante, que o poder público dos municípios afetados possa vir a realizar pequenas adequações urbanas para reduzir a materialização dos prejuízos mais frequentes, porém de menor intensidade. Essa suposição, por mais plausível e provável que seja, no entanto, é difícil de ser quantificada e valorada, dada a pulverização das ações e dos próprios municípios contemplados pelo projeto.

Como forma de não prejudicar o resultado da ACB, seja por meio da não contabilização de custos no cenário base e/ou da contabilização de benefícios que já seriam reduzidos (ocorrendo em dupla contagem nas alternativas com o projeto), adotou-se a premissa de que tanto os custos das possíveis pequenas remediações municipais quanto as perdas geradas por eventos de retorno de 2 anos (que contabilizariam benefícios uma vez evitadas) não são contabilizados.

Em resumo, caso as obras propostas pelo SIEMEC não sejam implantadas, supõe-se que a bacia do rio Muriaé continue sujeita a frequentes episódios de cheias, com inundações das áreas urbanas de vários municípios, do que resultam grandes prejuízos, quer para a população, quer para as prefeituras. Tais prejuízos decorrem, em grande parte, das ocupações irregulares existentes, muitas vezes dentro do leito menor e até mesmo dentro do leito vazante dos cursos d'água que cruzam as áreas urbanas, processo de urbanização do qual não se observa perspectiva de reversão.



4. 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 adiante no capítulo 5.

Nos itens a seguir, são abordadas as categorias de custos econômicos considerados na análise custo-benefício de empreendimento de **Controle de Cheias** levantados para o projeto do **Complexo de Barragens Muriaé**. Esse processo de análise de custos é amparado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Complexo de Barragens Muriaé), 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.

4.1 *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. Ele pode ser informado pelo originador do empreendimento e, caso tenha sido incorporado à carteira de projetos do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), deverá constar das bases de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Esse valor poderá estar acompanhado de uma planilha mais ou menos detalhada de abertura de composição dos custos do investimento, 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 (conforme estabelecido no PNSH) por meio de aplicação de índice de preços da construção civil (INCC) ou outro indicado pelo MDR.

Para o caso do projeto do **Complexo de Barragens Muriaé**, essas informações são encontradas na versão atual do PNSH, complementadas com as informações dos canais que assim perfazem as alternativas completas, conforme o referido estudo (Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos das Cheias), utilizado como fonte complementar de dados ao PNSH. Os dados são tabulados e aplicados na ACB mediante



emprego da planilha computacional formatada especialmente para esse fim (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Complexo de Barragens Muriaé).

Na Tabela 4-1 e Tabela 4-2 a seguir, apresentam-se os formulários de entrada de informações na planilha computacional, destacando-se as seções de dados cadastrais e técnicos mencionados. Logo a seguir, são anotados os dados de CapEx conhecidos, todos eles acompanhados de informação de fonte da informação anotada.

Importante ressaltar que o horizonte de análise é de 30 anos, segundo Manual ACB Infra Hídrica, 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.

Tabela 4-1 - Formulário de Dados cadastrais e técnicos

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Dados Cadastrais			
Código no PNSH	CC-MG-010/CC-MG-011/CC-MG-012	PNSH	
Nome do Empreendimento	Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos de Cheias na Bacia do Rio Muriaé	PNSH	
Empreendedor		PNSH	
Operador		PNSH	
Ano de registro da ACB	2021	-	Ano em que é realizada a ACB
Horizonte da ACB	2051	Manual ACB Infra Hídrica	Adotar 30 anos como padrão de análise
Período de análise	30 anos	Manual ACB Infra Hídrica	Adotar 30 anos como padrão de análise
Data-base de dados do projeto	2012	PNSH	Ano declarado pelo originador do projeto
Horizonte de projeto	2035	PNSH	Ano declarado pelo originador do projeto
Anos de implantação	4	PNSH	Ano declarado pelo originador do projeto ou adotado no PNSH
Ano de início de operação (previsto)	2025	PNSH	Ano declarado pelo originador do projeto ou adotado no PNSH
Mananciais afetados	Rios Carangola e Muriaé	PNSH	
Estados afetados	Minas Gerais e Rio de Janeiro	PNSH	
Municípios afetados	Carangola, Tombos, Porciúncula, Natividade, Mirai, Muriaé, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira	PNSH	
Órgãos públicos envolvidos			Além do Empreendedor e Operador, informar demais órgãos ou instituições de direito públicos envolvidos
População afetada (mil hab.)			2035
Tipologia	Controle de Cheias		(Publicação)



Tabela 4-2 - Formulário de dados técnicos do empreendimento

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Dados Técnicos			
Vazão Regularizada Média (m³/s)	-	PNSH	(Publicação)
Vazão para Abastecimento Urbano (m³/s)	-	PNSH	(Publicação)
Vazão para Irrigação (m³/s)	-	PNSH	(Publicação)
Caracterização da situação atual da área de influência direta	<p>A bacia do rio Paraíba do Sul drena uma das regiões mais desenvolvidas do País, abrangendo aproximadamente 55 mil km², ocupados por parte dos Estados de São Paulo e Minas Gerais e metade do Estado do Rio de Janeiro, abrigando uma população estimada em mais de 5,2 milhões de habitantes no ano de 2005, distribuída em 180 municípios.</p> <p>Em contrapartida, processos continuados de desmatamento, instalação de atividades industriais e de mineração de grande porte, além de concentração de população nas áreas urbanas e intervenções nos recursos hídricos, associados a características naturais da bacia, tais como as suas condições geológico-geomorfológicas e vulnerabilidade à erosão, têm sido responsáveis pela ocorrência de eventos de cheias de alta criticidade, acompanhados de rompimentos de barragens, com efeitos adversos de grande magnitude principalmente nas áreas de jusante da bacia.</p> <p>Esse cenário requer a estruturação de um conjunto de ações articuladas, visando à previsão de eventos extremos e à mitigação de efeitos de acidentes ambientais, atendendo a necessidades que se mostram emergenciais, dado o grau de fragilidade a que está exposta a bacia.</p>	PNSH	(Publicação)

Tabela 4-3 - Formulário de dados Econômicos - CapEx

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Dados Econômicos - CapEx			
Valor de Investimento inicial previsto (CapEx - R\$ milhões correntes)	-R\$ 279,62	PNSH	Equivale ao capital fixo estimado do empreendimento e despesas de implantação, incluindo serviços técnicos de engenharia e estudos ambientais.



<i>Cabeçalho</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Ano base de referência para o CapEx	2018	PNSH	<i>Data-base de referência para os valores do projeto, que pode não ser equivalente à data-base da análise e, portanto, demandar atualização monetária</i>
Índice de correção monetária para atualização do valor de investimento previsto	1,0813	BCB	<i>Consultar evolução do Índice nacional de custo da construção (INCC) junto ao Banco Central do Brasil</i>
Participação relativa estimada de serviços de engenharia fora do canteiro (inclui Gerenciamento, Gestão, Projetos e Estudos Ambientais) no Investimento	10%	Estimada	<i>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.</i>
Componente Equipamentos - Participação relativa no CapEx	0%	PNSH	<i>Equipamentos elétricos, eletrônicos ou mecânicos fixados à infraestrutura (não confundir com equipamentos para construção)</i>
Componente Adutora - Participação relativa no CapEx	0%	PNSH	<i>Adutoras e tubulações enterradas ou aparentes, incluindo válvulas, controles, proteções e miscelâneas</i>
Componente Civil - Participação relativa no CapEx	100%	PNSH	<i>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)</i>

Para efeito desta análise custo-benefício, a valoração dos custos (e benefícios) econômicos será feita em contraposição a cenário alternativo de solução técnica com vistas a solucionar a mesma situação-problema de forma e custos diferentes. Para tanto, devem ser realizadas análises inteiras em ambos os cenários para ao final comparar os resultados. No Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Complexo de Barragens Muriaé são apresentados os arquivos digitais de ambas as alternativas estudadas.

Reforça-se que para fins de exposição do passo-a-passo de preenchimento de dados e cálculo da ACB do projeto, apresentaremos somente dados referentes à Alternativa 1, sendo que os resultados da Alternativa 2 serão comparados no capítulo de indicadores da ACB (capítulo 6).

Uma vez anotados os custos estimados de CapEx, devem ser preenchidas informações complementares, iniciando pela anotação da participação relativa estimada de serviços



de engenharia (inclui Gerenciamento, Gestão, Projetos e Estudos Ambientais) no investimento. 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 Hídrica⁷.

Como referência, o Manual ACB Infra Hídrica indica o intervalo de 8 a 12% do valor do CapEx como comprometidos com esse tipo de serviço especializado que, por sua vez, pode incorporar cerca de 17% do custo de mão de obra geral do empreendimento, ou até 49% particularmente da mão de obra qualificada. Como estabelecido no Manual ACB Infra Hídrica, o custo de CapEx deve ser, sempre que possível, desagregado entre quatro categorias: custo com mão de obra especializada, não-especializada, equipamentos e insumos nacionais comercializáveis e 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.

Ademais, os preços sombra, fatores de conversão setorial e cambial de referência (obtidos do Guia 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, que em uma obra típica de infraestrutura hídrica podem ser agrupadas em civil, equipamentos e adutora/ tubulações. A tabela a seguir apresenta o campo de informação dos preços sombra, fatores de conversão setorial e cambial atualizados.

Tabela 4-4 - Formulário de preços-sombra, fatores de conversão setorial e cambial

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Parâmetros			
Taxa Social de Desconto (TSD)	8,50%	ME	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
Preço Sombra - Mão de Obra qualificada	0,7458	ME / IPEA	Catálogo de Parâmetros do IPEA: Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil (abril/2021), "cenário atual", região Sudeste (pág. 23)
Preço Sombra - Mão de Obra não-qualificada	0,7371	ME / IPEA	Catálogo de Parâmetros do IPEA: Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil (abril/2021), "cenário atual", região Sudeste (pág. 23)
Fator de Conversão Setorial - Bens nacionais comercializáveis	0,9150	ME / IPEA	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,

⁷ 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 no item subsequente.



Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Fator de Conversão Setorial - Bens nacionais não-comercializáveis	0,9350	ME / IPEA	longos e tubos de aço - 7%", água e energia elétrica - 30% 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
Fator de Conversão da Taxa Cambial - Insumos importados	1,0000	ME / IPEA	Fornecidos no Catálogo de Parâmetros, parte integrante do Guia ACB

Por esse motivo, a entrada de dados de CapEx deve considerar a participação relativa dessas componentes de custos como % do CapEx e, em função dessa participação, estimar os custos decorrentes de mão de obra mais qualificada e menos qualificada, bens e serviços comercializáveis, além de também condicionar o cálculo da depreciação calculada dos ativos. De maneira análoga, essa divisão do CapEx nessas componentes civil, equipamentos e adutoras/ tubulações irá compor a estrutura de custos de Gestão, Operação e Manutenção (OpEx) abordada no próximo item.

Para o caso do projeto **Complexo de Barragens Muriaé**, foi considerada a participação informada no quadro abaixo.

Tabela 4-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx – Complexo de Barragens Muriaé – Alternativa 1

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Componente Equipamentos - Participação relativa no CapEx	0%	PNSH	Equipamentos elétricos, eletrônicos ou mecânicos fixados à infraestrutura (não confundir com equipamentos para construção)
Componente Adutora - Participação relativa no CapEx	0%	PNSH	Adutoras e tubulações enterradas ou aparentes, incluindo válvulas, controles, proteções e miscelâneas
Componente Civil - Participação relativa no CapEx	100%	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)

4.1.1 Estimativa de valor residual de investimentos

No formulário seguinte de Checklist, encontram-se as seguintes perguntas a serem respondidas simplesmente com "Sim" ou "Não" pelo analista:

- 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 projeto **Complexo de Barragens Muriaé**, as respostas consideradas foram as da tabela a seguir.

Tabela 4-6 - CheckList de dados prévios de projeto

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Possui Estudos de Demanda?	Não	(fonte)	<i>Projeção de demanda em base anual durante o período de projeto considerado</i>
Possui Estudos Hidrológicos?	Sim	(fonte)	<i>Caso aplicável, estudos hidrológicos da bacia afetada baseado em séries históricas e cartografia atualizada</i>
Possui definição territorial de análise?	Sim	(fonte)	<i>Refere-se ao limite espacial do projeto, tanto na abrangência dos estudos de demanda, hidrológicos, como no alcance da infraestrutura projetada</i>
Possui definição temporal de análise?	Não	(fonte)	<i>Refere-se à duração da vida útil do projeto (ciclo de vida do projeto), tanto na abrangência dos estudos de demanda, hidrológicos, como no alcance da infraestrutura projetada</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 ACB Infra Hídrica para referências bibliográficas de estimativas de vida útil de componentes de infraestrutura</i>

Novamente, este formulário de CheckList serve ao analista como registro de que está de posse de toda a informação necessária para obter uma análise custo-benefício consistente. 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 num valor residual calculado para o final do período de análise.

Em função dos três componentes principais de infraestrutura considerados (equipamentos, adutoras e obras civis), são estipulados os períodos médios de vida útil com base em bibliografia de referência do setor (Estudo de vida útil econômica e taxa de depreciação da ANEEL)⁸, resultando nos seguintes valores:

Tabela 4-7 - Estimativa de vida útil de componentes da infraestrutura

Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Componente Equipamentos – Anos de vida útil	25	Aneel	

⁸ ANEEL. “Estudo de vida útil econômica e taxa de depreciação”. Aneel, 2001.



Cabeçalho	Resposta	Fonte	Referência
Componente Adutora – Anos de vida útil	50	Aneel	
Componente Obras civis – Anos de vida útil	75	Aneel	

4.1.2 Cálculo da desagregação do CapEx

No formulário seguinte são calculados os valores de despesas com mão de obra e bens e serviços nacionais ou importados como desagregação do CapEx do empreendimento. Para tanto, são recuperados os dados informados no formulário de entrada para repassar a metodologia de cálculo dos custos de CapEx, como valor total do investimento inicial e participação relativa dos serviços de engenharia. Conforme estipulado pelo Manual ACB Infra Hídrica, neste formulário as únicas informações adicionais a preencher são a estimativa de participação de custos com máquinas, equipamentos e materiais de construção de aquisição nacional que, por esse critério, poderão ser considerados como bens nacionais comercializáveis; e a estimativa de custos com serviços especializados em canteiro e energia elétrica durante a construção que não tenham sido computados nos custos de mão de obra ou equipamentos em seus respectivos campos, considerados não-comercializáveis.

Da mesma forma, deve-se informar a participação estimada de insumos importados caso estes sejam de conhecimento do analista e estejam expressamente indicados na informação recebida do projeto. Caso contrário, a recomendação do Manual ACB Infra Hídrica é considerar este dado sempre como nulo, de maneira que afinal sejam computados apenas os valores de serviços especializados em canteiro e energia elétrica para construção, e a participação de máquinas, equipamentos e materiais de construção.

Para o caso estudado do **Complexo de Barragens Muriaé**, os dados informados foram os apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4-8 - Tabela CapEx - Complexo de Barragens Muriaé - Alternativa 1

Custos de Investimento (CapEx)	Resposta	Fonte	Referência
Valor de Investimento inicial previsto (CapEx - R\$ milhões de 2020)	-R\$ 302,35	PNSH	<i>Equivale ao capital fixo estimado do empreendimento e despesas de implantação, incluindo serviços técnicos de engenharia e estudos ambientais.</i>
Participação relativa estimada de serviços de engenharia fora do canteiro (inclui Gerenciamento, Gestão, Projetos e Estudos Ambientais) no Investimento	10%	Estimada	<i>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</i>



<i>Custos de Investimento (CapEx)</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
			<i>ambientais (exceto custos ambientais e licenciamentos) e outros serviços técnicos especializados fora do canteiro.</i>
Participação estimada de mão de obra qualificada	12%	<i>Guia Setorial de ACB</i>	<i>Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada</i>
Participação estimada de mão de obra não-qualificada	26%	<i>Guia Setorial de ACB</i>	<i>Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada</i>
Participação estimada de serviços em canteiro e energia elétrica	10%	<i>Guia Setorial de ACB</i>	<i>Serviços não discriminados em equipamento, mão de obra e material</i>
Participação estimada de insumos importados	0%	<i>Guia Setorial de ACB</i>	<i>0% (considerar importados apenas se expressamente previstos em projeto)</i>
Participação estimada de máquinas, equipamentos e materiais de construção	52%	<i>Guia Setorial de ACB</i>	<i>Adotar o restante do Custo Total após demais participações</i>
Valor de despesas com mão de obra qualificada (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 34,92	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com mão de obra não-qualificada (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 79,37	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com bens e serviços nacionais não-comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 30,23	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com insumos importados (R\$ milhões correntes - P0)	R\$ 0,00	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com bens nacionais comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 157,83	<i>Guia Setorial de ACB</i>	

Como visto, a participação da mão de obra é separada em qualificada e não-qualificada adotando-se os parâmetros do Manual ACB Infra Hídrica, que já vem estabelecido na planilha computacional e que representa a divisão normal do trabalho em canteiro em função dos componentes principais da obra. Assim, para a parcela do CapEx correspondente a equipamentos ou adutoras, 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 participação de mão de obra qualificada e não-qualificada no projeto em



análise, essas alíquotas são ponderadas pelas participações relativas de cada componente no projeto (já estabelecidas conforme Tabela 4-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx), resultando nas participações informadas na tabela anterior (**12%** de mão de obra qualificada e **26%** não-qualificada).

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

Tabela 4-9 - Alíquotas de referência para mão de obra qualificada e não-qualificada conforme componentes do CapEx

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

4.2 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, 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 obra⁹. Ele pode ser informado pelo originador do empreendimento e, caso tenha sido incorporado à carteira de projetos do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), deverá constar das bases de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

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 (conforme estabelecido no PNSH) 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). Neste estudo de caso, optou-se por refinar essa estimativa admitindo-se uma curva de crescimento do custo de OpEx desde

⁹ 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, conforme estabelecido no Guia ACB.



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 do **Complexo de Barragens Muriaé**, o patamar inicial de OpEx informado foi de **60%**.

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 Muriaé, não foi considerada a necessidade de RepEx durante o período estudado.

4.2.1 *Cálculo da desagregação do OpEx*

Como já ficou dito, a estimativa do custo de OpEx considera as participações relativas dos componentes da infraestrutura (equipamentos, adutoras 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 hídrica como **barragem de controle de cheias** deverá ser pouco intensiva em mão de obra, a qual será percebida mais significativamente em serviços de manutenção preventiva e corretiva, nos quais são executados pequenos e médios reparos, reposições, substituições de peças e materiais ao longo do ciclo de vida do projeto, o Manual ACB Infra Hídrica recomenda sejam adotadas as mesmas alíquotas de mão de obra qualificada e não-qualificada já estabelecidas no CapEx.

Logo, o valor decorrente desse cálculo será desagregado em parcela qualificada e não-qualificada de mão de obra, assim como o emprego de equipamentos e insumos nos serviços de manutenção assim estimados serão da mesma ordem que aqueles considerados na fase de construção, motivo pelo qual são mantidos os mesmos percentuais de participação relativa para esses itens.

Para a informação da participação relativa de serviços especializados em canteiro e custos com energia elétrica de operação, no entanto, 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 do Complexo de Barragens Muriaé, essa alíquota foi estimada em **10%** do 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 Manual ACB Infra Hídrica confia ao analista a avaliação da 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 adotado foi de **0,5%**.

Com isso, a aplicação dos preços sombra, fatores de conversão setorial e cambial na fase de operação do empreendimento de **controle de cheias** poderá ser realizada. A tabela a seguir apresenta o formulário de OpEx preenchido para o projeto do **Complexo de Barragens Muriaé**.

Tabela 4-10 - Tabela OpEx - Complexo de Barragens Muriaé - Alternativa 1

Custos de Gestão, Operação e Manutenção (OpEx)	Resposta	Fonte	Referência
Custo anual médio de Gestão, Operação e Manutenção previsto, exceto energia elétrica (OpEx - R\$ milhões 2020)	-R\$ 3,02	Estimada	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. Na falta de alíquota estabelecida em projetos correlatos, considerar de 1 a 5% do CapEx.
Participação relativa estimada de Programas Ambientais na Gestão, Operação e Manutenção	0,5%	Estimada	Participação no custo de Opex estimado. Na fase de operação, desconsiderar serviços de engenharia e considerar apenas alíquota para custeio de programas ambientais.
Participação estimada de mão de obra qualificada	12%	Guia Setorial de ACB	Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada
Participação estimada de mão de obra não-qualificada	26%	Guia Setorial de ACB	Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada
Participação estimada de serviços em canteiro e energia elétrica	15%	Guia Setorial de ACB	Ponderar serviços de manutenção corretiva em projetos superiores a 10 anos de operação; estimar demanda e consumo de energia elétrica com base em parâmetros setoriais em função de variáveis conhecidas do projeto e comparando com infraestruturas semelhantes



<i>Custos de Gestão, Operação e Manutenção (OpEx)</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Participação estimada de insumos importados	0%	Guia Setorial de ACB	0% (considerar importados apenas se expressamente previstos em projeto)
Participação estimada de máquinas, equipamentos e materiais de construção	47%	Guia Setorial de ACB	Adotar o restante do Custo Total após demais participações
Valor de despesas com mão de obra qualificada (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 0,35	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com mão de obra não-qualificada (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 0,79	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com bens e serviços nacionais não-comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 0,45	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com insumos importados (R\$ milhões correntes - P0)	R\$ 0,00	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com bens nacionais comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 1,43	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com custos ambientais (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 0,02	Guia Setorial de ACB	Custeio de Programas Ambientais pode ser declarado em separado do valor do OpEx do projeto quando conveniente

4.3 RESULTADOS DE ESTIMATIVA DE CUSTOS ECONÔMICOS

Os resultados do CapEx e do OpEx ao longo do período de análise, decorrentes das premissas ora apresentadas, são detalhados em seu passo-a-passo em planilha computacional (ver capítulo 10, Anexo Digital), cabendo aqui resumir seus resultados para alguns anos.

Tabela 4-11 - Resultados da estimativa dos custos da alternativa 1 (R\$, milhões)

Categorias de Custos		Ano 1	...	Ano 3	...	Ano 5
CapEx	MDO Qualificada	6,51	...	6,51	...	0
	MDO Não-qualificada	14,63	...	14,63	...	0
	Bens Nacionais Comercializáveis	36,27	...	36,27	...	0
	Bens Nacionais Não-comercializáveis	7,07	...	7,07	...	0
	Insumos importados	0	...	0	...	0
	TOTAL	64,47	...	64,47	...	0
OpEx	MDO Qualificada	0	...	0	...	0,16
	MDO Não-qualificada	0	...	0	...	0,35
	Bens Nacionais Comercializáveis	0	...	0	...	0,79



Categorias de Custos		Ano 1	...	Ano 3	...	Ano 5
	Bens Nacionais Não-comercializáveis	0	...	0	...	0,25
	Insumos importados	0	...	0	...	0
	TOTAL	0	...	0	...	1,55
Custos Totais CapEx e OpEx		64,47	...	64,47	...	1,55



5. ESTIMAÇÃO DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

A presente seção visa descrever os passos adotados para a estimação dos benefícios econômicos do projeto. Este segue o racional descrito no Manual ACB Infra Hídrica, aplicado ao caso do **Complexo de Barragens Muriaé**. O projeto visou a definição de medidas/intervenções para mitigar os efeitos das cheias nessas áreas, que constituem as sub-bacias da bacia do rio Paraíba do Sul mais vulneráveis a inundações e a acidentes ambientais.

Nos itens a seguir, são abordadas as etapas de estimação do valor em risco no cenário base, dos danos e prejuízos com o projeto, o cálculo dos benefícios, traduzido pelos danos e prejuízos evitados e, por fim, a distribuição dos mesmos no período de análise, considerando cenários socioeconômicos e a mudança do clima. Ademais, o item 5.5 descreve o benefício da melhora ao bem-estar trazido pelo projeto.

Esse processo de análise de benefícios é amparado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Complexo de Barragens Muriaé), na qual são alimentados os dados de entrada e processados os cálculos conforme métodos aqui descritos. Ao final das estimativas, os resultados são carregados ao fluxo de caixa social do projeto, em conjunto com os custos econômicos.

5.1 ETAPAS

O processo orientador desta etapa está em definir quais os danos e perdas (D&P) associados às cheias no cenário base e posteriormente com o projeto, sendo a soma das perdas e danos evitados pelo projeto contabilizada como benefício do mesmo. Para tal, faz-se necessário construir as curvas de probabilidade de ocorrência de danos e perdas por cheias com e sem o projeto para cada município da bacia em consideração. Os próximos itens descrevem os passos adotados e seus resultados para a bacia em estudo. Incluem:

- Estimativa do valor em risco: caracterização do cenário base:
 - Levantamento de registros de danos e perdas históricos na região;
 - Reunião de dados hidrológicos e hidráulicos caracterizando as cheias e inundações;
 - Elaboração das curvas de probabilidade de excedência de danos.
- Estimação dos danos e prejuízos com o projeto;
- Cálculo do benefício: danos e perdas evitados;
- Cálculo do benefício: valorização imobiliária;
- Cálculo do benefício: valorização dos prejuízos privados;
- Projeções dos benefícios no futuro:
 - Vulnerabilidade e exposição crescentes: danos e prejuízos econômicos crescentes;



- Perigos hidrometeorológicos crescentes: mudança do clima.

5.2 *ESTIMATIVA DO VALOR EM RISCO: CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO BASE*

As próximas etapas permitirão a construção da curva de danos e prejuízos sem o projeto, a qual será confrontada com a curva considerando o projeto. É importante lembrar que a curva será construída para o presente (ou seja, $t=0$). A próxima seção (Projeções dos benefícios no futuro) tratará da evolução da mesma nos anos vindouros, por meio da sua construção em $t=30$ considerando efeitos de aumento de vulnerabilidade socioeconômica (maiores ativos em risco) e dos perigos associados à mudança do clima (maiores chances de ocorrência dos eventos de cheias). Portanto, embora chamemos este item de caracterização do cenário base, trata-se somente do ano zero ($t=0$), ao passo que a sua evolução será abordada mais à frente.

5.2.1 *Levantamento de registros de danos e perdas históricos na região*

Foram levantados e organizados registros de eventos de desastres por cheias, seus danos e prejuízos (aqui nomeados perdas) em cada município.

Unidade de análise: cidades beneficiadas. A área de intervenção das obras de controle de cheias prevista inclui um conjunto de municípios beneficiados diretamente pela redução de desastres desta natureza. Assim, a estimação dos benefícios foi feita de maneira desagregada para cada município beneficiado, mais precisamente para as suas sedes urbanas, e incluem ao todo dez municípios:

- Bacia do rio Muriaé, sub-bacia do rio Carangola: Carangola-MG e Tombos-MG; e
- Bacia do rio Muriaé: Porciúncula-RJ, Natividade-RJ, Miraí-MG, Muriaé-MG, Laje do Muriaé-RJ, Itaperuna-RJ, Italva-RJ e Cardoso Moreira-RJ.

Sobre a base de dados. Foi utilizada a base de dados atualizados do “Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil: 1995 – 2019” (Banco Mundial, 2020)¹⁰.

Os dados empregados na elaboração deste relatório são provenientes dos registros de desastres informados pelos municípios ao órgão estadual de Defesa Civil ou à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)¹¹. Trata-se, portanto, das declarações

¹⁰ “Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019” / Banco Mundial. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. [Organização Rafael Schadeck] – 2. ed. – Florianópolis: FAPEU, 2020. Disponível em <https://relatoriodesastres.ceped.ufsc.br>.

¹¹ Os dados estão disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), que integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Embora o levantamento de danos materiais e prejuízos ocorridos nos últimos 20 anos tenha sido realizado



municipais de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) reconhecidas pelo Governo Federal. Assim sendo, foi possível obter dados no nível municipal para as ocorrências dos últimos vinte anos.

Codificação e eventos de interesse: os registros do relatório foram todos convertidos para a codificação de desastres COBRADE¹². Embora o relatório agrupe os eventos em Hidrológicos, Climatológicos e Meteorológicos, foram considerados os desastres específicos (até o nível de subtipo) de acordo com o COBRADE. Os subtipos de desastres de interesse ao estudo estão dentro da categoria “Naturais” e grupo “Hidrológicos”, sendo:

Tabela 5-1 - Classificação COBRADE de eventos de interesse, categoria “Naturais”, grupo “Hidrológicos”

Cód. COBRADE	Subtipo de Desastre	Definição
12100	Inundações	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.
12200	Enxurradas	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.

Há uma importante distinção entre eventos de inundação e enxurradas e os de alagamentos, sendo que os primeiros são decorrentes de vazões excessivas, enquanto o último é decorrente de precipitações extremas em áreas urbanas¹³. Os alagamentos, assim, são eventos não correlatos às vazões dos corpos d’água, portanto fora do alcance do projeto de mitigação de eventos de cheias fluviais.

Embora haja a distinção técnica entre eventos de inundação (COBRADE 12100) e de enxurradas (COBRADE 12200), esta não foi utilizada na avaliação de dados, uma vez que

pela CEPED, as informações continuarão a ser alimentadas ao S2ID, tornando-se esta a base de dados mais adequada para o cômputo dos danos e perdas por desastres. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br>.

¹² Foi elaborada a partir da classificação utilizada pelo Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU), com o propósito de adequar a classificação brasileira às normas internacionais. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobrade2.pdf.

¹³ Segundo a definição COBRADE, são **alagamentos** (código 12300): Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.



é sabido que tal classificação é passível de erro interpretativo pelo agente declarador do desastre, sobretudo em registros mais antigos.

Por exemplo, o mesmo evento hidrológico ocorrido em 17 de dezembro de 2008 foi classificado como inundação para os municípios de Tombos, Porciúncula, Natividade, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira, mas como enxurrada para o município de Muriaé. O episódio hidrológico que o projeto intenta controlar, no entanto, é o mesmo.

De acordo com o já citado Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil (Banco Mundial, 2020), entre os anos de 1995 e 2019, foram encontrados um total de 68 registros nos dez municípios de interesse, resultando em uma média de 6,8 registros por município, ou ainda, na média, um evento a cada 2,9 anos em cada cidade. Estes registros podem ser consolidados em 11 eventos de interesse (inundações e enxurradas), conforme tabela a seguir:

Tabela 5-2 - Eventos de desastres registrados nos municípios de interesse na base CEPED

Data do Evento	Carangola	Tombos	Porciúncula	Natividade	Miraí	Muriaé	Laje do Muriaé	Itaperuna	Italva	Cardoso Moreira
11/03/2018					Afetado					
12/12/2013										Afetado
04/01/2012	Afetado				Afetado					
29/12/2011						Afetado				
27/11/2010	Afetado					Afetado				
17/12/2009	Afetado									Afetado
05/01/2009									Afetado	
17/12/2008		Afetado	Afetado	Afetado		Afetado	Afetado	Afetado	Afetado	Afetado
10/01/2007	Afetado		Afetado			Afetado	Afetado	Afetado	Afetado	Afetado
04/03/2005	Afetado		Afetado			Afetado		Afetado	Afetado	Afetado
13/01/2004					Afetado		Afetado	Afetado		

Danos e prejuízos considerados: a base de dados do relatório do CEPED organiza as informações disponibilizadas pelos municípios no FIDE (Formulário de Informações do Desastre). As principais informações econômicas ali registradas se dividem em:

- **Danos Materiais**, os quais se referem às informações de danos em habitações e infraestrutura e em instalações públicas e privadas, apresentados em número de registros e em valores monetários.
- **Prejuízos**, os quais se referem às perdas reportadas nos setores público e privado, sendo que, no segundo, os valores informados estão segmentados nos setores econômicos de agricultura, pecuária, indústria e serviços.

A tabela a seguir resume as categorias discriminadas na base de dados do relatório do CEPED e descreve as subcategorias que as compõem, de acordo com o Formulário de Informações do Desastre (FIDE). O valor de cada categoria é relatado pelo município afetado para cada evento.



Tabela 5-3 - Categorias do FIDE - Formulário de Informações do Desastre

Categorias discriminadas na base do CEPED		Subcategorias do Formulário de Informações do Desastre (FIDE)	Valor relatado pelo município
DANOS MATERIAIS			
Instalações Públicas		De saúde – hospitais, postos de saúde e outros	valor em R\$ correspondente a edificações danificadas ou destruídas
		De ensino – escolas, colégios, faculdades e outros	
		Prestadoras de outros serviços – outras edificações ou instalações públicas	
		De uso comunitário – instalações comunitárias, como centros de convivência, creches e outras	
Habitações		Unidades habitacionais – edificações residenciais, casas e edifícios e demais unidades habitacionais	
Infraestrutura		Obras de infraestrutura pública – Sistema viário (estradas e rodovias), Obras de arte (pontes, pontilhões, viadutos e outros), Sistema de abastecimento de água (dutos), Sistema de energia (postes e transformadores), Sistema de drenagem (bueiros, canaletas etc.)	
PREJUÍZOS			
Públicos: serviços essenciais que foram prejudicados ou interrompidos pelo desastre		Assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médicas – valor necessário para o restabelecimento da assistência médica	Valor em R\$ da recuperação dos diversos itens que compõem os sistemas prestadores dos serviços (valor para restabelecimento)
		Abastecimento de água potável – valor necessário para restabelecimento da Rede, da Estação e do Manancial	
		Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários – o valor necessário para restabelecimento da Rede Coletora e da Estação de Tratamento	
		Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação de lixo – valor necessário para restabelecimento da Coleta e do Tratamento	
		Sistema de desinfestação e desinfecção do habitat e de controle de pragas e vetores – valor necessário para o restabelecimento desse sistema	
		Geração e distribuição de energia elétrica – valor necessário para restabelecimento da rede e da geração de energia	
		Telecomunicações – valor necessário para restabelecimento da Rede e das Estações retransmissoras	
		Transportes locais, intermunicipais e interestaduais – valor necessário para restabelecimento das vias (malha viária) e dos Terminais	
		Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico	
		Segurança pública – valor necessário para restabelecimento das funções de segurança pública	
		Ensino – valor necessário para restabelecimento da rede de ensino	
Serviços Privados (setores)	Agricultura	valor do prejuízo devido à perda de diversos tipos de lavoura, em razão do desastre	Valor em R\$ da recuperação dos diversos itens que compõem os sistemas prestadores dos
	Pecuária	valor do prejuízo em decorrência de animais mortos ou doentes, em função do desastre	
	Indústria	valor estimado de custo da produção do setor industrial afetado pelo desastre	



Categorias discriminadas na base do CEPED		Subcategorias do Formulário de Informações do Desastre (FIDE)	Valor relatado pelo município
	Serviços	valor estimado de custo dos prestadores de serviços prejudicados pelo desastre	serviços (valor para restabelecimento)

Vale registrar que, para o projeto analisado, considerou-se o valor total de cada subcategoria na valoração dos danos e prejuízos causados pelo evento e que seriam evitados pelo projeto. Em outros projetos, por exemplo, pode-se ter de desconsiderar (ou considerar parcialmente) uma ou outra subcategoria, caso o projeto não traga benefícios (perdas evitadas) em um ou outro caso.

Com as datas dos eventos de inundações e enxurradas agregadas pelas categorias de danos e prejuízos acima discriminados (Tabela 5-3), apresenta-se na Tabela 5-4 (abaixo) os valores para os 10 municípios beneficiados em cada um dos onze eventos de desastres hidrológicos, com valores em mil reais a preços de dezembro de 2020.

Tabela 5-4 - Perdas (danos e prejuízos) registrados nos municípios de interesse na base CEPED, com valores na data-base de 2020

Categ.	Danos Materiais (R\$, mil)			Prejuízos (R\$, mil)					TOTAL (R\$, mil)
	Habitacões	Instalações públicas	Infraestrutura	Privado: Serviços	Privado: Indústria	Privado: Pecuária	Privado: Agricultura	Prejuízos Públicos	
11/03/18	13	139	3.310	0	0	0	0	243	3.705
12/12/13	9	0	209	0	0	0	12	0	230
04/01/12	1.681	450	9.046	0	0	53	137	922	12.289
29/12/11	29.386	3.276	155.070	11.913	25.852	342	8.935	10.374	245.148
27/11/10	2.256	125	8.327	1.778	25	1.126	6.388	7.439	27.465
17/12/09	5.395	1.005	17.585	3.940	19	6	2.849	5.346	44.118
05/01/09	4.200	169	33.323	2.049	580	215	158	1.532	34.254
17/12/08	42.303	804	145.125	22.011	18.572	2.374	4.765	7.063	243.018
10/01/07	25.289	4.095	45.384	12.925	13.505	673	2.023	21.665	125.559
04/03/05	13.572	735	40.801	78	70	146	587	91.258	147.246
13/01/04	6.036	9.900	3.884	71	0	0	13.464	17.289	50.643
TOTAL	130.139	20.698	462.065	54.766	58.622	4.935	39.318	163.131	933.674

A Tabela 5-4 (acima) sintetiza os dados econômicos de perdas (danos e prejuízos) encontrados no Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil (Banco Mundial, 2020), sendo válido pontuar que os valores ali apresentados estão a preços de 2019. Uma vez que os valores se referem a eventos



hidrológicos passados, estes foram atualizados com base no Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) de final de período, equalizando-se assim os valores monetários apresentados pelos municípios em diferentes anos (Banco Mundial, 2020). Para a ACB, os valores reportados pelo CEPED foram novamente corrigidos, pelo mesmo índice de preços, para a data-base de dezembro de 2020 (ano “0”), equiparando-os em termos monetários à data-base dos custos econômicos (capítulo 4).

5.2.2 *Reunião de dados hidrológicos e hidráulicos caracterizando as cheias e inundações*

Após reunir dados econômicos de perdas e danos associados aos onze episódios de desastres de cheias ocorridas na bacia do rio Muriaé, coube consolidar dados hidrológicos que embasassem a próxima etapa de construção das curvas de probabilidade de ocorrência de danos.

Tempos de retorno identificados no Hidroweb: Cada evento extremo, em cada localidade, está relacionado a uma determinada vazão extrema dos corpos d’água associados (rio Muriaé e rio Carangola). Estas vazões, embora tenham sido submetidas à modelagem hidrológica com software específico no desenvolvimento do projeto SIEMEC¹⁴, podem também ser computadas a partir dos dados disponíveis no Portal HidroWeb, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico¹⁵. Para a análise de custo-benefício, interessam as vazões ou os níveis fluviais, a depender se o projeto em análise traz informações de abatimento das cheias em função de um ou outro indicador dos eventos que se intenta reduzir.

Na presente análise, utilizou-se dos dados de vazão das seguintes estações fluviométricas: Carangola (estação número 58930000), Porciúncula (estação num. 58934000), Muriaé (estação n. 58920000, após a confluência dos rios Muriaé e Preto), Itaperuna (estação n. 58940000) e Cardoso Moreira (estação n. 58960000).

Nota-se que nem todas as cidades beneficiadas contam com estações fluviométricas, o que pode (e foi) contornado por meio da inferência da hidrologia nos demais municípios com base em suas localizações na sub-bacia hidrográfica. Tombos, por exemplo, localiza-se entre as cidades de Carangola e Porciúncula, enquanto Natividade é entre Porciúncula e Itaperuna. O mesmo ocorre com o município de Laje do Muriaé (entre Muriaé e

¹⁴ O Projeto utilizou de simulações pelo modelo hidráulico (software HEC-RAS).

¹⁵ O Portal é ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Os dados disponíveis no Portal HidroWeb se referem à coleta convencional de dados hidrometeorológicos, ou seja, registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>



Itaperuna) e Italva (entre Itaperuna e Cardoso Moreira). Já a cidade de Mirai fica nas cabeceiras da bacia e é a montante de Muriaé.

5.2.3 *Elaboração das curvas de probabilidade de excedência de danos*

Para a elaboração das curvas de probabilidade de excedência de danos, são necessários tanto (i) os dados históricos de eventos de cheias e seus prejuízos e danos associados, para cada município, como (ii) os dados hidrológicos da região de estudo suficientes para embasar uma avaliação crítica dos mesmos.

Nessa etapa, busca-se associar os tempos de retorno (TR) de eventos hidrológicos extremos com os eventos históricos registrados, gerando assim curvas de probabilidade associado ao valor em risco para cada TR. Os seguintes passos metodológicos foram tomados (o passo-a-passo pode ser consultado no Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Complexo de Barragens Muriaé):

- Em consulta ao HidroWeb e com base nas vazões históricas lá registradas, identificou-se o tempo de retorno associado a cada um dos onze eventos de desastres por inundações e enxurradas ocorridos na bacia de interesse, consultando-se a vazão máxima no dia da ocorrência;
- Adotou-se a premissa de que os eventos de pior materialização de perdas econômicas (maiores perdas) estão associados a TR superiores a 100 anos;
- Conforme concepção do cenário base (item 3.3.2), as perdas eventualmente associadas aos tempos de retorno de 2 anos foram desconsideradas;
- Mediante as premissas definidoras para as perdas e TRs máximos e mínimos, realizou-se a associação das perdas dos demais eventos de TR inferiores, por meio de interpolação com base nas vazões e nos registros de perdas econômicas, alocadas na proporção da TR dos eventos ocorridos de maior proximidade aos de 10, 25 e 50 anos;
 - Como exemplo, tem-se Porciúncula, cuja maior perda econômica (R\$ 15 milhões) foi registrada no desastre de dezembro de 2008. Associou-se tal perda ao TR de 100 anos; já para a perda esperada por um TR de 50 anos, associou-se o valor de R\$ 1,4 milhões, fruto da proporção entre a perda de R\$ 2,4 milhões ocorrida em janeiro de 2007 associada à uma TR de 85 anos; como a base de perdas não apresenta outras ocorrências de perdas com TR inferiores, não foi associado expectativas de perdas para os TR de 25 e de 10 anos.
- Uma vez que as estações fluviométricas não cobrem todas as cidades consideradas, realizou-se a associação entre os TR de cidades próximas daquelas com informações fluviométricas por meio de inferências, respeitando-se o desenho fisiográfico da bacia:
 - Para o município de Tombos, utilizou-se da referência de vazão das estações de Carangola e Porciúncula;
 - Para Natividade, a vazão das estações de Porciúncula e Itaperuna;



- Para Laje do Muriaé, a vazão das estações de Muriaé e Itaperuna; e
- Para Italva, a vazão das estações de Itaperuna e Cardoso Moreira.

A elaboração das curvas de probabilidade de excedência de perdas traz, nessa etapa preliminar de análise, limitações intrínsecas à ausência de uma modelagem hidrológica que tenha associado as vazões dos eventos passados com seus respectivos tempos de retorno. Com base nesta, poder-se-ia precisar a área de inundação dos eventos históricos e eventos projetados, em função de diversos TR, em polígonos. Muito embora o SIEMEC tenha realizado a modelagem hidrológica para associar o porte das obras aos tempos de retorno, deixou de fazê-lo frente aos eventos passados e seus polígonos de inundação, o que teriam rendido maior facilidade e precisão à presente análise.

É importante lembrar que as premissas aqui adotadas deverão ser confrontadas com estudos mais aprofundados, sobretudo hidrológicos, que confirmem ou refinem as inferências aqui feitas quando da avaliação do projeto em etapas mais refinadas de análise.

A figura a seguir mostra a curva de probabilidade de excedência sem o projeto (base) no presente ($t=0$), construída a partir dos eventos de inundações e enxurradas com intensidade suficiente para terem gerado declarações de situação de emergência ou calamidade pública, ocorridos nos últimos vinte anos (com dados de Banco Mundial, 2020). Nota-se que cada município tem sua própria curva, em função dos eventos e das perdas (danos e prejuízos) a eles associados; a figura, de forma simplificada, demonstra a soma das curvas dos 10 municípios.

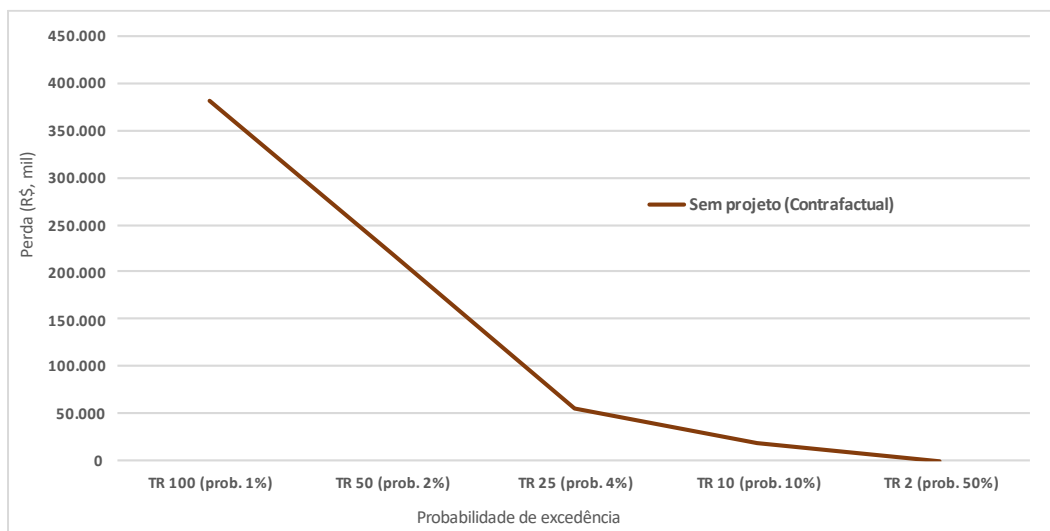


Figura 5.1 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas sem o projeto (base)

Uma vez que a curva de probabilidade de excedência de danos associou valores econômicos aos tempos de retorno (ou seja, às probabilidades de ocorrência, em um ano qualquer, de evento daquela magnitude de perda associada), seguiu-se da mesma sequência de passos para associar outras duas informações utilizadas para a estimação



dos benefícios, quais sejam: (i) quantidade de habitações afetadas; e (ii) número de pessoas afetadas pelos eventos críticos. Estas duas informações são disponibilizadas pela mesma base de dados do CEPED (op. cit.).

5.3 ESTIMAÇÃO DAS PERDAS EVITADAS COM O PROJETO

Para esta etapa, ambas alternativas do projeto são equivalentes, já que, embora com técnicas distintas, objetivam reduzir exatamente os mesmos efeitos de cheias (abatem os mesmos danos e prejuízos). Sendo assim, os cálculos aqui apresentados se aplicam a ambas indistintamente.

De forma pragmática, a implementação de projetos de controle de cheias visa essencialmente deslocar a curva de probabilidade de eventos e seus danos associados, ou seja, fazer com que os impactos de eventos com TR maiores sejam nulos ou reduzidos.

Na prática, obras de engenharia irão garantir que, até um certo TR, não haja cheia na localidade como antes havia. De acordo com os dados do SIEMEC, uma série de obras (barragens e/ou canais) foram pensados para atender aos 10 municípios afetados pelos eventos recorrentes de inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do rio Muriaé e sub-bacia do rio Carangola. Esse planejamento considerou a redução máxima possível à exposição dentro de um critério de economicidade em termos de alternativas técnicas possíveis (ver definição de projeto e alternativas, item 3.3.1).

Para isso, e com base em SIEMEC, os seguintes eventos passam a ser totalmente evitados com a situação de projeto:

- Em Natividade, Laje do Muriaé, Italva e Cardoso Moreira, abate-se um evento equivalente ao TR de 25 anos;
- Em Carangola, um TR de 50; e
- Nos demais municípios (Tombos, Porciúncula, Mirai, Muriaé e Itaperuna), um TR de 100 anos.

O SIEMEC não apresentou como alternativa o abatimento de todos os TR (acima de 100) em todos os municípios. Dessa forma, mesmo com a implantação do projeto, algum dano deverá continuar a ocorrer nos locais analisados. Nota-se que quanto maior o período de retorno que se almeja evitar, maior será o custo da intervenção, pois maiores serão as estruturas de contenção de cheias. Outras possíveis combinações de tempos de retorno poderiam ter sido testadas, na fase de concepção do projeto, via ACB Preliminar.

Qualquer evento antes da TR de projeto passará a ter dano ou prejuízo nulo. Para os eventos que superem a TR do projeto, considerou-se que, eventos a partir da TR de projeto, terão desastres associados, porém causando danos e prejuízos menores, amortecidos pelas obras presentes. Aplicou-se uma fração de abatimento de danos para a ocorrência de eventos acima da TR do projeto, de forma arbitrária. Uma vez que estes percentuais de abatimento remanescente foram assim definidos, são submetidos aos testes de sensibilidade para verificar sua influência no resultado da ACB. São eles:

- TR 25 para TR 50 (quando aplicável): 50% de abatimento de perdas com o projeto; e

- TR 50 para TR 100 (quando aplicável): 33% de abatimento de perdas com o projeto.

Assim, partindo da curva de perdas do cenário base e aplicando os novos TR de cheia e abatimentos descritos, temos a nova tabela de danos por TR e a curva de associada (aqui novamente de forma agregada). A Figura 5.2, abaixo, manteve a mesma escala que a anterior (Figura 5.1), demonstrando com clareza a redução esperada nas perdas (perdas evitadas) com a implementação do projeto.

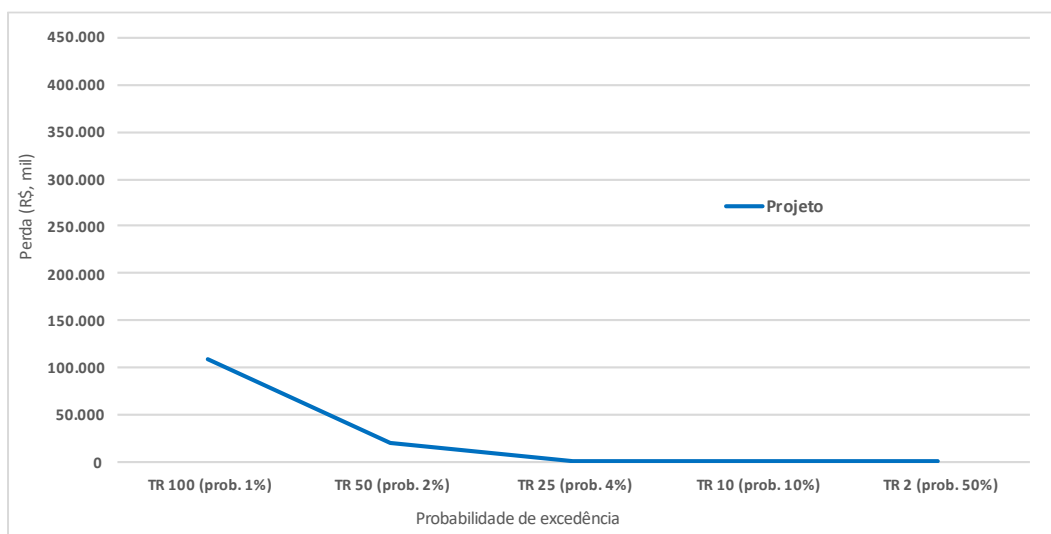


Figura 5.2 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com o projeto

O Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB Complexo de Barragens Muriaé traz abas compilando as informações descritas e detalhando as etapas acima. A Aba “4_Ben-Curvas_T0” traz os resultados do levantamento de perdas econômicas, combinado com a análise hidrológica para plotar ambas as curvas em conjunto. Esta aba também já calcula a diferença de ambas as curvas de forma anualizada, objeto da seção seguinte.

5.4 CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS: PERDAS EVITADAS

5.4.1 Perdas evitadas com base em Banco Mundial, 2020

Com as tabelas de TR e os danos e prejuízos nos cenários sem e com o projeto (as quais refletem as curvas de probabilidade de excedência de perdas), basta subtrair uma da outra para se obter os valores evitados com a implementação do projeto¹⁶.

¹⁶ A depender do caso concreto, recomenda-se mensurar e calcular os prejuízos associados à ocorrência de danos físicos às pessoas (mortos e feridos). Da mesma forma, recomenda-se calcular também o custo do aumento da morbidade, em decorrência da maior proliferação de doenças, com prejuízos ao sistema de saúde.

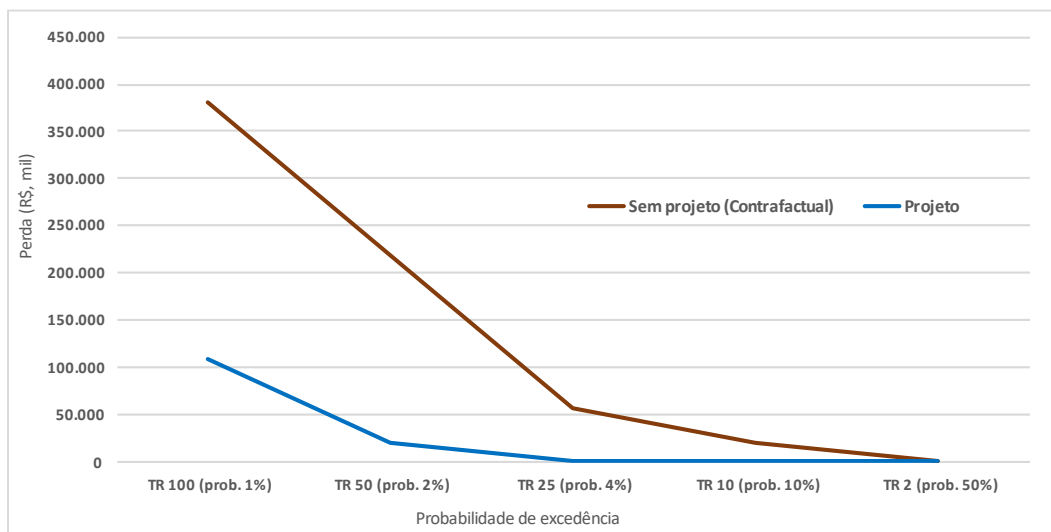


Figura 5.3 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com e sem o projeto

Para o cálculo do valor anualizado de benefícios, deve-se computar a integral da diferença entre as curvas de perdas esperadas com e sem o projeto. Utilizou-se o método indicado no Manual ACB Infra Hídrica, que é um dos métodos propostos por Olsen et al. (2015)¹⁷, também utilizado pelo Manual de ACB chileno.

Em suma, deve-se fazer a média da perda prevista no período (t) com a perda prevista no período anterior (t-1) e multiplicá-la pela diferença na probabilidade de excedência. Uma vez que a perda evitada é a somatória da diferença das curvas com e sem o projeto, o resultado anual do benefício é dado pelo resultado da soma obtida pelos valores anualizados.

Como o projeto atende a dez municípios, novamente tem-se uma somatória dos valores anualizados de perdas esperadas para cada um deles, conforme demonstra a tabela abaixo. O resultado é uma expectativa de benefício anualizado, fruto da redução das perdas esperadas a partir da implementação do projeto.

A Tabela 5-5 apresenta os valores anualizados de perdas esperadas para cada um dos municípios na situação com e sem o projeto, revelando a geração de um benefício anualizado da ordem de R\$ 11,72 milhões.

Nota-se também que em alguns dos municípios o risco identificado pelo cenário base é totalmente abatido na situação com a implementação do projeto (Tombos, Porciúncula, Miraí, Muriaé e Itaperuna). Já nos demais municípios, o projeto tal como concebido abate uma (grande) fração das perdas futuras estimadas, mas não todas.

¹⁷ Olsen, A. et al. Comparing Methods of Calculating Expected Annual Damage in Urban Pluvial Flood Risk Assessments. Water 2015, 7, 255-270; doi:10.3390/w7010255



Tabela 5-5 - Valores anualizados de perdas esperadas para cada município com e sem o projeto

Perdas (danos e prejuízos) atuais esperados em t=0 (R\$)		
Município	Base (B)	Alternativo (com Projeto) (A)
Carangola	2.950.589	182.744
Tombos	18.869	0
Porciúncula	96.468	0
Natividade	211.936	73.401
Miraí	240.956	0
Muriaé	6.607.543	0
Laje do Muriaé	241.039	117.868
Itaperuna	832.614	0
Italva	917.234	263.730
Cardoso Moreira	468.384	231.574
TOTAL	12.585.632	869.317
	Benefício líquido anual em t=0	11.716.315

Os resultados acima se referem a t=0 uma vez que há expectativa de aumento das perdas no futuro devido ao aumento na severidade e/ou frequência dos eventos extremos e também do crescimento econômico dos municípios (que aumenta a base de ativos em risco), como é explorado no item 5.6, que trata da evolução temporal das curvas encontradas. Antes, no entanto, apresentam-se nos itens subsequentes outras duas valorações de benefícios decorrentes do projeto.

5.4.2 Perdas evitadas com base em valoração dos prejuízos privados

Conforme identificado no item 5.2, os valores em risco têm como base o compêndio de informações dos desastres ocorridos no passado. As perdas econômicas foram sistematizadas por Banco Mundial (2020) com dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. O S2ID, por sua vez, tem como fonte primária o Formulário de Informações sobre o Desastre (FIDE), a ele submetido pelos municípios que pleiteiam o reconhecimento de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP).

Conforme exposto na Tabela 5-3 do item 5.2.1, as perdas econômicas por danos materiais são preponderantes em valor frente aos prejuízos (66% contra 44%, respectivamente). Dentre os prejuízos, por sua vez, preponderam aqueles aos serviços públicos, que representam 51% do total entre prejuízos aos serviços, à indústria, à pecuária e à agricultura.

O pior dos desastres, em perdas totais (dentre os 10 municípios), foi o ocorrido em dezembro de 2011 no município de Muriaé, que sozinho reportou a ocorrência de R\$ 245



milhões em perdas, sendo R\$ 188 milhões referentes aos danos materiais e R\$ 57 milhões aos prejuízos (públicos e privados). Dos prejuízos, reportou-se R\$ 11,9 milhões (5% do total) aos serviços privados, não obstante o evento tenha causado desarticulação viária no município e afetado a todos os seus habitantes por um intervalo de tempo equivalente a diversos dias.

É plausível conceber, portanto, que haja uma subnotificação do prejuízo aos serviços privados. Com base nessa hipótese, pode-se calcular o dano que ocorre a esse setor econômico pela proxy do valor da produção momentaneamente cessante que teria sido gerado pelas pessoas diretamente afetadas pelos desastres.

Uma vez que a valoração por método próprio do dano evitado ao setor de serviços privados, resulta em dupla contagem com os valores reportados pelo Banco Mundial (2020), sua consideração se dá mediante a exclusão dessa mesma categoria dos cálculos do benefício anual, conforme apresentado no item anterior (5.4.2)¹⁸.

De modo semelhante ao que foi realizado para o cômputo dos benefícios via danos evitados, calculados com base nos dados de Banco Mundial (2020), compilam-se as curvas de pessoas afetadas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com e sem o projeto.

Tabela 5-6 – Valores anualizados de pessoas afetadas para cada município com e sem o projeto

Pessoas afetadas em t=0		
Município	Base (B)	Alternativo (com Projeto) (A)
Carangola	1.383	195
Tombos	6	0
Porciúncula	69	0
Natividade	25	16
Miraí	27	0
Muriaé	4.168	0
Laje do Muriaé	125	39
Itaperuna	1.019	0
Italva	369	59
Cardoso Moreira	83	29
TOTAL	7.273	339
	Diferença anual em t=0	6.934

Uma vez realizada a estimativa anualizada de pessoas afetadas pelos eventos, pode-se atribuir a elas um valor econômico de produção, gerando a proxy do prejuízo privado pela produção momentaneamente cessante. Para estimar a remuneração diária média por pessoa, foi utilizada a informação de salários e outras remunerações do Cadastro Central

¹⁸ Com essa exclusão, o benefício anualizado passa a ser de R\$ 10,97 milhões, e não mais de R\$ 11,72 milhões.



de Empresas, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como mostra a tabela abaixo.

Tabela 5-7 - Parâmetros para a valor da produção cessante das pessoas afetadas

Município	Total dos salários e outras remunerações em 2018	Pessoal ocupado total em 2018	Remuneração média em 2018	Valor corrigido pela inflação para data-base de 2020	Valor da remuneração média por dia por pessoa
	R\$, mil	Pessoas	R\$/pessoa/ano	R\$/pessoa/ano	R\$/pessoa/dia
Carangola	104.667	6.289	16.642,87	18.009,25	50,03
Tombos	16.654	1.170	14.234,19	15.402,81	42,79
Porciúncula	49.376	2.101	23.501,19	25.430,64	70,64
Natividade	50.122	2.455	20.416,29	22.092,47	61,37
Miraí	48.733	2.581	18.881,44	20.431,61	56,75
Muriaé	538.972	26.741	20.155,27	21.810,01	60,58
Laje do Muriaé	22.067	1.064	20.739,66	22.442,39	62,34
Itaperuna	569.226	24.678	23.066,13	24.959,86	69,33
Italva	42.450	2.108	20.137,57	21.790,87	60,53
Cardoso Moreira	35.292	1.665	21.196,40	22.936,62	63,71
TOTAL	1.477.559	70.852	20.854,16	22.566,29	62,68

Considerando que cada pessoa diretamente afetada pelo desastre se restrinja de produzir durante 15 dias, tem-se que o total da produção cessante por pessoa afetada é de R\$ 940,26 por ano, na média dos dez municípios. Uma vez que esse parâmetro é arbitrário, realizam-se teses de sensibilidade quanto ao seu grau de influência nos resultados finais.

A multiplicação das pessoas que, com o projeto, deixam de ser diretamente afetadas pelos desastres (anualizadas), com o valor da produção média diária de cada pessoa, resulta em um benefício anual de R\$ 6,52 milhões.

5.5 BENEFÍCIO DA MELHORA NO BEM-ESTAR VIA PROXY DA VALORIZAÇÃO IMOBILIÁRIA

O item 5.4, acima, tratou dos benefícios econômicos gerados pelas perdas evitadas, ou seja, danos e prejuízos que o projeto impedirá de que venham a ocorrer no futuro. Há, ainda, uma outra categoria de benefícios que captura a melhoria na segurança e no bem-estar da população beneficiada por ter seus riscos de desastre diminuídos. Trata-se do benefício de incremento no bem-estar por aqueles que passam a conviver com menores níveis de risco.

Sua valoração se faz possível por meio da proxy da valorização dos imóveis que deixam de ser atingidos e também daqueles imóveis que teriam risco de serem atingidos. Nota-se que o custo evitado com a reparação dos imóveis já está contabilizado via perdas evitadas (item 5.4), restando aqui contabilizar a melhoria no bem-estar utilizando do



parâmetro de valorização imobiliária como forma de capturar tal apropriação de forma pecuniária.

Deve-se atentar ao risco de dupla contagem em relação aos prejuízos materiais já computados, cabendo aqui esta importante distinção: a valorização imobiliária é utilizada apenas como forma de se traduzir, em termos monetários, o benefício da melhora no bem-estar. Para tanto, a forma de valoração compila a quantidade de economias que seriam danificadas na ausência do projeto e aplica, sobre elas, a potencial valorização imobiliária. Esta valorização, posteriormente, é multiplicada por um quantitativo de residências que simulam o entorno das regiões, nos municípios estudados, mais propícias a sofrerem com os efeitos das cheias.

Como forma de estimação desse quantitativo de residências, utiliza-se da mesma base de dados que para as perdas evitadas, associando dessa vez as habitações que foram danificadas no passado com os tempos de retorno, permitindo compilar a quantidade de habitações que se esperam valorizar. Utilizou-se das mesmas curvas de probabilidade de excedência de perdas, pois a base de dados (Banco Mundial, 2020) traz para cada evento a quantidade de habitações danificadas.

Tabela 5-8 – Habitações danificadas para cada município com e sem o projeto (valor anualizado)

Município	Habitações danificadas em t=0	
	Base (B)	Alternativo (com projeto) (A)
Carangola	4	1
Tombos	1	0
Porciúncula	5	0
Natividade	0	0
Miraí	2	0
Muriaé	176	0
Laje do Muriaé	6	2
Itaperuna	36	0
Italva	16	3
Cardoso Moreira	9	3
TOTAL	253	8
	Diferença anual em t=0	245

A maior garantia da não ocorrência de eventos críticos de cheias tem um efeito positivo nos valores dos imóveis nas áreas anteriormente afetadas. A valoração desse benefício foi feita com base no parâmetro arbitrário de 15% de valorização no valor equivalente ao aluguel do imóvel beneficiado¹⁹. Para fins de cômputo do valor do aluguel que o projeto

¹⁹ Embora arbitrado, o parâmetro guarda referência em sua ordem de grandeza aos resultados encontrados para a diferença no valor dos aluguéis de imóveis sem rede de coleta de esgotos com



espera aumentar por meio da segurança contra eventos de enchentes, foram realizados os seguintes passos:

- 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\$ 1.551 no RJ);
- 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;
- Consultou-se, então, o índice FIPE-Zap²⁰ para o *rental yield* mensal médio (dado único para todo o País), que é reportando em sendo 0,39%;
- O resultado é a estimativa de valor anual de aluguel, por imóvel, de R\$ 4.264 para o estado de Minas Gerais e de R\$ 4.536 para o estado do Rio de Janeiro.

Considerando-se que o aluguel na área de risco é, ao menos, 15% valor do que o aluguel de imóvel similar em área sem risco, pode-se estimar o efeito econômico da melhora no bem-estar por meio dessa *proxy*. Uma vez que o parâmetro de (des)valorização imobiliária é arbitrário, realiza-se teses de sensibilidade quanto ao seu grau de influência nos resultados.

Tabela 5-9 - Benefício da melhora no bem-estar via proxy da valorização imobiliária

	Aluguel em área sem risco (por imóvel)	Aluguel teórico de imóvel na área de risco	Incremento no valor médio do aluguel em decorrência da redução de risco
Unidade da Federação	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
Minas Gerais	4.263,56	3.624,02	639,53
Rio de Janeiro	4.535,51	3.855,19	680,33

Por fim, multiplicou-se o valor diferencial no aluguel pela quantidade de habitações que deixam de ser danificadas. Como forma de contemplar o aumento no bem-estar propiciado à toda a região que tem seu risco minorado, arbitrou-se que para cada habitação que teria sido diretamente afetada, outras onze também gozariam do benefício por deixarem de estar em áreas de risco. O resultado final resulta em um benefício anual de R\$ 1,94 milhões.

outros em situações e condições similares, porém com acesso à rede coletora (16,4%). O acesso a água tratada também tem efeito positivo sobre o valor do aluguel (9,0%), bem como a existência de banheiro no domicílio (7,4%). [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.]

²⁰ Disponível em: <https://fipezap.zapimoveis.com.br/noticias/noticias-fipezap/pesquisas-e-relatorios/indice-residencial/indice-residencial-aluguel/>



5.6 PROJEÇÕES DOS BENEFÍCIOS NO FUTURO

Os cálculos anteriores permitem chegar ao valor anualizado das duas categorias de benefício valoradas (perdas evitadas e melhora no bem-estar) para o conjunto dos dez municípios afetados pelo projeto. A fim de considerar a distribuição dos benefícios no futuro, no entanto, dois outros importantes fatores precisam ser levados em conta:

- Vulnerabilidade e exposição crescentes: danos e prejuízos econômicos crescentes, refletindo maiores ativos em risco;
- Perigos hidrometeorológicos crescentes: mudança do clima.

Ao nível de uma ACB Preliminar não caberia uma investigação aprofundada dos comportamentos destes dois fatores. No entanto, é prudente considerá-los de alguma maneira uma vez que certamente ambos deverão ocorrer. Afinal, espera-se que as economias dos municípios apresentem crescimento, ao menos para acompanhar o crescimento demográfico previsto. Esse crescimento aumenta a vulnerabilidade e exposição aos eventos de desastres, o que potencialmente acresce benefícios no futuro.

5.6.1 Danos e prejuízos econômicos crescentes

Espera-se que o valor em risco se altere no futuro em função do crescimento da economia dos municípios beneficiados. Estes irão alterar o benefício anual projetado, pois a base de ativos em risco será maior, mesmo que o evento hidrológico subjacente seja o mesmo.

A projeção de crescimento econômico para cada um dos municípios pode ser utilizada como proxy para os danos e prejuízos que se esperam ter no futuro com desastres de inundações e enxurradas²¹. Não foram encontradas projeções econômicas ao nível municipal, mas uma leitura das taxas de crescimento econômico pretéritas dos municípios permite identificar que não se trata de ambiência de pujança econômica.

Na ausência de projeções econômicas específicas para cada município, assume-se que há andamento pari-passu ao PIB nacional, corrigindo-se pela correlação histórica (2002-2018) do PIB de cada um dos municípios com o da Federação. Essa correlação é estabelecida a partir dos valores dos PIB municipal obtidos junto ao IBGE. A correlação histórica do PIB nacional com o PIB de cada um dos municípios é mantida constante no tempo, balizando a aplicação da expectativa de crescimento do PIB nacional para os municípios.

As expectativas de crescimento do PIB nacional foram obtidas na Nota Técnica 017/2019 da EPE, denominada Cenário econômico para os próximos dez anos (2020-2029)²². A expectativa trazida pelo referido documento é de um crescimento de 2,1% entre os anos de 2021 e 2024, passando então para 2,4% entre 2025 e 2029. Para os demais anos de

²¹ Na ausência de projeções econômicas, uma forma alternativa de se balizar a possível variação futura nos danos e prejuízos é por meio da variação projetada na população.

²² Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-440/NT%20Cenário%20Econômico%2010%20anos%202029%20VF.pdf>



análise, a taxa de 2,4% foi mantida constante, pois alinha-se com as expectativas de crescimento de longo prazo para o Brasil trazidas pelo Fundo Monetário Internacional²³.

Sabe-se que a pandemia da Covid-19 gerou repercussões econômicas de grande magnitude, cujo desfecho em termos de crescimento ainda é incerto. No entanto, segundo a Nota Informativa do Ministério da Economia intitulada Projeções de Crescimento Econômico e Medidas Fiscais, de 29 de janeiro de 2021, pode-se esperar uma recuperação célere, de forma que não se alteram as projeções de prazos mais alongados, acima descritas, em função da pandemia.

Essa projeção econômica é aplicada aos benefícios ao longo dos trinta anos de horizonte temporal. Tal exercício permite a elaboração de curvas futuras de danos e prejuízos para o ano $t=30$.

5.6.2 Mudança do clima

Sabe-se que a concepção inicial do projeto, suas premissas hidrológicas e obras, não levou em conta os efeitos da mudança do clima (conforme o já citado relatório SIEMEC). Assim, os resultados consideram a estacionariedade das séries de vazões históricas na bacia, a qual, sendo equivocada precisa ser, de alguma forma, corrigida. A mudança do clima trará um efeito de deslocamento nas curvas de perdas e suas probabilidades, já que os eventos hoje teriam seus períodos de retorno (probabilidades de ocorrer) alterados no futuro - uma chuva com TR 50 hoje poderá ter uma TR 25 no futuro, por exemplo.

Não cabe a este estudo de caso e a uma ACB Preliminar discorrer quanto à ciência do clima, seus achados e premissas, além da miríade de modelos e projeções climáticas disponíveis e necessárias a uma avaliação mais robusta das tendências hidrometeorológicas para a região. Por exemplo, a plataforma "Projeções Climáticas no Brasil" disponibilizadas pelo INPE e MCTI, permite navegar por uma infinidade de modelos, cenários, variáveis e dados que, após extenso tratamento estatístico, trariam projeções confiáveis, mesmo que dentro de faixas de incerteza.

Aqui, no entanto, a fim de considerar o possível efeito do clima, buscou-se alguma referência mais geral e ampla das tendências previstas para a região, sobretudo no que diz respeito aos eventos extremos de chuva. Toma-se como base os mapas de projeções climáticas do país disponíveis na 4ª Comunicação Nacional às Nações Unidas no âmbito do Acordo de Paris (UNFCCC)²⁴ relacionados a projeções do projeto Helix e à variável RX5day, ou seja, a precipitação máxima acumulada em cinco dias consecutivos (intrinsecamente relacionada a eventos de cheias).

As figuras a seguir mostram extratos dos mapas disponibilizados na 4ª Comunicação Nacional para a variação do RX5day no inverno e verão em relação ao período histórico para o cenário de aquecimento SWL4 (*Specific Warming Level*).

²³ World Economic Outlook (WEO). Disponível em:

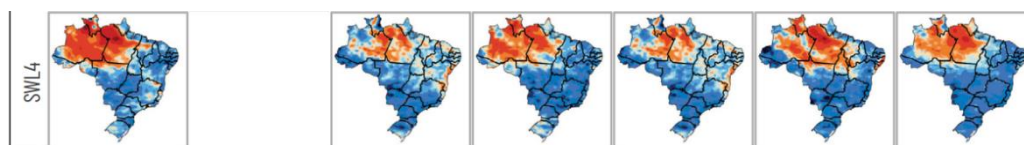
<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2020/October>

²⁴ UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: <https://unfccc.int/non-annex-I-NCs>

Modelos

IPSL-CM5A-LR GFDL-ESM2M HadGEM2-ES IPSL-CM5A-MR MIROC-ESM-CHEM ACCESS1-0 ENSEMBLE MEAN

Meses de verão



Meses de inverno

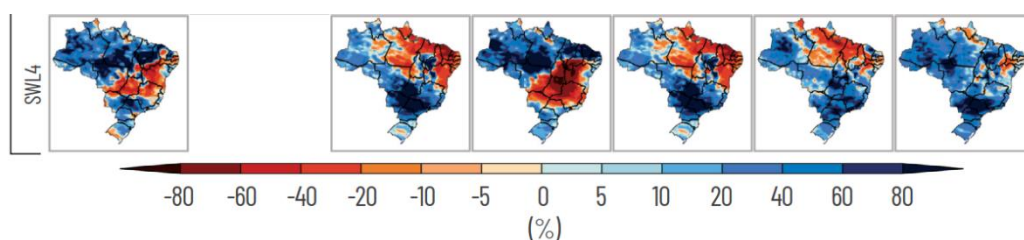


Figura 5.4 - Projeções de extremos climáticos

A figura acima traz as projeções de extremos climáticos: Variação da precipitação máxima acumulada em 5 dias – RX5day (%) em relação ao período de referência (1981-2010), para o SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo HadGEM3 (extraído de *Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC*, Brasil, 2020).

A partir de uma análise qualitativa e visual do conjunto de mapas associado aos modelos, é possível concluir que é esperada uma piora nos indicadores de extremos de chuvas, tanto no verão quanto no inverno. Logo, pode-se esperar que as mudanças do clima aumentem os danos e prejuízos associados aos eventos de inundações e enxurradas. O percentual de variação para o indicador RX5days chega a mais de 60% em alguns experimentos (como são chamados os modelos) e em alguns poucos casos há redução prevista.

Como pode ser observado pelos onze eventos históricos de cheias ocorridos na região do Muriaé entre os anos de 1995 e 2019, todos ocorreram entre novembro e março (sendo 4 em dezembro e 5 em janeiro). Dessa forma, o período do verão é o de maior interesse, já que coincide com as piores chuvas e aquelas associadas aos eventos com danos do passado. Nessa temporada, todos os mapas da 4ª Comunicação Nacional apontam uma variação positiva do indicador de 20% a 40% no cenário SWL4 (decorrentes dos cenários climáticos futuros em que o aquecimento médio global é de 4°C).

Embora a consideração do SWL4 possa parecer exagerada para o horizonte do projeto, as trajetórias atuais de emissões globais apontam para este cenário provável, sendo recomendado que políticas de adaptação sejam desenhadas para o mesmo.

Considerando os percentuais discutidos acima, optou-se por aplicar uma piora arbitrária de 20% nos efeitos hidrológicos do clima sobre os resultados do projeto no ano final da análise (ano 30). Na prática, isso significou reduzir os tempos de retorno nesse percentual

e recalculas as curvas de probabilidade de excedência de danos e seus efeitos anualizados para o ano 30.

Sabe-se que a mudança do clima pode ser uma variável de suma importância na ACB de projetos intrinsecamente dependentes de variáveis hidrometeorológicas e que, embora existam estudos cada vez mais robustos de projeções climáticas e que as variáveis têm apontado para direções relativamente mais estabelecidas, ainda é passível de muita incerteza. Cabe, ao nível de uma ACB Preliminar, “testar” a sensibilidade deste fator nos resultados de tomada de decisão final, como será feito na seção correspondente (capítulo 8, análise de sensibilidade).

A figura a seguir mostra as curvas considerando os efeitos socioeconômicos (item anterior, 5.6.1) e da mudança do clima (presente item) de forma concomitante para o ano $t=30$. Nota-se que os valores de danos e prejuízos aumentam em relação ao $t=0$, assim como os tempos de retorno dos eventos considerados reduzem. Com as curvas em $t=0$ e $t=30$ e seus valores anuais, foi possível distribuir os benefícios no tempo, adotando-se a premissa simplificadora de uma distribuição linear (próximo item, 5.7).

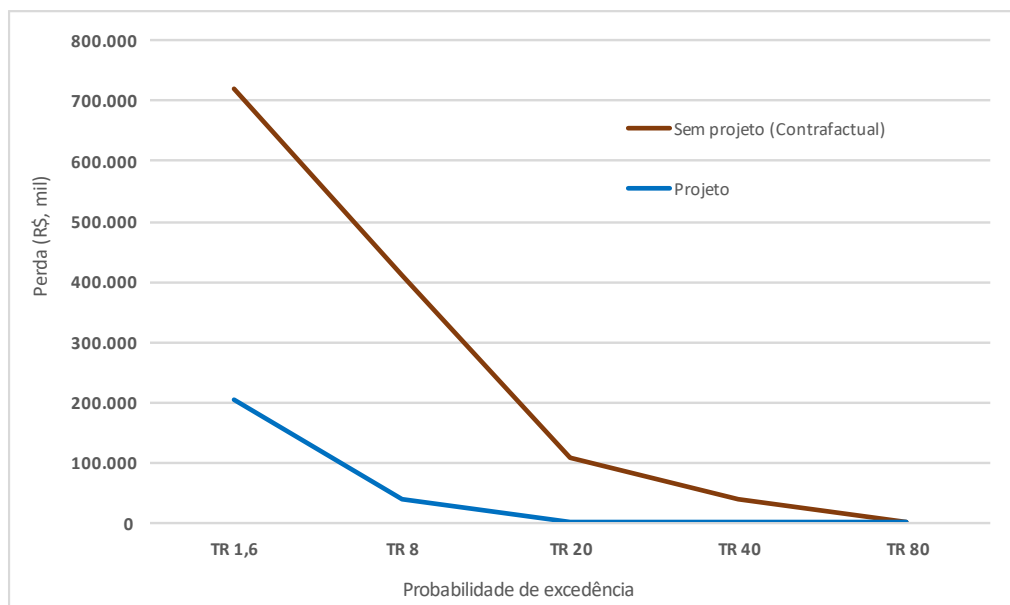


Figura 5.5 - Curva de perdas em função da probabilidade de eventos de inundação e enxurradas com e sem o projeto projetados para o ano T30

5.7 RESULTADOS DOS BENEFÍCIOS DO PROJETO

As premissas apresentadas permitem compilar a somatória dos benefícios das perdas evitadas (sendo que os prejuízos correspondentes ao setor de serviços privado contam com estimativa própria, enquanto os demais prejuízos e danos materiais seguem a estimativa de Banco Mundial, 2020) e do aumento do bem-estar pela redução do risco de eventos de cheias promovido pelo projeto.



O resultado da somatória dos benefícios econômicos no ano $t=30$ é de R\$ 19,43 milhões (anualizado). Já no ano $t=30$, espera-se que o aumento dos ativos em risco e o aumento do risco climático eleve o benefício para R\$ 36,48 milhões (anualizado). Como forma de distribuir os benefícios no tempo, entre o ano 2 e o ano 29, adotou-se a premissa simplificadora de uma distribuição linear, cujo incremento anual no valor do benefício é equivalente a R\$ 0,59 milhões. A tabela a seguir apresenta os resultados para alguns anos, iniciando-se no 5º uma vez que nos quatro primeiros anos o benefício não pode ser contabilizado devido ao período de implementação do projeto.

Tabela 5-10 - Benefício das perdas evitadas (R\$, milhões)

Município	Ano 5	...	Ano 15	...	Ano 30
Perdas Evitadas	19,61	...	24,92	...	32,89
Melhora no bem-estar	2,17	...	2,74	...	3,59
TOTAL	21,78	...	27,66	...	36,48



6. 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 desencadear interpretações indevidas com os custos de implementação e operação do projeto (CapEx e OpEx, tratados no capítulo 4).

6.1 *ESTIMAÇÃO DE EXTERNALIDADES*

A implantação de um projeto como o complexo de barragens e canais para controle de cheias na bacia hidrográfica do rio Muriaé deverá trazer benefícios sociais, os quais muitos não estão a mercado e necessitam de valoração específica, como é o caso das perdas evitadas e da melhora no bem-estar (via proxy da valorização imobiliária). Dessa forma, os benefícios do aumento da resiliência à mudança do clima e redução da vulnerabilidade ao risco dos desastres já estão devidamente contabilizados. Aqui são abordadas as externalidades, pois são impactos que recaem sobre terceiros sem uma devida compensação, capazes de gerar, portanto, um custo (ou benefício) que extravasa do projeto para partes externas.

6.1.1 *Externalidades negativas consideradas no CapEx e OpEx*

A primeira consideração sobre as externalidades potenciais do Complexo Muriaé é sobre aquelas já computadas e que não devem ser novamente consideradas para não haver dupla contagem. São elas:

- O uso alternativo da terra que deve ser desapropriada para a implantação das barragens (e principalmente de seus lagos) e dos canais, que foi considerado nos custos com aquisições de propriedades, de acordo com as estimativas do SIEMEC (inclusive compõe grande parte da diferença de custos entre as duas alternativas analisadas); e
- 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 (ver capítulo 4).

O custo de tais externalidades já está considerado na estimativa de CapEx e/ou de OpEx.

6.1.2 *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 pode se dar: (i) pela regularização de vazão, modificando a disponibilidade natural a jusante; pela (ii) retenção de sedimentos e nutrientes; (iii) pelo suprimento de água para



usos consuntivos; e (iv) pelo suprimento de água para usos não consuntivos. Cada qual é abordado na sequência, sendo que a avaliação é realizada de forma qualitativa.

Regularização de vazão

Quanto ao primeiro efeito, sabe-se que a região estudada conta com um regime de precipitações com uma sazonalidade bastante marcada. Segundo as normais climáticas (1981 a 2010) do INMET para o município de Muriaé, exatamente metade de toda a precipitação anual ocorre em três meses (de dezembro a fevereiro). Durante outros seis meses do ano (de abril a setembro), pode-se esperar apenas 20% da precipitação anual. Isso demonstra que as vazões são também bastante marcadas, indicando que pode haver um impacto significativo em sua regularização.

Adicionalmente, os reservatórios previstos para controle de cheias não serão os únicos a regularizarem vazões nos rios Carangola e Muriaé. Em consulta ao cadastro de usinas e pequenas centrais hidrelétricas (PCH), identificaram-se 17 aproveitamentos hidrelétricos:

- Rio Carangola (afluente ao rio Muriaé): PCH Carangola, no município homônimo, PCHs São Lourenço e Tombos, no município de Tombos;
- Rio Glória (afluente ao rio Muriaé): PCH São Pedro no município de Fervedouro, PCHs Bicuíba, São Francisco do Glória, Mariano e Santa Cruz, no município de São Francisco do Glória e PCH Ormeo Junqueira Botelho, no município de Muriaé;
- Rio Fumaça (afluente ao rio Preto): PCH Coronel Domiciano, no município de Muriaé;
- Rio Preto (afluente ao rio Muriaé): PCH Preto, no município de Muriaé (e outros 3 aproveitamentos inventariados);
- Rio Muriaé: PCHs Comendador Venâncio, Itaperuna, Arã, Paraíso e São Joaquim, todas no município de Itaperuna-RJ e PCH Italva, no município homônimo.

Por mais que as PCHs possam operar a fio d'água, acabam por regularizar vazões e diminuir o pulso de vazão que ocorre nos meses de chuvas mais intensas (verão). Essa regularização pode não gerar a segurança necessária para o controle de cheia, mas para afirmar se esse é o caso e, para eventualmente considerar a operação das hidrelétricas como potenciais auxiliares à contenção de eventos extremos, deve-se realizar modelagem hidráulica-hidrológica com a inclusão dos barramentos existentes e previstos. Algumas PCHs podem estar inventariadas, o que demanda conhecer o potencial dos rios para esse fim e considerar suas operações em conjunto.

Esse importante aspecto não foi considerado pelo SIEMEC, e tampouco cabe ao escopo da presente ACB Preliminar, pois demanda modelagem hidráulica-hidrológica. Não obstante, é tema de maior interesse para o encaminhamento do aprofundamento dos estudos para o projeto, como aborda-se no item 7.1.

Retornando aos serviços ecossistêmicos, cabe destacar que a regularização das vazões pelos reservatórios e canais do projeto não tem o intuito de abastecer usos consuntivos, portanto não afetarão os volumes de água disponibilizados aos cursos d'água. Outro ponto que ameniza a potencial geração de externalidades negativas é o fato de não se tratar de reservatórios de capacidade muito elevada de reservação (ver item 3.3.1).



Retenção de sedimentos e nutrientes

Quanto ao segundo efeito, de retenção de sedimentos e nutrientes, não se tem elementos suficientes para a análise, embora se saiba que todo reservatório é retentor de sedimentos. Os efeitos de tal retenção, no entanto, são dificilmente quantificados e valorados, pois alguns usuários poderão se beneficiar da retenção (usos de captação para abastecimento humano, por exemplo), enquanto outros podem vir a se prejudicar devido ao menor aporte de nutrientes (irrigantes, por exemplo).

O estabelecimento dos diversos vínculos físicos, biológicos (eventualmente) e socioeconômicos, demanda estudos que superam a abrangência desta ACB Preliminar, mas que não apresentam altos riscos para o projeto por não se vislumbrarem, preliminarmente, ocorrências intensas e muito impactantes.

Suprimento de água para usos consuntivos

O terceiro efeito de geração de externalidade nas categorias de serviços ecossistêmicos de interesse, é o aumento do suprimento de água para usos consuntivos por meio dos novos reservatórios. Uma vez que os reservatórios estejam em operação, pode-se vislumbrar a possibilidade do aproveitamento de suas águas reservadas por usos múltiplos, tais como o abastecimento público, agricultura, indústria, geração de energia termelétrica e outros.

Em consulta ao PNSH, verificou-se que não há, na região, risco hídrico nas dimensões humana e econômica, tanto na situação atual (2017) como prospectiva (2035). Estes dados permitem concluir que dificilmente um aproveitamento de usos consuntivos dos novos barramentos venha a suprir uma demanda já existente. Pode-se, outrossim, vislumbrar novas oportunidades de uso das águas, mas que possivelmente serão socialmente neutras (não deverá haver incrementalidade).

Suprimento de água para usos não consuntivos

Por fim, o quarto efeito de externalidade é quanto ao suprimento de água para usos não consuntivos, como a produção de energia hidrelétrica, recreação e pesca. Estes efeitos poderão ocorrer e tendem a ser localmente significativos, com novas oportunidades de lazer gerando emprego e renda. Entretanto, não é possível afirmar se nas economias desenvolvidas do local do projeto esse incremento ocorrerá de forma líquida, ou seja, sem que haja uma mera transferência de atividades.

Como visto, no entanto, o aproveitamento hidrelétrico pode vir a ser considerado como um importante módulo a ser adicionado ao projeto no intuito de gerar maiores benefícios sociais, como aborda-se no item 7.1.

6.1.3 Emissão de gases de efeito estufa

O projeto abrange a implantação de três barramentos e uma série de canais para reduzir os danos de eventos extremos de cheias, não havendo, portanto, influência na geração de energia elétrica ou consumo de combustível associado à sua operação. Por essa razão, as externalidades de emissão de gases de efeito estufa não são consideradas relevantes.



Atenta-se que as emissões de GEE oriundas do consumo energético não devem ser consideradas, seguindo a orientação do Manual ACB Infra Hídrica, uma vez que já o foram (ou deveriam ter sido) quando da decisão pela fonte geradora de energia. Fazê-lo novamente seria incorrer em dupla contagem sob o ponto de vista social.

Ademais, poderão ocorrer emissões durante a fase de implantação do projeto, mas estas são de cunho pontual em relação à vida útil do mesmo. Retoma-se o explanado no item 6.1.1, que aborda a valoração das externalidades durante as obras com base no valor de custeio dos programas ambientais que os mitigam.

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

6.2.1 *Avaliação dos Efeitos Econômicos Indutivos*

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.

A partir das alternativas do projeto de controle de cheias do Muriaé, investiga-se o potencial benefício econômico indutivo oriundo da redução das ocorrências de eventos de cheias e enxurradas. Uma vez que os municípios beneficiados passem a contar com uma redução substancial do risco de ocorrência destes desastres, deve-se investigar se poderá haver indução sobre o mercado de trabalho, sobre aglomeração produtiva ou ainda indução ao investimento.

Cada uma destas três categorias de WEIs, trazidas pelo Guia ACB, são analisadas para o presente caso do Complexo Muriaé:

- Não se vislumbram alterações induzidas pelo projeto no comportamento da oferta de mão de obra, devendo ser desconsiderado 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.
- Pode-se esperar, no entanto, um efeito positivo do projeto via indução do investimento nos municípios beneficiados pela redução do risco de desastres. Em teoria, os municípios poderão apresentar restrições atuais ao investimento dada a conhecida probabilidade de perda ou cessão de atividade econômica trazida pelos desastres. Afinal, os eventos de inundações e enxurradas são frequentes e recorrentes, como se observou no item 5.2, podendo-se supor que com amplo acesso à informação, os agentes econômicos poderiam estar alterando seu comportamento em função do risco. Como forma de se investigar essa hipótese de restrição econômica pelo risco, traçou-se a seguinte hipótese, testada empiricamente confirme se descreve abaixo:

- H_0 : há restrição econômica pela recorrência de inundações e enxurradas, materializada em taxas econômicas suprimidas;
- H_1 : não há restrição econômica pelo risco de inundações e enxurradas.

Para testar a hipótese, utilizou-se dos seguintes dados: (i) a quantidade de eventos de inundações e enxurradas, de 1995 até 2019; (ii) o valor agregado bruto do setor de serviços privado (excluindo, portanto, os serviços públicos) e o valor agregado bruto da indústria (em 2018, último ano disponível para municípios), uma vez que estes são os agregados econômicos que, em tese, devem ser os mais sensíveis ao risco das enxurradas e inundações urbanas; e (iii) a população estimada em 2020.

A base de dados foi compilada para todos os municípios dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (1.590 municípios), pois são os estados da bacia do rio Paraíba do Sul onde se localiza a sub-bacia do Muriaé. Dentre este universo, selecionou-se aqueles com população entre 30 e 150 mil habitantes, faixa que engloba os municípios de Carangola, Muriaé e Itaperuna. Estes três municípios são os que concentram 73% das perdas econômicas passadas dentre os dez municípios na sub-bacia analisada, bem como apresentam uma quantidade relevante de episódios de ocorrência dos eventos de interesse (6, 7 e 6 eventos, respectivamente).

O resultado é um conjunto de 272 municípios, diferenciados pela ocorrência de 6 ou mais eventos de cheias no intervalo de 1995 a 2019 (conforme Banco Mundial, 2020), assim identificando 37 municípios. Essa frequência de eventos se traduz na ocorrência de um episódio de cheia a cada 4 anos, na média. Julga-se que esse intervalo deva ser frequente o suficiente para impor restrições ao investimento.

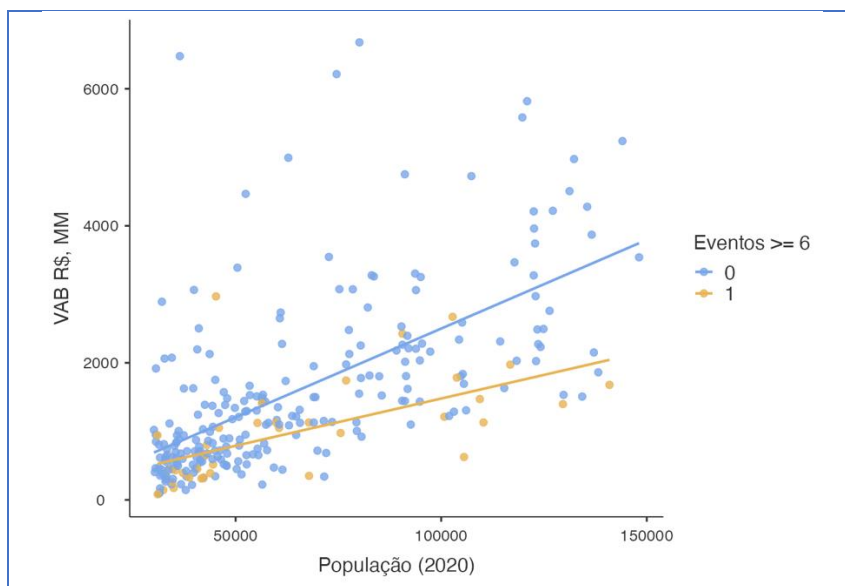


Figura 6.1 - Relação entre o VAB Privado (serviços e indústria), o porte populacional e o registro de eventos de inundações e enxurradas (nos últimos vinte anos)

Uma análise visual (Figura 6.1, acima) da relação entre o VAB (serviços privados e indústria) e o porte populacional dos municípios, destacando-se aqueles com o elevado

nível de eventos de cheias, permite inferir que a plausibilidade da hipótese da restrição econômica. As premissas adotadas selecionam, enfim, um conjunto razoavelmente equivalente de municípios (considerando tanto o porte de suas populações como sua localização geográfica, na bacia do rio Paraíba do Sul) que podem ter seu VAB distintos, na média, devido aos eventos de cheias e inundações recorrentes.

Independent Samples T-Test					Normality Test (Shapiro-Wilk)	
		Statistic	df	p	W	p
VAB R\$, MM	Student's t	2.7926 ^a	270.0000	0.006		
	Welch's t	4.1242	76.4913	<.001	VAB R\$, MM	0.8485 <.001

Figura 6.2 - Resultados da regressão logística para restrição econômica

Além da inspeção visual, testou-se a hipótese de que os eventos de cheias são fatores restritivos por meio do teste t para o VAB, identificando-se pelo resultado que a mesma não deve ser rejeitada²⁵, como observa-se pela figura acima.

Uma vez que, estatisticamente, identifica-se a restrição econômica pela recorrência de eventos de cheias, o próximo passo é identificar seu grau de influência, ou seja, quão menor tende a ser, na média, a diferença entre o VAB (serviços privados e indústria) dos municípios que tiveram mais de 6 eventos de cheias em comparação aos demais.

Model Coefficients - Eventos >= 6					
Predictor	Estimate	SE	Z	p	Odds ratio
Intercept	-1.8689	0.4176	-4.4757	<.001	0.1543
População (2020)	2.5668e-5	8.8372e-6	2.9046	0.004	1.0000
VAB R\$, MM	-0.0014	3.9434e-4	-3.4278	<.001	0.9986

Model Fit Measures			Omnibus Likelihood Ratio Tests			
Model	R ² _{CS}	R ² _N	Overall Model Test			p
			χ ²	df	Predictor	
1	0.0667	0.1215	18.7662	2	População (2020)	8.5628 1 0.003
					VAB R\$, MM	18.7471 1 <.001

Figura 6.3 - Resultados da regressão logística para restrição econômica

Para tal, foi realizada regressão logística cujo modelo se mostra estatisticamente significativo, com um $\chi^2 = 18,7662$, sendo que o pseudo R^2 (Nagelkerke) explica 12,15% da variância e classificou corretamente 100% dos casos. Tanto a variável de porte populacional quanto a do VAB são estatisticamente significativas, embora o parâmetro da primeira seja muito baixo. Nota-se pelo coeficiente (figura acima) do VAB que a esperada relação inversa com a ocorrência de eventos se verifica. Uma vez que o $p < 0,001$ é estatisticamente significativo, pode-se concluir que os municípios que sofreram com 6 ou

²⁵ Uma vez que não se pode concluir pela distribuição normal da variável (Shapiro-Wilk's $p < 0,0001$), considera-se o teste de Welch.



mais eventos de cheias apresentam um VAB (serviços privados e indústria) que é 99,86% daqueles que não sofreram com tais eventos.

Os resultados do modelo podem, portanto, ser considerados para valorar o benefício da indução do investimento nos municípios beneficiados pela redução do risco de desastres no caso da bacia do rio Muriaé. Assume-se, pois, que o projeto trará um alívio à restrição econômica existente, por meio da geração de mudanças comportamentais locais em termos de decisão de investimento em uma ambiência de risco de eventos hidrológicos muito reduzido.

6.2.2 Valoração do benefício da indução do investimento

Com base nos resultados históricos do VAB de serviços públicos e do VAB industrial, adotou-se o mesmo roteiro que o exposto no item 5.6.1 para a realização da projeção de tais valores no futuro. Sobre a projeção do VAB para cada ano, do ano 1 ao ano 30 da análise, aplicou-se o parâmetro de liberação econômica desvendado pelo modelo acima descrito.

Tabela 6-1 - Benefício da indução do investimento (R\$, milhões)

Município	Ano 5	...	Ano 15	...	Ano 30
Carangola	516,59	...	653,67	...	930,40
Tombos	69,54	...	87,17	...	122,33
Porciúncula	217,03	...	268,90	...	370,84
Natividade	181,23	...	221,81	...	300,32
Miraí	254,01	...	307,34	...	409,05
Muriaé	2.193,05	...	2.651,84	...	3.526,10
Laje do Muriaé	76,69	...	90,86	...	117,19
Itaperuna	2.637,66	...	3.111,87	...	3.987,70
Italva	228,99	...	268,28	...	340,21
Cardoso Moreira	189,37	...	218,33	...	270,29
Total	6.564,15	...	7.880,05	...	10.374,44

Os valores do benefício da indução são bastante relevantes, representando R\$ 6,14 milhões no ano 1 e crescendo até R\$ 10,37 milhões no ano 30. Em relação aos benefícios das perdas evitadas, tem-se que a indução representa cerca de 30% destes.



7. INDICADORES DE VIABILIDADE DO PROJETO

7.1 INDICADORES DA ACB

Com os custos e benefícios do projeto e 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 digital. O fluxo de caixa dos custos e dos benefícios econômicos esperados, ano a ano pelo projeto, é reduzido a um valor comum e de mesma base temporal por meio da aplicação da Taxa Social de Desconto (TSD).

- **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 à Taxa Social de Desconto;
- **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 de cada um destes indicadores para as duas alternativas de projeto consideradas, lembrando que ambas trazem os mesmos benefícios (são alternativas equivalentes em termos de resultado finalístico), embora difiram em custos de implantação.

Tabela 7-1 - Indicadores da ACB Socioeconômica

Indicadores da ACB social	Alternativa 1 (combinação de 3 barragens e canais)	Alternativa 2 (canais, sem barragens)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 211,79	-R\$ 301,23
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 256,31	R\$ 256,31
Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL)	R\$ 44,52	-R\$ 44,92
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 4,14	-R\$ 4,18
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	10,18%	7,23%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,21	0,85

A ACB permite facilmente identificar que a alternativa 1 (combinação entre três barragens e canais) é mais custo-benéfica do que a Alternativa 2 (sistemas de canais de maior porte, sem barragens). Enquanto a alternativa 1 apresenta o valor presente dos custos de R\$ 212 milhões, a alternativa 2 é R\$ 89 milhões mais custosa.

A alternativa 1, além de apresentar melhores indicadores de viabilidade social do que a alternativa 2, agrega valor líquido à sociedade, pois seu índice benefício/custo supera a



unidade (1,21). Ou seja, o projeto gera benefícios sociais que superam em 21% os custos sociais (VPL dos custos de R\$ 212 milhões contra o VPL dos benefícios de R\$ 256 milhões). Pela ótica agregativa da ACB, a implantação do projeto gera um valor positivo líquido de R\$ 44,5 milhões em valor social (valor social presente líquido - $\Delta VSPL$).

O resultado da TRE da alternativa 1 também permite concluir pela suficiência na geração de valor econômico, uma vez que seu resultado, de 10,18%, supera a TSD de 8,50%, que é representativa do mínimo necessário para compensar o custo de oportunidade social do investimento no tempo.

A TSD foi determinada pela Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura do Ministério da Economia (Nota Técnica nº 19.911/2020)²⁶ 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.

Segundo Manual ACB Infra Hídrica, quando o resultado da TRE fica acima de 11,4%, o projeto pode ser considerado viável mediante realização de análise de sensibilidade e de riscos padrão. Eis que, no caso do presente estudo, nenhuma das alternativas ultrapassam esse limiar. Resultados entre 8,5% e 11,4%, como é o caso da alternativa 1, devem ser submetidos à análise probabilística de riscos, por meio de simulação de Monte Carlo ou equivalente, para permitir ao gestor melhor inferir sobre a robustez do resultado apresentado.

Ainda segundo Manual ACB Infra Hídrica, quando o resultado da TRE se apresenta entre 5,7% e 8,4%, como é o caso para a alternativa 2, o projeto é a princípio classificado como inviável. Caso essa fosse a melhor das alternativas, recomendar-se-ia proceder a uma cuidadosa análise dos efeitos distributivos do projeto (capítulo 9), além da própria análise probabilística de riscos (capítulo 8). Como a alternativa 1 é custo-benéfica e trata exatamente do mesmo problema social dos desastres hidrológicos aos municípios envolvidos que a alternativa 2, pode-se desconsiderar esta última da análise subsequente.

Muito embora o foco da análise, doravante, passe a ser apenas a alternativa 1, cabe discorrer novamente sobre as alternativas: idealmente uma ACB Preliminar da tipologia de controle de cheias deveria analisar diversas alternativas de projeto, e não apenas duas que são, por sua vez, focadas exclusivamente em opções de engenharia convencional (conforme item 3.3).

Dessa forma, um possível encaminhamento a partir dos resultados obtidos é que haja uma remodelação das alternativas de engenharia para a contenção de cheias, contemplando opções potencialmente menos custosas que a alternativa 1.

A partir disso, em especial da análise dos efeitos distributivos, o gestor do projeto poderá melhor decidir sobre a continuidade ou não do projeto, considerando sobretudo as possibilidades de, nos estudos futuros, reduzir os custos de implementação via:

²⁶ Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2020/nt_taxa-social_vf.pdf/view



- Combinação de infraestruturas verdes e cinzas, por meio de Soluções baseadas na Natureza (SbN) para reservar fluxos em excesso *off stream* em área alagáveis (de preferências áreas naturais que deixaram de exercer essa função devido ao uso antrópico) e promover a revitalização da bacia hidrográfica por meio de seus pontos críticos para o escoamento superficial, adoção de práticas conservacionistas, restauração de zonas úmidas e eliminação de pontos de estreitamento.
- Atuação coordenada com os aproveitamentos hidrelétricos existentes (são 17 PCHs nos rios de interesse, conforme listagem trazida no item 6.1.2), estabelecendo regras operativas que possam restringir as vazões máximas dos eventos extremos mediante sistema de operação emergencial conjunta. Essa é uma medida de gestão (*soft*) em detrimento à de engenharia, cujo custo de implantação é potencialmente irrisório em comparação ao custo de R\$ 212 milhões da alternativa 1 (em VPL).
 - Para avaliar a viabilidade técnica dessa solução, é necessário que os estudos considerem modelagens hidráulico-hidrológicas das PCHs existentes e dos demais aproveitamentos que eventualmente serão instalados na sub-bacia, considerando sua operação conjunta.
 - Mesmo que as regras operativas das PCHs não venham a ser suficientes para reduzir, *per se*, as perdas ao nível de risco almejado pelo projeto, torna-se bastante plausível que possam gerar, minimamente, um redimensionamento a menor dos barramentos projetados exclusivamente para o controle de cheias.
- Promoção do aproveitamento hidrelétrico de uma ou mais barragens do projeto, de forma a estudar a geração de energia como um módulo que agregaria benefícios sociais e poderia reduzir o risco de inviabilidade socioeconômica.
- Ainda outra alternativa para a redução dos custos do projeto, e que não é de cunho hidrológico, é a promoção do reassentamento (mesmo que involuntário) de propriedades que se localizem em locais mais sensíveis aos episódios de inundação e enxurrada. Poder-se-ia, assim, reduzir os ativos econômicos em risco. O custo de tais reassentamentos pode (eventualmente) ser menor do que o da implantação das obras (barragens e canais) que também promoveriam algum reassentamento involuntário, embora nos locais de construção das barragens e canais.

Ainda outro encaminhamento para os estudos complementares ao projeto é a obtenção de dados primários junto aos municípios mais afetados com vistas a abordar potenciais subestimações na estimativa dos danos evitados. Conforme esclarecido no capítulo 5, a base de dados para o cômputo das perdas evitadas contabiliza tanto danos materiais como prejuízos. Estes prejuízos traduzem o valor monetário correspondente às atividades econômicas que deixaram de ser realizadas devido à ocorrência do desastre.

Embora o Formulário de Informações do Desastre (FIDE) seja subdividido nos setores econômicos de indústria, serviços, agricultura e pecuária, seu preenchimento é de responsabilidade do município. Pode-se supor que haja, portanto, uma subestimação dos valores, que se concentram mais em danos do que em prejuízos. Como é mais bem detalhado na seção de análise distributiva, mesmo com resultados positivos



relativamente tímidos o projeto traz benefícios sociais do ponto de vista do bem-estar da população que passaria a não mais conviver com os desastres.

7.2 RESUMO DOS RESULTADOS

A tabela abaixo apresenta o resumo dos resultados da ACB Preliminar econômica do projeto Complexo Muriaé, incluindo os resultados da análise de risco (capítulo 8) e da análise distributiva (capítulo 9) que são objeto dos próximos capítulos. Seu intuito é o de facilitar a comunicação dos resultados obtidos.

Tabela 7-2 - Quadro Resumo dos Resultados do Complexo Muriaé

Alternativa	Indicadores de viabilidade (1º e 3º quartis da análise probabilística)			Resumo dos pontos principais das análises complementares		
	Δ VSPL (R\$, MM)	TRE (%)	Índice B/C (B/C)	Análise de Sensibilidade	Análise Qualitativa de Risco	Análise Distributiva
1- Sistema de barragens e canais	+44,52 (-62 a +73)	10,18 (6,88 a 10,71)	1,21 (0,82 a 1,27)	Alta sensibilidade ao CapEx faz com que haja 48% de chances de o projeto não retornar Δ VSPL positivo. Alt sensibilidade também ao benefício da indução do investimento, pois sem sua consideração, Δ VSPL passa a ser negativo	Alto risco: desatualização da modelagem hidráulico- hidrológica; opção tecnológica analisada não considera interação com demais soluções possíveis, tais como infraestruturas verdes e medidas de gestão - estas se fazem necessárias para reduzir os custos do investimento	O poder público municipal é o principal ator beneficiado, se apropriando de 32%. Os municípios em geral dos locais beneficiados devem se apropriar de 30% dos benefícios, enquanto o setor de serviços privado outros 26%. O projeto não prevê pagamento de tarifas ou subvenções
2- Sistema de canais	-44,92 (-212 a -37)	7,23 (4,41 a 7,63)	0,85 (0,58 a 0,90)			



8. ANÁLISE DE RISCO

A análise de risco se divide em análise de sensibilidade a parâmetros-chave (8.1), análise qualitativa de riscos (8.2) e análise probabilística (8.3), seguindo instruções do Manual ACB Infra Hídrica e do Guia ACB. Todas são conduzidas com base na alternativa 1, de acordo com as conclusões do capítulo anterior.

8.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade é realizada para parâmetros-chave, sendo um teste do efeito individual que cada um apresenta sobre os resultados da modelagem realizada. Uma vez que a ACB Preliminar pressupõe conhecimento limitado sobre o projeto e seus benefícios, um de seus principais resultados que a análise pode fornecer está na possibilidade de identificar a quais parâmetros os resultados são mais sensíveis. A partir dessa identificação, tem-se um direcionamento para as etapas posteriores de avaliação do projeto.

■ Identificação de variáveis-críticas

Uma primeira forma de se realizar a análise de sensibilidade é simples e direta: para cada variável, impõe-se uma modificação (um choque) de $\pm 1\%$ do valor adotado na ACB, avaliando-se a resposta dessa variação no $\Delta VSPL$. Caso esse choque na variável desencadeie uma resposta maior que a unidade, ou seja, maior que 1% no $\Delta VSPL$, pode-se identificá-la como crítica.

As variáveis testadas o são de forma independente entre si (ou seja, mantendo-se todos os demais parâmetros constantes) e ao nível mais desagregado possível. Destacam-se na tabela abaixo as variáveis críticas.

Tabela 8-1 - Análise de sensibilidade para identificação de variáveis-críticas

Variação % do $\Delta VSPL$ a um choque de 1% na variável			
Variáveis		Alternativa 1	
Benefícios	Valor histórico dos danos e prejuízos	2,92%	crítica
	Parâmetro de dias improdutivos pelo desastre (perda evitada dos serviços privados)	1,11%	crítica
	Parâmetro de valorização imobiliária (benefício bem-estar)	0,44%	não crítica
	Parâmetro da indução do investimento	1,29%	crítica
Parâmetros Modelagem	Projeção socioeconômica	1,67%	crítica
	Sensibilidade pelas Mudanças do Clima	0,46%	não crítica
	Fração de abatimento para TR>100	0,15%	não crítica



Variação % do Δ VSPL a um choque de 1% na variável			
Variáveis		Alternativa 1	
Custos (CapEx e OpEx)	CapEx do projeto	4,74%	crítica
	OpEx do projeto	0,4%	não crítica

Das nove variáveis testadas, cinco se mostram críticas. Destas, a mais relevante no aspecto dos benefícios é o valor histórico dos danos e benefícios: um choque de 1% é suficiente para promover uma variação de 2,9% no Δ VSPL. Quanto aos custos, o projeto se mostra pouco sensível ao OpEx, muito embora seja muito sensível ao CapEx, que é a variável mais crítica: um choque de 1% no CapEx é suficiente para impor uma variação de 4,7% no Δ VSPL, tornando-se assim uma variável crítica.

A análise de sensibilidade revela ainda que variações nos parâmetros da modelagem são relativamente menos sensíveis. Destes, as projeções socioeconômicas são as de maior impacto nos resultados. Estas projeções balizam não apenas a leitura do incremento dos ativos em risco, mas também o crescimento do VAB industrial e dos serviços privados que é utilizado para a valoração dos benefícios da indução do investimento.

O parâmetro do modelo de avaliação da indução do investimento é também variável crítica. Por aí se vê também, que a consideração do próprio benefício de indução do investimento, que está na categoria de efeitos econômicos induzidos (WEI), é de alta relevância para a composição dos resultados do projeto: em sua ausência, o mesmo não seria custo-benéfico, destruindo R\$ 13 milhões ao invés de acrescentando R\$ 44 milhões.

Das quatro variáveis analisadas sob o aspecto dos benefícios, três são identificadas como críticas. O resultado dessa análise permite inferir que se trata de uma alternativa de investimento que precisa ser avaliada com cautela, pois pode não ser robusta.

■ Valores de inflexão

Outra forma de avaliar a sensibilidade dos resultados às variações em parâmetros e premissas da modelagem é por meio dos seus graus de inflexão. Trata-se do valor que a variável analisada teria que atingir para que o Δ VSPL do projeto igualasse a zero, ou seja, para que o sinal de viabilidade do projeto se inverta.

A tabela abaixo apresenta os resultados dos valores de inflexão para que o Δ VSPL de cada alternativa seja equivalente a 0 (zero) tomando como base as mesmas variáveis que foram testadas na análise anterior.

Os cálculos dos valores de inflexão reforçam as conclusões da sensibilidade das variáveis críticas acima descritas, pois permitem identificar que há uma grande sensibilidade aos custos: um acréscimo de 21% no CapEx, relativamente pequeno em relação ao histórico



de sobrecustos em obras de infraestrutura²⁷, é suficiente para zerar o $\Delta VSPL$. Já em relação ao OpEx, não se verifica sensibilidade, pois este teria de ser irreais 251% maiores para que houvesse inflexão dos resultados.

A sensibilidade à mudança do clima não gera inflexão, pois mesmo ao se considerar o futuro sob a mesma probabilidade de risco hidrológico que o passado, o projeto ainda retorna $\Delta VSPL$ positivo, embora reduzido para R\$ 28 milhões ao invés de R\$ 45 milhões. Outra variável que não influencia os resultados de forma significativa é a fração adotada para o abatimento de riscos em eventos superiores aos tempos de retorno do projeto. Uma vez que esse parâmetro fora adotado de forma arbitrária, torna-se importante verificar que não será fator decisivo para os resultados da análise.

Tabela 8-2 - Valores de inflexão para que o $\Delta VSPL$ seja 0 (zero)

Variação % do $\Delta VSPL$ a um choque de 1% na variável		
Variáveis		Alternativa 1
Benefícios	Valor histórico dos danos e prejuízos	-34,3%
	Parâmetro de dias improdutivos pelo desastre (perda evitada dos serviços privados)	-90,3%
	Parâmetro de valorização imobiliária (benefício bem-estar)	-225,9%
	Parâmetro da indução do investimento	-77,5%
Parâmetros Modelagem	Projeção socioeconômica	-72,9%
	Sensibilidade pelas Mudanças do Clima	não promove inflexão, mas reduz o $\Delta VSPL$ de R\$ 45 para R\$ 28 MM
	Fração de abatimento para TR>100	-659,5%
Custos (CapEx e OpEx)	CapEx do projeto	+21,0%
	OpEx do projeto	+251,4%

Uma redução de 34,3% no valor histórico dos danos e prejuízos é suficiente para zerar o $\Delta VSPL$. O resultado mostra a relevância desse benefício que é, de fato, o propósito do projeto. Dificilmente, no entanto, as perdas históricas foram mais de uma terça-parte superestimadas - ao contrário, como visto no item 5.4, é mais provável que as perdas históricas estejam subestimadas.

²⁷ O BID mapeou 200 conflitos locais relacionados a projetos de infraestrutura na América Latina que resultaram em atrasos de execução para 81% dos casos e extrapolação dos custos em 58% deles, além de redesenho dos projetos (42%) e cancelamento total (18%). Na média dessa amostra, os projetos tiveram atrasos de cinco anos de execução, incorrendo em custos adicionais equivalentes a 69% dos orçamentos originais.



Quanto ao parâmetro de valorização imobiliária, utilizado como parte da valoração do benefício ao bem-estar, tem-se pouca sensibilidade: apenas uma redução improvável de 226% conseguiria reduzir o $\Delta VSPL$ a zero.

O parâmetro de dias improdutivos pelo desastre, componente da valoração própria dos prejuízos ao setor de serviços privados, é mais sensível. Este foi arbitrado como sendo de 15 dias improdutivos para as pessoas diretamente afetadas pelos eventos, mas caso caísse para 1,5 dias por evento (redução de 90%), haveria a inflexão dos resultados. Muito embora essa variação seja plausível, não se julga provável, pois foi calculada apenas com base na quantidade de residências efetivamente afetadas pelos desastres históricos. Pelo resultado da análise de inversão, observa-se que a escolha da valoração própria dos prejuízos causados aos serviços privados é, *per se*, relevante para os resultados da análise.

■ Análise de cenários

A última análise de sensibilidade recomendada pelo Manual ACB Infra Hídrica é a de cenários: trata-se da combinação de valores assumidos para as variáveis críticas, demonstrando situações positivas e negativas entre elas. As variáveis críticas para a análise de cenário do projeto são: (i) o valor histórico dos danos e prejuízos (R\$, milhões); e (ii) o CapEx, aqui considerado como o valor total do projeto (R\$, milhões).

Tabela 8-3 - Análise de cenários da alternativa 1 para o $\Delta VSPL$

Valor Histórico das Perdas (linha) CapEx (coluna)		Cenário otimista			Default	Cenário pessimista		
		876	809	742	674	607	539	472
Cenário otimista	196	147	134	121	108	95	82	69
	224	126	113	100	87	74	61	48
	252	105	92	79	66	53	40	27
Default	280	83	70	58	45	32	19	6
Cenário pessimista	308	62	49	36	23	10	-3	-16
	336	41	28	15	2	-11	-24	-37
	364	20	7	-6	-19	-32	-45	-58

Nota-se pela tabela acima que a imposição de uma combinação de menos 30% no valor histórico das perdas e de um acréscimo de 30% nos custos de implementação do projeto resultam não apenas na inversão do $\Delta VSPL$ para o campo negativo, como a geração de prejuízos que são mais amplos do que os benefícios esperados na situação *default*. Essa combinação, que é a de cenário pessimista, promove a destruição de valor social. Nota-se que qualquer combinação no campo do cenário pessimista traz mais prejuízos do que benefícios, sendo importante para permitir a recomendação adequada dos estudos posteriores do projeto. Por outro lado, os benefícios podem aumentar significativamente caso os custos se mantenham, mas o histórico de perdas esteja subestimado.



■ Análise de componentes

Esta última análise de sensibilidade apresenta os resultados da ACB correspondentes às modificações nas categorias de benefícios. Objetiva-se com essa análise ponderar o peso relativo dos componentes.

A primeira simulação dos componentes é a que retira da análise a consideração própria dos prejuízos aos serviços privados (conforme item 5.4.2). Estes são apenas um componente das perdas totais, que incluem prejuízos aos demais setores econômicos privados (agropecuária e indústria) e ao setor público, além dos danos materiais (às habitações, instalações públicas e infraestrutura).

Não obstante, trata-se de componente das perdas no qual se supõe haver subestimação. Caso se opte por considerar os valores dos prejuízos aos serviços privados trazidos por Banco Mundial (2020), em detrimento aos calculados por meio dos dias improdutivos da população diretamente afetada, o resultado do projeto seria significativamente inferior, como se observa na tabela abaixo.

Tabela 8-4 - Análise de sensibilidade para componentes dos benefícios

	<i>ΔVSPL</i> (R\$, milhões)	VAE (R\$, milhões)	TRE (%)	B/C (índice)
Resultados <i>default</i>	R\$ 44,52	R\$ 4,14	10,18%	1,21
Resultados sem a valoração própria dos prejuízos privados	R\$ 4,81	R\$ 0,39	8,66%	1,02
Resultados desconsiderando os benefícios ao bem-estar	R\$ 24,81	R\$ 2,31	9,45%	1,12
Resultados desconsiderando os benefícios da indução do investimento	-R\$ 12,93	-R\$ 1,20	7,99%	0,94

Já quanto ao efeito do benefício de incremento do bem-estar, observou-se pela análise de inflexão que apenas uma redução improvável de 226% conseguiria reduzir o Δ VSPL a zero. Inobstante o resultado que indica uma baixa sensibilidade, trata-se de uma importante categoria de benefício. A desconsideração desse benefício, cuja proxy é a valorização dos imóveis que deixam de ser afetados pelos eventos de cheias, pode levar o Δ VSPL de R\$ 45 milhões (*default*) para R\$ 25 milhões, como se observa na tabela (acima) que apresenta os indicadores da alternativa 1 sem essa categoria de benefício.

Por fim, quanto ao benefício da indução do investimento, tem-se que este é essencial para o resultado positivo do projeto. A liberação da restrição ao investimento devido à frequência de eventos é responsável por uma significativa fração dos benefícios totais e sem ela, o projeto traria um Δ VSPL negativo de R\$ 12,9 milhões.



8.2 ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS

O presente item traz 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. A análise é realizada com base na identificação e avaliação dos eventos adversos, seguido de classificação quanto à probabilidade²⁸ e severidade²⁹ de ocorrência. No cruzamento entre estas a probabilidade e a severidade, tem-se o nível resultante de risco, conforme orientação do Manual ACB Infra Hídrica e Guia ACB.

■ Desatualização da modelagem hidráulico-hidrológica

- Avaliação: embora o projeto figure no PNSH, de 2019, e ainda não tenha sido executado, o estudo que embasou a presente avaliação é de 2014 (SIEMEC). No intervalo até o presente, diversas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) podem ter sido instaladas ou estão em vias de serem instaladas nos rios de interesse (tendo sido inventariadas), fazendo com que haja o risco de o estudo de base estar desatualizado. Outras intervenções que podem ter sido implementadas são as barragens que não foram selecionadas pelo SIEMEC, mas que estão contempladas pelo PNSH, cujos executores e intervenientes são: Departamento de Obras Públicas do Estado de Minas Gerais - DEOP/MG (CC-MG-009) e Secretaria de Estado do Ambiente - SEA-RJ (CC-RJ-001 | CC-RJ-002);
- Consequência: a modelagem hidráulica-hidrológica de base para o projeto, que determina o conjunto de intervenções (barragens e canais na alternativa 1), pode não refletir a situação atual.
- Reflexo nos indicadores da ACB: modificação na concepção do projeto (três barragens e diversos canais, na alternativa 1), com potencial redução de custos de instalação e de operação.
- Conexão com análise de sensibilidade: CapEx e OpEx (certamente) e benefícios (eventualmente).
- Classificação quanto à probabilidade: provável (D).
- Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (III).
- Nível resultante de risco: D x III = alto.

■ Riscos de engenharia frente às mudanças do clima

- Avaliação: conforme o estudo SIEMEC, que dá base à presente avaliação, as soluções desenhadas para o controle de cheias tem como base de dimensionamento de

²⁸ 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%).

²⁹ 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).



estruturas (barramentos e canais) que não necessariamente consideram o efeito das mudanças do clima. Eis que as alterações nos padrões de precipitação podem ser muito grandes, trazendo chuvas mais duras (maiores volumes em menor espaço de tempo) que podem demandar redimensionamento das estruturas.

- Consequência: o risco é da necessidade de redimensionamento das estruturas projetadas, tanto a das barragens como a dos canais, quando do desenho detalhado das estruturas, rebatendo-se em custos mais altos.
- Reflexo nos indicadores da ACB: custos de instalação e de operação mais altos.
- Conexão com análise de sensibilidade: CapEx e OpEx.
- Classificação quanto à probabilidade: pouco provável (B).
- Classificação quanto à severidade do impacto: pequeno (II).
- Nível resultante de risco: $B \times II = \text{baixo}$.

■ **Riscos da opção tecnológica analisada**

- Avaliação: conforme descrito no item 3.3, as duas alternativas de projeto se apoiam exclusivamente em soluções de engenharia convencional para o controle de cheias, não considerando as interações com infraestruturas verdes e com opções de gestão (medidas *soft*) coordenando a regularização de vazão com outras barragens.
- Consequência: o risco de se considerar apenas uma opção tecnológica é o de superdimensionar o projeto, com o risco menor de não se alcançar os objetivos devido às interações não antevistas com as demais searas.
- Reflexo nos indicadores da ACB: pode tanto se rebater em custos de instalação e operação mais altos, como eventualmente em reduções de benefícios.
- Conexão com análise de sensibilidade: CapEx e OpEx (certamente) e benefícios (eventualmente).
- Classificação quanto à probabilidade: probabilidade média (C).
- Classificação quanto à severidade do impacto: crítico (IV).
- Nível resultante de risco: $C \times IV = \text{alto}$.

■ **Incertezas relativas à mudança do clima e projeções econômicas**

- Avaliação: o efeito das mudanças do clima e das projeções econômicas alteram os valores e as probabilidades de risco futuro. Estes riscos dão base à expectativa de perdas que o projeto almeja evitar, tanto pela severidade dos eventos quanto pela base de ativos em risco.
- Consequência: caso as expectativas estejam erradas, pode-se ter tanto uma superestimação dos benefícios como uma subestimação, afetando os resultados da análise.
- Reflexo nos indicadores da ACB: benefícios das perdas evitadas mais altos ou mais baixos (incertos).



- Conexão com análise de sensibilidade: valor futuro dos danos e prejuízos em função das projeções econômicas e mudanças do clima.
- Classificação quanto à probabilidade: probabilidade média (C).
- Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (III).
- Nível resultante de risco: $C \times III = \text{moderado}$.
- **Riscos de investimentos autônomos reduzirem as perdas**
 - Avaliação: conforme descrito no item 3.3, o cenário base foi concebido de forma a minimizar os riscos de se ter sobreposições de investimentos que resultariam em dupla contagem na presente avaliação. A probabilidade de que investimentos autônomos realizados pelas prefeituras municipais possam vir a reduzir o nível de riscos das perdas é pequena, mas não nula.
 - Consequência: caso haja uma quantidade significativa de inversões autônomas por parte das prefeituras municipais, o nível de perdas é reduzido e, com isso, os benefícios do projeto se tornam ainda mais tímidos frente aos seus custos, que estariam superdimensionados.
 - Reflexo nos indicadores da ACB: redução dos benefícios esperados pelo projeto.
 - Conexão com análise de sensibilidade: sensibilidade dos benefícios.
 - Classificação quanto à probabilidade: improvável (A).
 - Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (III).
 - Nível resultante de risco: $A \times III = \text{baixo}$.
- **Externalidades negativas aos serviços ecossistêmicos hídricos**
 - Avaliação: esse risco é condicional à avaliação das externalidades aos serviços ecossistêmicos hídricos, principalmente quanto à regularização de vazão, que pode trazer prejuízos não identificados.
 - Consequência: caso a externalidade seja alta, os custos sociais do projeto serão afetados, podendo inviabilizá-lo.
 - Reflexo nos indicadores da ACB: adição de novos custos de investimento (CapEx) e de operação (custos mitigatórios).
 - Conexão com análise de sensibilidade: não há.
 - Classificação quanto à probabilidade: pouco provável (B).
 - Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (III).
 - Nível resultante de risco: $B \times III = \text{moderado}$.
- **Riscos inerentes à fase de implantação do projeto**
 - Avaliação: uma vez que o projeto demanda obras civis de grande porte, certamente incorrerá em riscos adversos decorrentes da implantação do projeto.



- Consequência: Estes riscos poderão retardar o início da geração de benefícios do projeto, bem como poderão elevar os custos de CapEx.
- Reflexo nos indicadores da ACB: CapEx.
- Conexão com análise de sensibilidade: CapEx.
- Classificação quanto à probabilidade: probabilidade média (C).
- Classificação quanto à severidade do impacto: pequena (II).
- Nível resultante de risco: $C \times II = \text{moderado}$.

■ Riscos locais não mapeados

- Avaliação: por se tratar de uma etapa preliminar de avaliação, estudos mais aprofundados deverão revelar diversos riscos locais não mapeados, que vão desde geológicos, passando pelos orçamentários (como usos mais rentáveis das terras que devem ser desapropriadas, por exemplo), até apoio político local ao projeto.
- Consequência: estes riscos não são avaliados nessa etapa preliminar.

A Tabela 8-5, abaixo, apresenta o resumo da análise qualitativa de riscos.

Tabela 8-5 – Resumo da análise qualitativa de riscos

Risco Mapeado	Nível de risco	Consequência	Medida Mitigadora
Desatualização da modelagem hidráulico-hidrológica	Alto	A modelagem hidráulica-hidrológica de base para o projeto, que determina o conjunto de intervenções (barragens e canais na alternativa 1), pode não refletir a situação atual	Atualizar a modelagem hidráulico-hidrológica com base nas modificações que podem ter ocorrido na bacia do rio Muriaé durante os sete anos transcorridos desde o estudo SIEMEC
Riscos de engenharia frente às mudanças do clima	Baixo	O risco é da necessidade de redimensionamento das estruturas projetadas, tanto a das barragens como a dos canais, quando do desenho detalhado das estruturas, rebatendo-se em custos mais altos	Uma vez que as soluções desenhadas para o controle de cheias tem como base de dimensionamento de estruturas (barramentos e canais) que não necessariamente consideram o efeito das mudanças do clima, devem ser reavaliados sob essa ótica
Riscos da opção tecnológica analisada	Alto	O risco de se considerar apenas uma opção tecnológica é o de superdimensionar o projeto, com o risco menor de não se alcançar os objetivos devido às interações não antevistas com as demais searas	Considerar interações das soluções de engenharia convencional desenhadas para o controle de cheias com infraestruturas verdes e com opções de gestão (medidas <i>soft</i>) coordenando a



Risco Mapeado	Nível de risco	Consequência	Medida Mitigadora
			regularização de vazão com outras barragens
Incertezas relativas à mudança do clima e projeções econômicas	Moderado	Caso as expectativas estejam erradas, pode-se ter tanto uma superestimação dos benefícios como uma subestimação, afetando os resultados da análise	Considerar cenários climáticos atuais para a estimativa das perdas esperadas no futuro na ausência do projeto (cenário base)
Riscos de investimentos autônomos reduzirem as perdas	Baixo	Caso haja uma quantidade significativa de inversões autônomas por parte das prefeituras municipais, o nível de perdas é reduzido e, com isso, os benefícios do projeto se tornam ainda mais tímidos frente aos seus custos, que estariam superdimensionados	Consultar as prefeituras dos municípios beneficiados para atualização e consideração de eventuais medidas realizadas na redução de risco das perdas ocorridas durante os sete anos transcorridos desde o estudo SIEMEC
Externalidades negativas aos serviços ecossistêmicos hídricos	Moderado	Caso a externalidade seja alta, os custos sociais do projeto serão afetados, podendo inviabilizá-lo	Conduzir avaliação das externalidades aos serviços ecossistêmicos hídricos, principalmente quanto à regularização de vazão, que pode trazer prejuízos não identificados
Riscos inerentes à fase de implantação do projeto	Moderado	Estes riscos poderão retardar o início da geração de benefícios do projeto, bem como poderão elevar os custos de CapEx	Estudo de impacto ambiental e projeto executivo de qualidade
Riscos locais não mapeados	-	Estes riscos não são avaliados nessa etapa preliminar	Por se tratar de uma etapa preliminar de avaliação, estudos mais aprofundados deverão revelar diversos riscos locais não mapeados, que vão desde geológicos, passando pelos orçamentários (como usos mais rentáveis das terras que devem ser desapropriadas, por exemplo), até apoio político local ao projeto

8.3 ANÁLISE PROBABILÍSTICA

Este item apresenta os resultados da análise probabilística dos resultados da ACB para a alternativa 1, realizada com base na simulação de Monte Carlo. Esse método permite



realizar uma leitura estatística dos indicadores de viabilidade 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 7. Em suma, o método utiliza da aleatoriedade (pressupondo-se uma distribuição normal) para gerar resultados estatísticos para melhor compreender as incertezas inerentes à modelagem.

As seguintes configurações do projeto Complexo de Barragens Muriaé foram impostas às variações, quais sejam:

- Variação em faixas mais positivas para os custos, pois essa é a realidade dos orçamentos nacionais em infraestrutura³⁰: CapEx e OpEx no intervalo entre -10% e +100% dos custos estimados, assumindo-se que os orçamentos podem ter sido realizados de forma demasiadamente otimista;
- Variação entre faixas mais positivas para o valor histórico dos danos e prejuízos dos desastres de inundações e enxurradas, pois tem-se potencial subestimação dos registros: variação no intervalo de -20% a +120%; e
- Variação entre -60% e +60% para os demais parâmetros (valorização imobiliária, projeções socioeconômicas, mudanças do clima, dias improdutivos, fração de abatimento para eventos que superam o TR do projeto e parâmetro de indução do investimento), dada a incerteza que se tem sobre seus verdadeiros parâmetros.

Quanto à taxa social de desconto (TSD), a simulação a manteve constante em 8,5%, pois não obstante a viabilidade seja sensível a ela, é definida pelo Ministério da Economia.

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 muito elevada, de 48%, do $\Delta VSPL$ ser menor do que zero, ou seja, de o projeto não cumprir com seu objetivo de agregar valor social.

Em contrapartida, a análise revela a probabilidade de que, em 52% das vezes, o projeto consiga agregar valor à sociedade. As quase dez mil simulações revelam que há 34% de o resultado se manter entre o zero e o $\Delta VSPL$ *default*, de R\$ 45 milhões, mas em 17% das vezes o $\Delta VSPL$ pode ser maior.

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

³⁰ BID. De estruturas a serviços: O caminho para uma melhor infraestrutura na América Latina e no Caribe. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2020.



Tabela 8-6 - Análise de robustez da alternativa 1 (análise de Monte Carlo)

Resultados agregados de 9.999 simulações	Δ VSPL (Valor Social Presente Líquido)	VAE (Valor Anual Equivalente)	TRE (Taxa de Retorno Econômico)	B/C (Índice Benefício/Custo)
Resultados default	R\$ 44,52	R\$ 4,14	10,18%	1,21
Média	6,82	0,63	8,90%	1,07
Desvio Padrão	94,74	8,82	2,75%	0,34
Mínimo	-260,42	-24,23	1,92%	0,40
1º Quartil	-62,00	-5,77	6,88%	0,82
Mediana	4,83	0,45	8,64%	1,02
3º Quartil	73,04	6,80	10,71%	1,27
Máximo	323,81	30,13	19,07%	2,67

Os resultados mostram, ainda, que entre o Δ VSPL do 1º quartil (25%) e do 3º quartil (75%), tem-se uma faixa que vai de negativos R\$ 62 milhões até positivos R\$ 73 milhões. Esse intervalo pode ser compreendido como o mais provável para os resultados, pois concentra 50% de todos os possíveis. O resultado da avaliação demonstra, assim, o grande risco que está embutido na configuração analisada para a redução das perdas pelas cheias nos municípios contemplados. Muito embora tanto a média quanto a mediana do Δ VSPL das simulações sejam positivos, o são em valores singelos em relação aos custos do empreendimento.

Os gráficos abaixo 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*. Ambos apresentam confirmação da viabilidade apertada da alternativa 1, cuja probabilidade de destruir valor social ao invés de incrementar é muito elevada (quase metade das vezes).

O risco da alternativa 1, portanto, pode ser considerado como muito alto. Uma vez que se trata de projeto com fins de solucionar um problema de grande relevância local, recomenda-se realizar estudos complementares com outras configurações de mitigação dos riscos de perdas por meio do controle de eventos extremos na região de interesse. Nas próximas etapas de análise, outras alternativas e configurações de projeto, como os apontados no item 7.1, devem ser contrastados via ACB. Ademais, é importante abordar os riscos de cunho institucional, e propor a adoção de medidas preventivas e mitigadoras.

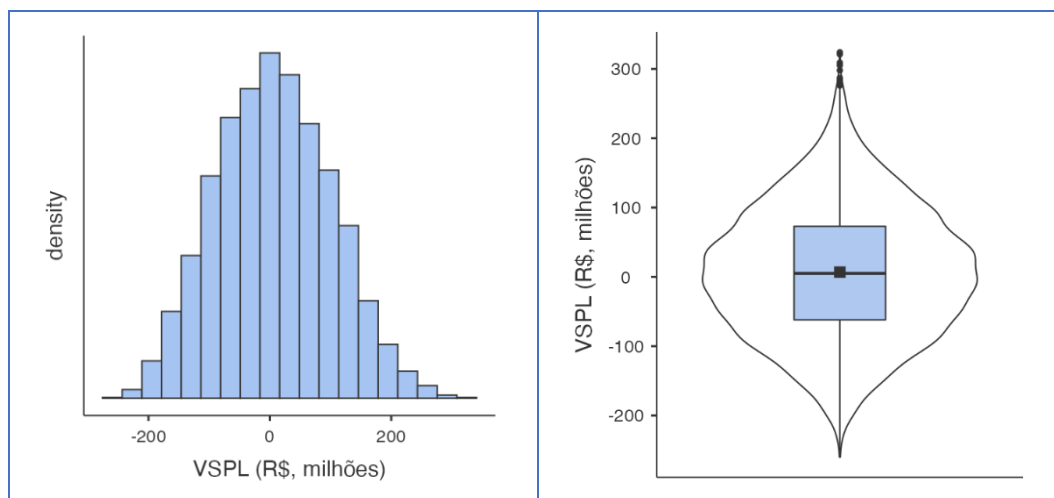


Figura 8.1 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 1 (Δ VSPL, milhões)

A simulação de Monte Carlo para a alternativa 2 não é apresentada devido ao fato dessa alternativa já ser descartada pela análise dos indicadores de viabilidade do projeto. Para fins de confirmação, tem-se que as 9.999 simulações resultam em uma probabilidade de 84% de geração de valor social negativo, reforçando a inviabilidade dessa alternativa. O intervalo interquartil do Δ VSPL é de negativos R\$ 212 milhões a também negativos R\$ 37 milhões.

Uma vez que os benefícios de ambas as alternativas é o mesmo, pode-se ver por esses resultados a inviabilidade de se terem soluções com custos superiores ao da alternativa 1, que *per se* já se apresenta como pouco robusta.



9. 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.

9.1 INCIDÊNCIA DE BENEFÍCIOS E BENEFICIÁRIOS

No caso em estudo, o projeto Complexo de barragens e canais na bacia hidrográfica do rio Muriaé prevê o aporte de infraestrutura hídrica para a redução dos riscos de perdas em eventos de inundações e enxurradas, afetando (de forma direta ou indireta) uma vasta gama de *stakeholders*. A presente análise é subdividida em dois tópicos, que abordam questões complementares quanto à incidência de benefícios e beneficiários.

Espera-se que ao final o gestor possa ponderar aspectos distributivos relevantes para a tomada de decisão, notadamente frente ao encaminhamento desse projeto que traz resultados sociais líquidos positivos.

■ Matriz de *stakeholders*

Seguindo orientação do Guia ACB, apresenta-se abaixo a incidência de benefícios (matriz de *stakeholders*) do projeto, subdividida pelos atores mais intensamente afetados. Trata-se de uma forma de visualizar a distribuição de custos e benefícios, em valor presente líquido, entre os atores beneficiários. A própria consideração de setores usuários como beneficiários das alternativas analisadas permite identificar a distribuição de benefícios que recaem a cada um (Tabela 9-1), que é realizada para a alternativa 1.

Os beneficiários foram identificados com base no CEPED³¹, que, por sua vez, compila dados registrados pelos Formulários de Identificação de Desastres - FIDE da Defesa Civil, sistematizados por Banco Mundial (2020). Este formulário identifica categorias de prejudicados com desastres e seus danos e prejuízos arcados em públicos e privados e algumas subcategorias. Estas serão utilizadas na análise distributiva dos danos e prejuízos evitados.

Nota-se que o projeto Complexo de barragens e canais na bacia hidrográfica do rio Muriaé não envolve a cobrança direta de tarifas, tampouco se prevê alguma forma de parceria público-privada, subvenção ou de operação privada. As estruturas de controle de cheias são financiadas e operadas pelo setor público estadual e federal, conforme identificado no capítulo 3. Ressalta-se que o projeto, tal como concebido pelo SIEMEC e proposto pelo PNSH, não traz clareza em relação ao arranjo institucional necessário à operação das estruturas, o que deve render análises adicionais de distribuição de custos.

³¹ UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – Ceped/UFSC. Atlas Digital de Desastres no Brasil. Site. 2020. Disponível em: www.atlas.cephed.ufsc.br. Acesso em: março. 2021.



Tabela 9-1 - Distribuição dos custos e benefícios por stakeholders (R\$, milhões, VPL)

Stakeholders (R\$ milhões, VPL)		Poder Público Local		Setor Privado Local				Municípios em geral	Empreiteiro	Governo / Empreendedor	Fator de conversão	Sociedade Geral (B/C líquido)
		Instalações e infraestrutura	Serviços Públicos	Habitacões	Setor de Serviços	Setor Industrial	Setor Agropecuário					
Benefício	Perdas evitadas	62	21	17	67	7	6				1,00	179
	Melhora no bem-estar							20			1,00	20
Ext. e WEI	Indução ao Investimento							57			1,00	57
	Externalidade potencial*							*			1,00	0
CapEx	MDO qual.								5	-21	0,75	-16
	MDO ã qual.								12	-48	0,74	-35
	B&S com.								10	-119	0,92	-109
	B&S ã com.								1	-23	0,94	-22
OpEx	MDO qual.									-2	0,75	-2
	MDO ã qual.									-4	0,74	-4
	B&S com.									-9	0,92	-9
	B&S ã com.									-3	0,94	-3
Tributos e Obrigações									-17	17	1,00	0
FLUXO LÍQUIDO		62	21	17	67	7	6	77	12	-212	-	56

* Não valorado, porém identificado como potencial externalidade negativa

Os danos materiais públicos associados a instalações públicas e infraestruturas, os quais seriam grandes beneficiários do projeto, tal como concebido, representam 24% do total de benefícios gerados. Obviamente, este alto valor segue a alta proporção de danos desta categoria no cenário base. Tais danos, muitas vezes são cobertos por fundos de emergência federais.

O poder público local se beneficia em R\$ 83 milhões em perdas evitadas. A maior fração desse valor (R\$ 62 milhões) está nos danos materiais evitados às instalações públicas e infraestrutura. Os demais R\$ 21 milhões se devem à não interrupção de serviços públicos. Ou seja, o valor dos danos materiais inclui uma transferência entre agentes econômicos que deve ser considerada nesta análise distributiva, pois o cômputo das perdas é realizado



justamente sobre aquelas que chegaram a ser reconhecidas pelo Governo Federal como Situação de Emergência ou Calamidade Pública.

Vale notar que os prejuízos públicos envolvem gastos necessários para o restabelecimento dos serviços públicos após os desastres.

A sociedade em geral tem a ganhar com o projeto, pois é beneficiada pela redução das perdas nos três setores econômicos, pela melhora no bem-estar e pela indução do investimento. Juntos, os atores privados dos municípios beneficiados auferem um total de R\$ 157 milhões.

Tomando os cidadãos moradores das cidades, chama a atenção o item de danos em habitações, o qual representou em torno de 6% do benefício total. Tal valor representaria gastos evitados pelos cidadãos das cidades afetadas.

O benefício da melhora no bem-estar, embora seja calculada por meio da *proxy* da valorização imobiliária, é representativo de um acréscimo de valor intangível para toda a sociedade beneficiada. De forma análoga, o benefício da indução do investimento recai sobre os atores privados municipais. Juntos, estes benefícios representam 30% do total.

Os benefícios aos serviços privados são muito maiores (26%), comparativamente aos demais, devido à valoração própria que se realizou, contabilizando os dias improdutivos por cada pessoa diretamente afetada pelos eventos de desastres.

■ Desalojados e desabrigados

A tabela (abaixo) traz o número de cidadãos desalojados e desabrigados contabilizados em algumas cidades principais, vítimas de eventos de enxurradas e inundações ocorridos entre 1991 e 2019.

Embora a análise desenvolvida não contabilize desalojados e desabrigados “evitados”, ou seja, que não existiriam com a presença do projeto, é possível inferir que estes reduzirão drasticamente com a implementação das obras.

Tabela 9-2 - Desalojados e desabrigados

Municípios com dados	Número de desabrigados/desalojados (1991-2019)
Carangola	17.156
Muriaé	59.600
Cardoso Moreira	8.448
Itaperuna	26.950
Laje do Muriaé	10.000
Porciúncula	13.450

Para fins ilustrativos, pode-se dizer que, caso o projeto reduza em 80% o número de afetados, e os eventos se repetissem no futuro, o projeto teria evitado cerca de 108 mil pessoas desabrigadas ou desalojadas em 28 anos nos 6 municípios acima.



As obras de engenharia de ambas as alternativas incluem a necessidade de desapropriações para sua implementação. Habitantes e donos de imóveis a serem desapropriados serão os principais atores a arcar com algum ônus do projeto. Não foi possível no nível preliminar quantificar tais ônus e seus membros, no entanto cabe um alerta para sua devida consideração na etapa de ACB Completa.

Também é válido registrar que os custos de desapropriação foram contabilizados no CapEx de ambas as alternativas (sendo que a segunda apresenta custos bastante elevados desta categoria) e que devem, se bem precificados, compensar os envolvidos.

9.2 *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.

Conforme observado pelo item acima (9.1), uma grande fração dos beneficiados pelas perdas evitadas são os poderes públicos municipais. Dessa forma, não haveria necessidade de transferências de valores de uma classe mais privilegiada para uma menos privilegiada, resultando desnecessária a inclusão de compensações monetárias.



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 Controle de Cheias - Complexo de Barragens Muriaé



10. ANEXO 1 – ANEXO DIGITAL – PLANILHA COMPUTACIONAL – ACB COMPLEXO DE BARRAGENS MURIAÉ