

# Estudo de Caso ACB Infraestrutura Hídrica

Tipologia Oferta de Água: Projeto Vaza-Barris



# 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 Oferta de Água – Projeto Vaza-Barris, do contrato BRA10/694/38391/702/38399/2020, Solicitação de Proposta (SDP) nº JOF 1934/2020, no âmbito de parceria da SDI/ME com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Projeto BRA/19/15. Após sua entrega, este produto foi revisado e atualizado pela SDI/SEPEC/ME para sua publicação definitiva. Sua redação final pode divergir pontualmente, portanto, daquela inicialmente apresentada pelo Consórcio e aprovada pela SDI/SEPEC/ME.

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

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

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

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



## Sumário

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. SUMÁRIO EXECUTIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>3. FUNDAMENTOS PARA INTERVENÇÃO .....</b>	<b>11</b>
3.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO .....	11
3.2 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS .....	14
3.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ALTERNATIVAS E CENÁRIO BASE .....	15
3.3.1 Projeto e Alternativas.....	16
3.3.2 Cenário base .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>4. ESTIMAÇÃO DE CUSTOS ECONÔMICOS .....</b>	<b>24</b>
4.1 DISPÊNDIO DE CAPITAL PARA CRIAÇÃO OU AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE EM INFRAESTRUTURA (CAPEX).....	24
4.1.1 Estimativa de valor residual de investimentos.....	30
4.1.2 Cálculo da desagregação do CapEx .....	31
4.2 DESPESAS COM GESTÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURA (OpEx) .....	33
4.2.1 Cálculo da desagregação do OpEx.....	34
4.3 RESULTADOS DE ESTIMATIVA DE CUSTOS ECONÔMICOS .....	36
4.4 CONSIDERAÇÕES DE CUSTOS DAS DEMAIS ALTERNATIVAS.....	36
4.4.1 Barragem/Adutoras somente para abastecimento (Alternativa 2) .....	37
4.4.2 Planta de dessalinização (Alternativa 3).....	37
<b>5. ESTIMAÇÃO DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS.....</b>	<b>40</b>
5.1 ABASTECIMENTO HUMANO - CUSTO EVITADO.....	41
5.1.1 Garantia da oferta hídrica para abastecimento humano.....	41
5.1.2 DAP não-linear e faixas de consumo da água de abastecimento.....	42
5.1.3 Efeito das mudanças do clima na probabilidade de atendimento hídrico... 46	
5.1.4 População equivalente (com e sem projeto) .....	49
5.1.5 Custos econômicos evitados pela garantia de oferta para abastecimento . 50	
5.2 IRRIGAÇÃO - BENEFÍCIO PELA PRODUÇÃO AGRÍCOLA .....	51
5.2.1 Perímetro irrigado como módulo nos usos múltiplos .....	51
5.2.2 Dados paramétricos de perímetros irrigados.....	52



5.2.3	Valoração dos benefícios econômicos da implantação de um perímetro irrigado modular .....	56
<b>6.</b>	<b>EXTERNALIDADES E EFEITOS INDUTIVOS .....</b>	<b>57</b>
6.1	ESTIMAÇÃO DE EXTERNALIDADES .....	57
6.1.1	Externalidades negativas consideradas no CapEx e OpEx.....	57
6.1.2	Serviços ecossistêmicos hídricos .....	57
6.1.3	Externalidades positivas do perímetro irrigado .....	60
6.2	EFEITOS ECONÔMICOS INDUTIVOS, INDIRETOS E DE SEGUNDA ORDEM.....	60
6.2.1	Benefícios econômicos da indução de demanda no abastecimento humano .....	61
6.2.2	Benefícios econômicos indutivos pelo perímetro irrigado .....	62
<b>7.</b>	<b>INDICADORES DE VIABILIDADE DO PROJETO .....</b>	<b>64</b>
7.1	INDICADORES DA ACB.....	64
7.2	RESUMO DOS RESULTADOS .....	67
<b>8.</b>	<b>ANÁLISE DE RISCO .....</b>	<b>68</b>
8.1	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	68
8.2	ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS.....	72
8.3	ANÁLISE PROBABILÍSTICA .....	77
<b>9.</b>	<b>ANÁLISE DISTRIBUTIVA.....</b>	<b>83</b>
9.1	INCIDÊNCIA DE BENEFÍCIOS E BENEFICIÁRIOS .....	83
9.2	EFEITOS DISTRIBUTIVOS.....	85
<b>10.</b>	<b>ANEXO 1 – ANEXO DIGITAL – PLANILHA COMPUTACIONAL – ACB .....</b>	<b>87</b>



## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Localização do projeto Vaza Barris e Unidades de Conservação .....	13
Figura 2.2 - Macrolocalização do projeto Vaza Barris.....	14
Figura 4.1 – Processo de Osmose .....	38
Figura 4.2 – Processo Industrial de Osmose Inversa.....	38
Figura 5.1 –Projeções de precipitação: variação da precipitação anual (%) em relação ao período de referência (1961-1990) de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo Eta. (extraído de Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC, Brasil, 2020).....	47
Figura 5.2 –Mapas da Dimensão Disponibilidade com as diferenças entre projeções de clima futuro e simulações de clima presente em porcentagem, SWL4. (extraído de Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC, Brasil, 2020). ....	48
<i>Figura 6.1 - Manguezal e apicum no estuário do rio Vaza-Barris (MapBiomass, op.cit.) ..</i>	<i>59</i>
<i>Figura 8.1 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 1 (<math>\Delta VSPL</math>, milhões)</i>	<i>79</i>
<i>Figura 8.2 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 2 (<math>\Delta VSPL</math>, milhões)</i>	<i>81</i>
<i>Figura 8.3 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 3 (<math>\Delta VSPL</math>, milhões)</i>	<i>82</i>

## Índice de Tabelas

Tabela 2-1 - Indicadores-resumo da ACB Social.....	9
Tabela 3-1 - Projeto Vaza-Barris: Alternativas e setores atendidos .....	17
Tabela 3-2 - Uso do solo agropecuário nos municípios .....	21
Tabela 4-1 - Formulário de Dados cadastrais e técnicos .....	25
Tabela 4-2 - Formulário de dados técnicos do empreendimento .....	26
Tabela 4-3 - Formulário de dados Econômicos - CapEx .....	26
Tabela 4-4 - Formulário de preços-sombra, fatores de conversão setorial e cambial .....	28
Tabela 4-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx – Projeto Vaza-Barris – Alternativa 1.....	29
Tabela 4-6 - Checklist de dados prévios de projeto .....	30
Tabela 4-7 - Estimativa de vida útil de componentes da infraestrutura.....	31
Tabela 4-8 - Tabela CapEx – Projeto Vaza-Barris .....	31
Tabela 4-9 - Alíquotas de referência para mão de obra qualificada e não-qualificada conforme componentes do CapEx.....	33
Tabela 4-10 - Tabela OpEx – Projeto Vaza-Barris.....	35



Tabela 5-1 - Projeto Vaza-Barris: Alternativas e setores atendidos .....	40
Tabela 5-2 – Resumo dos cálculos de DAPs adotadas por município – Projeto Vaza-Barris .....	45
Tabela 5-3 - Situações a serem avaliadas para o benefício da garantia de oferta hídrica, conforme Manual ACB Infra Hídrica .....	46
Tabela 5-4 – Resumo dos custos econômicos evitados (benefícios) com o projeto devido à garantia de oferta para abastecimento (R\$) .....	50
Tabela 5-5 – Análise de resultado econômico de investimentos em perímetros de irrigação .....	53
Tabela 5-6 – Análise de resultado econômico de investimentos em perímetros de irrigação .....	54
Tabela 5-7 – Parâmetros médios dos 11 perímetros irrigados públicos analisados por WB (2004) .....	55
Tabela 5-8 – Resumo da valoração dos custos e benefícios econômicos do perímetro irrigado .....	56
Tabela 6-1 – Resumo dos dados de valoração do potencial indutor pelo excedente hídrico .....	62
Tabela 7-1 - Projeto Vaza-Barris: Alternativas e setores atendidos .....	64
Tabela 7-2 - Indicadores da ACB Social .....	65
Tabela 7-3 - Quadro Resumo dos Resultados do Projeto Vaza-Barris .....	67
Tabela 8-1 - Análise de sensibilidade para identificação de variáveis-críticas .....	68
Tabela 8-2 - Valores de inflexão para que o $\Delta VSPL$ seja 0 (zero) .....	70
Tabela 8-3 - Análise de cenários da alternativa 1 para o $\Delta VSPL$ .....	71
Tabela 8-4 - Análise de cenários da alternativa 2 para o $\Delta VSPL$ .....	72
Tabela 8-5 - Análise de cenários da alternativa 3 para o $\Delta VSPL$ .....	72
Tabela 8-6 – Resumo da análise qualitativa de riscos .....	76
Tabela 8-7 - Análise de robustez da alternativa 1 (análise de Monte Carlo) .....	78
Tabela 8-8 - Análise de robustez da alternativa 2 (análise de Monte Carlo) .....	80
Tabela 8-9 - Análise de robustez da alternativa 3 (análise de Monte Carlo) .....	82
Tabela 9-1 - Avaliação qualitativa de distribuição dos benefícios .....	83
Tabela 9-2 - Distribuição dos custos e benefícios por stakeholders (R\$ milhões, $\Delta VSPL$ ) .....	84
Tabela 9-3 - População diretamente beneficiada pelo projeto .....	86



## 1. APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o resultado do estudo de caso de aplicação da metodologia de Análise Custo-Benefício (ACB) no empreendimento **Projeto Vaza-Barris**. Esse empreendimento foi classificado na tipologia **Oferta de Água**, conforme metodologia apresentada no documento “Manual ACB Infra Hídrica de análise custo-benefício em projetos de recursos hídricos”.

O documento está estruturado em 8 capítulos. Além desta apresentação, o capítulo 2 sumariza os fundamentos para intervenção que embasaram a concepção do empreendimento. No capítulo 3 são detalhadas as estimativas de custos econômicos durante o ciclo de vida do projeto, enquanto o capítulo 4 apresenta os benefícios antevistos como decorrentes da implantação do empreendimento.

No capítulo 5 são apresentados os resultados das estimativas anteriores por meio de indicadores da análise custo-benefício. Após a apresentação dos resultados, são feitas análises de sensibilidade e distributiva, 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 analisado traz como executor e interveniente o Governo do Estado do Sergipe e Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), visando concomitantemente dois objetivos:

- Solução de um problema de insegurança hídrica para a população humana urbana de nove municípios sergipanos (Areia Branca, Campo do Brito, Itabaiana, Lagarto, Macambira, Poço Verde, Riachão do Dantas, São Domingos e Simão Dias) que somam 210 mil pessoas na área urbana; e
- Aproveitamento de uma oportunidade identificada de estabelecer um perímetro de irrigação na região para lotes de pequenos produtores agrícolas em área irrigada de 4,5 mil hectares.

O projeto Vaza-Barris localiza-se no rio homônimo e contempla duas barragens, uma delas voltada ao acúmulo e posterior desvio de sólidos em suspensão. Trata-se de uma solução não apenas para reservar água para os usos previstos, mas também para manter a qualidade físico-química dos recursos reservados em padrões adequados.

Analisa-se três alternativas:

- 1 - Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação, projeto completo, tal como concebido no PROVABASE (PNSH, ANA, 2019) e que gera benefício pelo custo evitado no abastecimento humano, benefício pela indução de demanda também no abastecimento humano, e benefício pela produção agrícola via perímetro irrigado;
- 2 - Barragem/Adutoras somente para abastecimento humano, projeto anterior sem o módulo de irrigação. Implica redução nas dimensões da barragem e supressão da adutora da irrigação, mantendo os benefícios do abastecimento humano.
- 3 - Planta de dessalinização para abastecimento humano, alternativa que visa somente atender a demanda de abastecimento humano sob risco, nos municípios, sem a construção de barragem e sem indução do desenvolvimento.

A tabela abaixo apresenta os indicadores de viabilidade das três alternativas.

Tabela 2-1 - Indicadores-resumo da ACB Social

Alternativa	Indicadores de viabilidade (1º e 3º quartis da análise probabilística)			Resumo dos pontos principais das análises complementares		
	$\Delta VSPL$ (R\$, MM)	TRE (%)	Índice B/C (B/C)	Análise de Sensibilidade	Análise Qualitativa de Risco	Análise Distributiva
1- Barragem- Adutoras para abastecimento e irrigação	252 (-51 a +362)	12,9 (7,9 a 13,0)	1,39 (0,95 a 1,39)	Variáveis-críticas: valor bruto da produção agrícola, CapEx, população urbana em risco e sensibilidade ao clima futuro	Risco alto devido ao módulo de irrigação e à incerteza quanto a externalidades aos serviços ecossistêmicos	Geração de valor econômico positivo para a sociedade, mas com ônus ao promotor do projeto de irrigação e ao governo, que não obstante,



Alternativa	Indicadores de viabilidade (1º e 3º quartis da análise probabilística)			Resumo dos pontos principais das análises complementares		
	$\Delta$ VSPL (R\$, MM)	TRE (%)	Índice B/C (B/C)	Análise de Sensibilidade	Análise Qualitativa de Risco	Análise Distributiva
						poderiam ser compensados
2- Barragem- Adutoras somente para abastecimento	<b>166</b> (+131 a +483)	<b>15,4</b> (11,9 a 19,3)	<b>1,76</b> (1,40 a 2,59)	Variáveis-críticas: DAP necessidades básicas, CapEx, população urbana em risco e sensibilidade ao clima futuro	Menor nível de risco dentre as alternativas, salvo os que afetam a todas	Atendimento a 9 municípios, com geração de indução via rede geral
3- Planta de dessalinização para abastecimento	<b>50</b> (-53 a +302)	<b>10,7</b> (6,8 a 15,8)	<b>1,18</b> (0,87 a 1,76)	Variáveis-críticas: DAP necessidades básicas, CapEx, OpEx, população urbana em risco e sensibilidade ao clima futuro	Risco moderado devido à tecnologia de dessalinizador, mas que pode render OpEx menor	Atendimento a 9 municípios, sem geração de indução via rede geral

Embora atendam a objetivos parcialmente diferentes devido ao módulo de irrigação, as alternativas 1 e 2 apresentam indicadores finalísticos relativamente similares, denotados por meio de  $\Delta$ VSPL de mesma ordem de grandeza (252 milhões para a primeira e de R\$ 166 milhões para a segunda). A alternativa 1 produz o  $\Delta$ VSPL com base em custos bastante superiores que a 2 (R\$ 651 milhões contra R\$ 217 milhões), embora também produza benefícios superiores (R\$ 903 milhões contra 383, respectivamente).

O risco da alternativa 1 é de moderado a alto, o que reforça as conclusões do Banco Mundial (2004) de que a implementação de um perímetro irrigado no semiárido com 4,5 mil hectares não é tarefa trivial, muito embora seu sucesso possa se traduzir em grandes ganhos sociais. A escolha pela continuidade da avaliação desta alternativa no ciclo de análise do projeto demanda esmiuçar os riscos envolvidos, notadamente os de cunho institucional, e propor a adoção de medidas preventivas e mitigadoras.

A alternativa 2 é bastante robusta, demandando um aumento de CapEx da ordem de 94% para que seu  $\Delta$ VSPL seja zero. A análise probabilística revela um risco de 8% de resultado negativo, enquanto a alternativa 1 revela 34% dessa ocorrência.

Uma vez que ambas as alternativas 1 e 2 são socialmente viáveis e apresentam indicadores relativamente próximos, ambos são justificadores de investimento por apresentarem  $\Delta$ VSPL positivo. A partir desta viabilidade social, cabe destacar que a opção entre as alternativas supera o âmbito de resposta dos indicadores de viabilidade da ACB.



### 3. FUNDAMENTOS PARA INTERVENÇÃO

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO

O projeto Vaza-Barris, classificado na tipologia Oferta de Água, é intervenção habilitada para o Programa de Segurança Hídrica (PSH), aderente aos critérios de intervenção estruturante e estratégica, pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)<sup>1</sup>.

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.

O projeto Vaza-Barris foi tratado no PNSH sob código SE-013 e título “PROVABASE - Projeto de Desenvolvimento de Recursos Hídricos do rio Vaza Barris”. Este projeto, em conjunto com as intervenções SE-003 (Ampliação do Sistema Integrado da Adutora do Agreste), SE-008 (Ampliação do Sistema Integrado Alto Sertão), SE-001 (Duplicação da Adutora São Francisco - 3a Fase) e SE-002 (Adutora do Poxim), compõe o Programa de Segurança Hídrica de Sergipe (PNSH, 2019).

Segundo o Relatório de Identificação de Obras (RIO) do PNSH, que detalha as intervenções habilitadas para o Programa de Segurança Hídrica, o Projeto Vaza-barris lê:

- Executor e interveniente: *Governo do Estado do Sergipe / Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO);*
- Manancial - Fonte hídrica: *Rio Vaza Barris, na bacia hidrográfica do rio Vaza Barris;*
- Localização: *Município Campo de Brito, Estado de Sergipe;*
- Finalidade atendida: *Abastecimento humano e irrigação;*
- Descrição: *Barragem pertencente ao "Projeto de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Abastecimento de Água do Rio Vaza-Barris (PROVABASE)", projetado com volume de reservação de 93 hm<sup>3</sup> e vazão de 2,4 m<sup>3</sup>/s. O projeto PROVABASE visa o aproveitamento hídrico do rio Vaza-Barris para reforçar o abastecimento humano da região agreste de Itabaiana e região centro-sul de Lagarto, servindo também como opção de manancial aos sistemas integrados de adutoras já existentes.*

Ainda segundo a ficha RIO do PNSH, o projeto Vaza-Barris não havia solicitado Certificado de Avaliação da Sustentabilidade da Obra Hídrica (CERTOH) para a ANA, estando classificado no estágio de “estudos”.

---

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



Em 1999, um convênio de cooperação técnica entre a Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia de Sergipe (SEPLANTEC) e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) propiciou a elaboração de um estudo de desenvolvimento de recursos hídricos para o estado, o que resultou por indicar como obra prioritária e por gerar, ao nível de viabilidade, o Projeto de Desenvolvimento de Recursos Hídricos do rio Vaza-Barris, em Sergipe - PROVABASE.

O resumo executivo do Projeto de Desenvolvimento de Recursos Hídricos do rio Vaza-Barris, em Sergipe - PROVABASE foi utilizado como fonte complementar de dados ao PNSH na elaboração do presente estudo de caso de Análise Custo-Benefício.

A área de inserção do projeto se insere no Semiárido Nordeste, carente de recursos hídricos em quantidade e qualidade; inclusive, o empreendimento foi concebido para aproveitamento de rios da região semiárida através do armazenando das águas essencialmente derivadas do escoamento superficial, descartando-se as que possuem elevados teores de sais provenientes da descarga de base nos períodos de estiagem, com destaque aos níveis de cloretos.

Também, da elaboração da Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água, estudo também conduzido pela ANA, em 2021, o empreendimento foi classificado como Estudo Complementar para Infraestrutura Potencial, ou seja, ainda há lacunas para o perfeito entendimento da função do empreendimento em seu contexto.

De acordo com o PNSH, a população em risco na área a ser beneficiada pelo empreendimento, devido a déficits de abastecimento, é de 162.246 pessoas e a atividade econômica (Agricultura Irrigada, Pecuária e Atividades Industriais) também em risco corresponde a um valor de R\$ 520,39 milhões.

Quanto ao planejamento territorial na área de intervenção, nota-se que o Estado do Sergipe não conta com Zoneamentos Ecológico-Econômicos disponíveis, seja ao nível da Unidade da Federação, ao nível de bacia hidrográfica do Vaza-Barris ou ao nível de região próxima ao projeto.

Muito embora a localização exata das barragens do projeto não seja precisa, pois se trata de intervenção classificada como “estudo” pelo PNSH, verifica-se a presença de uma Unidade de Conservação (UC) federal de proteção integral a cerca de 6 km da barragem principal. Trata-se do Parque Nacional Serra de Itabaiana, que ocupa uma área de aproximadamente 8 mil hectares entre os municípios de Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda e Campo do Brito. A UC, criada 2005, protege remanescentes de Mata Atlântica sergipana e espécies ameaçadas.

Não se verificam outras unidades na região do entorno do projeto, verificação realizada com base no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação<sup>2</sup>. O Mapeamento de Terras Indígenas também não aponta áreas nas proximidades.

---

<sup>2</sup> BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: 22 maio de 2021.

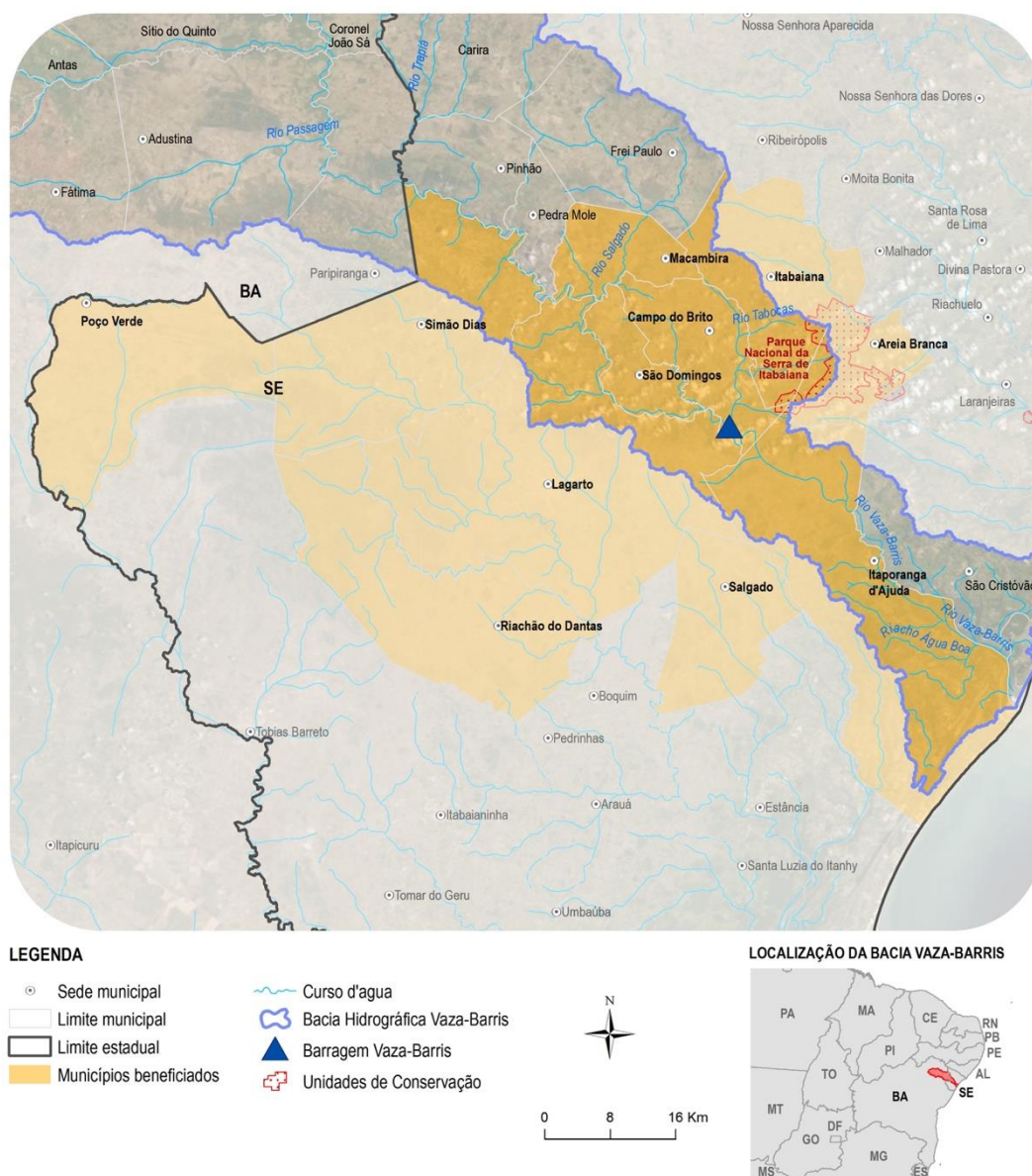


Figura 3.1 - Localização do projeto Vaza Barris e Unidades de Conservação

Em consulta ao Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEMARH, 2018), observa-se que existe apenas uma captação direta para fins de abastecimento humano na bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, que é realizada no rio Traíras. Este manancial apresentou níveis admissíveis para turbidez, pH, cloretos, sólidos totais dissolvidos, amônia, nitrato e coliformes termotolerantes.

Em relação ao fósforo, a concentração foi superior ao limite para Classe 2, assim como em relação ao nível de contaminação por bactérias do grupo dos coliformes, denotando impacto por influência de efluentes de origem orgânica. A conclusão do PERH quanto ao aspecto qualitativo é que pode haver impacto da atividade agroindustrial potencial não



evidenciado no monitoramento da qualidade da água, mas, que certamente, pode ser mitigado pelo processo de licenciamento.

### 3.2 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

O projeto em estudo atende concomitantemente a dois objetivos: (i) solução de um problema de insegurança hídrica para a população humana urbana de nove municípios; e (ii) aproveitamento de uma oportunidade identificada de estabelecer um perímetro de irrigação na região, via o aproveitamento dos recursos hídricos.

A figura a seguir ilustra a macrolocalização do empreendimento.



Figura 3.2 - Macrolocalização do projeto Vaza Barris



O PROVABASE é um projeto de oferta de água, basicamente ampliando a oferta de água para abastecimento humano na região, em torno de 129.000 m<sup>3</sup>/dia, através da ampliação dos sistemas integrados de adutoras Piauitinga e Agreste já existentes, beneficiando as cidades de Areia Branca, Campo do Brito, Itabaiana, Lagarto, Macambira, Poço Verde, Riachão do Dantas, São Domingos e Simão Dias, com uma população total estimada para o ano de 2020 de 340 mil habitantes. Já a população urbana, a ser beneficiada pelo projeto, é estimada em 210 mil pessoas em 2020.

O projeto proposto contempla uma barragem idealizada para uso múltiplo das águas armazenadas, nomeadamente para alimentar a irrigação de 4.533 hectares, a partir de uma dotação de água de 2,912 m<sup>3</sup>/s. Adicionalmente, contempla a ampliação da oferta hídrica para estabelecimentos industriais situados nas áreas urbanas beneficiadas, embora não haja detalhamento de suas demandas ou necessidades específicas.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ALTERNATIVAS E CENÁRIO BASE

O projeto Vaza-Barris, tal como estudado no PNSH (ANA, 2019), localiza-se no rio homônimo, cuja bacia drena uma área total de 16.229 km<sup>2</sup>, sendo 84% no estado da Bahia e o restante em Sergipe (11,6% da área total do Estado). O projeto contempla duas barragens, uma delas voltada ao acúmulo e posterior desvio de sólidos em suspensão, nomeadamente os cloretos, que ocorrem nos períodos secos<sup>3</sup>. Durante estes períodos, o fluxo do rio é direcionado para o canal de desvio entre as duas barragens, transportando as águas com elevados teores de sais para jusante do reservatório principal, evitando assim a alteração dos padrões da qualidade da água acumulada.

Trata-se de uma solução não apenas para reservar água para os usos previstos, mas também para manter a qualidade físico-química dos recursos reservados em padrões adequados, com níveis de cloretos inferiores a 250 mg/l.

As estruturas componentes do projeto são descritas resumidamente a seguir:

#### Barragem Principal:

- Construída em concreto, com altura máxima de 48,2 m e bacia hidráulica de 950 hectares;
- Volume acumulado de 93 hm<sup>3</sup>;
- Vazão regularizada média de 2,394 m<sup>3</sup>/s.

#### Barragem Secundária:

- Implantada 26 km a montante do reservatório principal (município de São Domingos);
- Altura de 20 m, capacidade de armazenamento de 12 hm<sup>3</sup>, sendo 83% deste volume destinado ao acúmulo de sedimentos;

---

<sup>3</sup> Em Sergipe ocorrem, claramente, duas marcantes estações: uma chuvosa (abril a julho) e uma seca, que vai de outubro a janeiro. As precipitações vão de 500 a 800 mm/ano caracterizando um clima semiárido.



- Vertedouro dimensionado para uma descarga máxima de  $1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ , permitindo:
  - vertimento das águas do rio Vaza-Barris, conduzidas pela calha natural do rio em direção ao reservatório principal, durante os períodos de grandes vazões ( $1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ );
  - nos períodos secos, o fluxo do rio é direcionado para o canal de desvio que transporta as águas com elevados teores de sais para jusante do reservatório principal, evitando a alteração dos padrões da qualidade da água acumulada para os fins estabelecidos.

#### Canal de Desvio:

- Galeria de caixas de concreto de 1,05 metro x 1,05 metro;
- Comprimento aproximado de 27 quilômetros;
- Vazão de  $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### Aduadoras para Abastecimento das Cidades e para Irrigação:

- Comprimento aproximado de 50 quilômetros;
- Em ferro fundido, com diâmetros de 500 a 700 mm;
- Aduadora Itabaiana
  - Estação de bombeio de  $0,546 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
  - Municípios de Itabaiana, Areia Branca, Campo do Brito, Macambira e São Domingos.
- Aduadora Lagarto
  - Estação de bombeio de  $0,520 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
  - Municípios de Lagarto, Poço Verde, Simão Dias e Riachão do Dantas.
- Instalações para o fornecimento de água para irrigação
  - Estação de bombeio de  $2,912 \text{ m}^3/\text{s}$
  - Municípios de Lagarto, Itaporanga d'Ajuda e Salgado

A partir destas estruturas, do contexto local e da proposta principal do PROVABASE, foram definidas três alternativas de projeto para a análise de custo-benefício, descritas a seguir.

#### 3.3.1 *Projeto e Alternativas*

O presente item explora as possíveis alternativas para o contexto do projeto Vaza-Barris, considerando tanto o atendimento ao problema de escassez hídrica para abastecimento humano que se verifica nos municípios abrangidos, bem como o aproveitamento de uma oportunidade de desenvolvimento econômico via a promoção de cultivos agrícolas por meio da irrigação, que se faz possível via a reservação das águas do rio Vaza-Barris.





Das alternativas abordadas, três são analisadas na ACB. A tabela a seguir resume estas alternativas que serão confrontadas com o cenário base neste estudo de caso, cada qual sendo detalhada na sequência.

Tabela 3-1 - Projeto Vaza-Barris: Alternativas e setores atendidos

Alternativa	Descrição	Setores usuários atendidos		
		Abastecimento população em risco	Demanda induzida no abastecimento	Irrigação
1 - Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação	Projeto completo, tal como concebido no PROVABASE	Benefício pelo custo evitado	Benefício pela indução de demanda	Benefício pela produção agrícola
2 - Barragem/Adutoras somente para abastecimento humano	Projeto anterior sem o módulo de irrigação. Implica redução nas dimensões da barragem e supressão da adutora da irrigação	Benefício pelo custo evitado	Benefício pela indução de demanda	Base
3 - Planta de dessalinização para abastecimento humano	Alternativa que visa somente atender a demanda de abastecimento humano sob risco, nos municípios, sem a construção de barragem	Benefício pelo custo evitado	Base	Base

#### 1- Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação

Esta alternativa traz o projeto inicial, como proposto, incluindo a barragem, as adutoras, assim como a vazão para atendimento à irrigação.

- **Irrigação:** o detalhamento do projeto (PROVABASE) indica que a barragem foi idealizada para uso múltiplo das águas armazenadas, contemplando também a irrigação de 4.533 hectares, a partir de uma dotação de água de 2,912m<sup>3</sup>/s, prevendo para tal a construção de uma adutora específica. No entanto, não traz detalhes do projeto de irrigação em si, prevendo a obra até o limite de um possível perímetro irrigado. A seção de benefícios deste estudo de caso trará uma caracterização do perímetro irrigado, seus custos e benefícios, os quais devem ser completamente considerados na análise econômica (item 5.2). Este será considerado como um módulo a ser acoplado (ou não) no projeto. A próxima alternativa complementa esta abordagem.
- **Indução:** Como será abordado mais em detalhe em seção adiante, a vazão para abastecimento das adutoras prevê um excedente, proposital, o qual será considerado para indução de demandas vinculadas à rede geral de abastecimento nas cidades contempladas.



## 2- Barragem/Adutoras somente para abastecimento humano

Como descrito acima, o PROVABASE não traz detalhamento do projeto de irrigação. Nesta alternativa, optou-se por avaliar a viabilidade socioeconômica do projeto sem o módulo de irrigação (para confrontá-lo com o projeto completo). Para tal, faz-se necessário ajustes de dimensões e custos associados a uma barragem de menor porte, além da desconsideração da adutora específica para este fim.

Assim, esta alternativa contempla o uso da barragem (redimensionada) e adutoras de abastecimento somente para a oferta de água de abastecimento humano nas sedes dos municípios contemplados. Da mesma forma, prevê uma vazão excedente que será considerada para a indução de consumo urbano (o conceito de indução é detalhado na avaliação de benefícios).

## 3- Planta de dessalinização para abastecimento humano

Como descrito no Manual ACB Infra Hídrica, uma forma de trazer uma abordagem mais estratégica à ACB Preliminar é confrontar as soluções mais clássicas da engenharia com novas abordagens e soluções técnicas menos convencionais. A proposta desta alternativa visa exemplificar essa abordagem. Sendo a dessalinização uma alternativa nova e relativamente custosa, entende-se que esta seria aplicada a casos mais nobres e urgentes de uso das águas (demandas de abastecimento humano sob risco hídrico).

A alternativa de se estabelecer uma planta de dessalinização, ao contrário do que pode parecer ao se tratar de municípios relativamente próximos à costa, não captará água do mar, mas sim do próprio rio Vaza-Barris. A necessidade de dessalinização de suas águas, cuja vazão natural poderia atender à demanda de abastecimento humano, é o alto teor de sólidos totais dissolvidos, que chegam a atingir, no período mais seco, concentrações 20 vezes mais elevadas do que os observados no período mais favorável do ano (abril a julho).

Comumente chamada de planta de dessalinização, trata-se da implantação de estruturas para dessalinização de água, para redução principalmente dos elevados níveis de cloretos presentes nas águas dos cursos d'água da região-alvo do projeto.

Assim, visando o objetivo principal da barragem do rio Vaza-Barris, a planta de dessalinização prevê somente a provisão de água para abastecimento humano à população em risco hoje e no futuro. Isso implica que não haverá previsão de vazões excedentes que possam gerar alguma indução ao consumo nas cidades, bem como não se tem disponibilidade para irrigação.

## 4- Infraestrutura verde para redução dos sólidos

Ainda outra alternativa que poderia vir a ser confrontada com as demais tem como base o uso de infraestrutura verde (ou infraestrutura natural), por meio de sistema de *wetlands* ou de *cactáceas*, para realizar a função de redução dos sólidos em excesso (em especial a concentração de cloretos) no período seco.



Uma primeira possibilidade para o aporte de tal infraestrutura verde seria no intuito de substituir ou redimensionar (para menor) a barragem secundária do projeto Vaza-Barris, atuando assim em conjunto com a infraestrutura cinza da barragem principal (cuja função de reservação seria mantida). Caso viável tecnicamente, essa possibilidade traria potencial redução de custos de implantação com a barragem secundária, permitindo atender aos usos de irrigação e abastecimento humano, compondo sub-alternativas para as alternativas 1 e 2.

Ainda outra possibilidade de uso da infraestrutura verde seria para atender exclusivamente o abastecimento humano, em substituição ou redimensionamento (para menor) da planta de dessalinização (alternativa 3).

Em uma primeira aproximação, ambas as possibilidades demandariam conhecer minimamente os seguintes elementos para inclusão na ACB: (i) o perfil da vegetação capaz de realizar a absorção/remoção de cloretos; (ii) a possibilidade de aplicação dessa vegetação no local (dando preferência para espécies nativas); (iii) a capacidade/eficiência da vegetação em realizar a remoção de sólidos; (iv) a quantidade de cloretos que se precisa remover para atingir os parâmetros mínimos requeridos de qualidade; v) a relação de área de infraestrutura natural; e vi) a vazão do rio Vaza-Barris na estação seca.

Também em ambos os casos, os custos de implementação dessa infraestrutura natural teriam de ser devidamente considerados, incluindo a área requerida para o aporte da vegetação (em hectares e onde seria sua localização mais adequada, mesmo que de forma aproximada), o impacto dessa adição de vegetação no curso natural do rio, o custo de implantação, incluindo eventuais estruturas de desvio de fluxo parcial do rio e, caso seja pertinente, o custo de manutenção.

Uma vez que no âmbito do presente estudo de caso não se detém conhecimento da viabilidade técnica dessa solução, sua avaliação, mesmo em etapa preliminar, não compõe alternativa crível e, portanto, não é avaliada.

### 3.3.2 *Cenário base*

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. Essa construção pode considerar desde maiores custos de operação e manutenção até investimentos necessários mínimos (“fazer o mínimo”) na manutenção da infraestrutura atual. Além das infraestruturas, no caso específico do módulo de irrigação do projeto Vaza-Barris, deve-se ponderar se haveria desenvolvimento autônomo da agricultura de alto rendimento na região.

Uma vez que o contexto do projeto aborda tanto o atendimento ao “problema” de escassez hídrica para abastecimento humano quanto o potencial “aproveitamento da oportunidade” de desenvolvimento econômico via irrigação, ambos são abordados.



### Cenário base para o abastecimento humano

Conforme antes exposto, o PNSH apresenta tanto população como atividade econômica em risco na área a ser beneficiada pelo empreendimento, devido a déficits de abastecimento de água. Essa identificação segue o conceito de risco, que ocorre na intersecção entre a exposição e a vulnerabilidade ao evento de estiagem ou seca. Assim, se de um lado tem-se, em uma região, população que dependa da água para sua sobrevivência e para suas atividades econômicas, portanto, exposta à ocorrência de eventos extremos, do outro, caberiam medidas de engenharia e de gestão de risco para reduzir tal vulnerabilidade.

No âmbito do PNSH, o risco hídrico foi computado por meio de balanços hídricos que contrastaram a demanda hídrica (em função da população) e a capacidade de oferta do manancial vinculado àquela população. A oferta hídrica é estocástica, calculada ao nível de segurança de um atendimento que se consiga manter por 95% do tempo. O PNSH realizou o balanço hídrico para o ano de 2017 e também para o ano de 2035, fazendo uso de projeções de demanda. Não foi contemplado, pelo plano, possíveis variações na oferta hídrica em função das mudanças do clima.

O PNSH trabalha com duas tipologias de risco hídrico, sendo que é a primeira, de risco pós-déficit, que interessa para a quantificação da população em risco. Este risco corresponde à população equivalente à parcela da demanda total para fins de abastecimento humano que não está sendo suprida - relação entre demanda e disponibilidade hídrica superior a 100%.

Utiliza-se, para o cenário base e para as alternativas de projeto, da população urbana dos municípios contemplados, assim como suas frações de população em risco, atual e projetada para o horizonte de 2035. O projeto não traz interface com o tratamento e distribuição da água, uma vez que a virtual totalidade da população urbana tem acesso à rede (índices de cobertura acima de 99,5%). Essa informação, disponível no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), permite concluir que o projeto não requer ampliação de estação de tratamento de água e/ou de rede geral de distribuição de água para gerar o benefício previsto. O benefício será proveniente da maior regularidade dos serviços.

É possível visualizar que, na ausência do projeto, em qualquer uma das três alternativas analisadas, a população dos municípios beneficiados pela ampliação da oferta de água em quantidade suficiente e qualidade adequada poderá seguir afetada pelo desabastecimento. A plausibilidade dessa hipótese pode ser testada de duas formas. A primeira é pelo resultado do próprio PNSH, que conclui pela inclusão do projeto Vaza-Barris no rol de intervenções do Programa de Segurança Hídrica de Sergipe.

A segunda forma é pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe<sup>4</sup>, que apresenta o seguinte quadro de disponibilidade hídrica quantitativa para o rio Vaza-Barris e suas três unidades de planejamento hídrico: duas das três unidades são críticas e uma

---

<sup>4</sup> Disponível em:

[https://www.portalweb.mpse.mp.br/Caop/Documentos/AbrirDocumento.aspx?cd\\_documento=1695](https://www.portalweb.mpse.mp.br/Caop/Documentos/AbrirDocumento.aspx?cd_documento=1695)



é deficitária (Bacia do Rio Traíras), as críticas sendo a do Alto Rio Vaza-Barris (fora do escopo do projeto) e a do Baixo Rio Vaza-Barris (escopo do projeto), que têm saldos de 90 e 79 l/s, respectivamente.

Em suma, tem-se que no cenário base para o abastecimento humano, **haverá continuidade da situação de risco hídrico, o que impõe à população uma situação de continuado custo econômico**. Dessa forma, a não-realização do projeto, no seu componente de abastecimento humano, impõe à sociedade os custos da irregularidade no abastecimento. A valoração desses custos, que o projeto almeja evitar, é realizada na seção de estimação de benefícios (item 5.1) para fins de melhor organização do presente documento, seguindo a ordem do Manual ACB Infra Hídrica que, por sua vez, acompanha a ordem do Guia Geral de ACB.

Os benefícios a serem promovidos pelo projeto, em seu componente de ampliação da oferta de água para o abastecimento humano, correspondem, portanto, ao custo econômico evitado, imposto à população local no cenário base.

#### Cenário base para a agricultura

Já no caso da irrigação, a área em que há previsão da inserção do perímetro irrigado não está claramente delineada em um polígono ou ponto estimado. Outrossim, uma investigação nas imediações da margem direita nas proximidades da barragem permite identificar atividades típicas da agricultura familiar e de subsistência, com uso do solo marcadamente dedicado à pastagem.

Em consulta ao mapa de uso e ocupação do solo em 2019 (coleção 5 do MapBiomias)<sup>5</sup>, é possível compreender a participação relativa das áreas de cultivo agrícola nos municípios de interesse (que à exceção de Lagarto, diferem daqueles do abastecimento humano ao serem Itaporanga d'Ajuda e Salgado).

*Tabela 3-2 - Uso do solo agropecuário nos municípios*

Municípios	Uso agropecuário (ha)			
	Uso Agropecuário total (ha)	Agricultura	Pastagem	Mosaico de Agr. e Pastagem
Itaporanga d'Ajuda	48.668	2.152	31.538	14.978
Lagarto	72.681	3.550	67.423	1.708
Salgado	17.860	254	16.687	919

Em Itaporanga d'Ajuda, 4,4% da área dedicada à atividade agropecuária é em agricultura, o restante sendo pastagem e mosaico de agricultura e pastagem (cultivos de pasto ou outros de baixa produtividade, no mais das vezes de sequeiro). Em consulta ao IBGE, identificou-se que o município cultiva laranja e coco-da-baía (77% da área plantada),

<sup>5</sup> Disponível em: <https://mapbiomas.org>



culturas geralmente irrigadas, em 3,3 mil ha. Estas áreas não estão localizadas nas proximidades do projeto.

Em Lagarto, 4,9% da área dedicada à atividade agropecuária está ocupada em agricultura, o restante sendo pastagem e mosaico de agricultura e pastagem. O município cultiva laranja, mandioca e milho como principais cultivos (somando 87% dos 7,5 mil hectares cultivados). Estes cultivos se localizam no perímetro irrigado Piauí (Cohidro)<sup>6</sup>, e em sua proximidade, onde além da mandioca e laranja, cultivam-se batata doce, inhame, repolho, pimentas malagueta e jalapeño, pimentão, quiabo, tomate, maracujá, amendoim, mamão e mudas citrícolas. Estas áreas estão totalmente contidas na bacia do rio Piauí, não estando localizadas nas proximidades do projeto Vaza Barris.

Já em Salgado, apenas 1,4% da área dedicada à atividade agropecuária é em agricultura, o restante sendo pastagem e mosaico de agricultura e pastagem. O município cultiva principalmente mandioca e laranja (somando 84% dos 3,2 mil ha cultivados). Estes cultivos não se localizam de forma concentrada.

De forma geral, pode-se associar os usos atuais do solo como tendo baixa produtividade devido às condições climáticas e de ausência de cadeias econômicas pré-estabelecidas. Pode-se concluir, portanto, que comparativamente com o cenário de implementação de um grande perímetro irrigado, o rendimento atual da agricultura que ocorre na área de influência direta do projeto será considerado nulo.

Quanto à possibilidade de se ter um desenvolvimento autônomo ao projeto, seja via um perímetro irrigado ou via o surgimento de uma agricultura de maior rendimento, recorre-se em primeiro lugar à disponibilidade hídrica. Como observou-se pouco acima, não há grande disponibilidade natural no Baixo Rio Vaza-Barris, que é classificada como crítica.

Ademais, também segundo informações do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe<sup>7</sup>, os perímetros de irrigação cuja principal exploração é a da fruticultura estão na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (gerenciados pela Codevasf). Outras áreas de destaque no estado para perímetros irrigados estão nos platôs de Neópolis, distante da área do projeto Vaza-Barris.

Nenhum dos perímetros irrigados existentes no estado, como é detalhado no item 5.2, abrange a bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris. Ainda segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos, o único projeto de irrigação para o rio é, pode-se supor, o próprio projeto ora analisado:

*“Outros projetos de irrigação de grande importância para o Estado são os de Poção da Ribeira (1.110 ha), na Bacia do Rio Vaza Barris; Jabiberi (225 ha), na Bacia do Rio Real; Jacarecica I e II (área irrigável 1.842 ha e área plantada 366 ha), na Bacia do Rio Sergipe;*

<sup>6</sup> Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (Cohidro), vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura, do Desenvolvimento Agrário e da Pesca (Seagri) do Estado do Sergipe. Disponível em: <https://cohidro.se.gov.br>

<sup>7</sup> Disponível em: [https://www.semarh.se.gov.br/recursoshidricos/wp-content/uploads/2018/05/RE11\\_Diagnost\\_Atual\\_Estado\\_da\\_Arte\\_da\\_Gestao.pdf](https://www.semarh.se.gov.br/recursoshidricos/wp-content/uploads/2018/05/RE11_Diagnost_Atual_Estado_da_Arte_da_Gestao.pdf)



*e o Projeto Piauí, na Bacia do Rio Piauí, que possui uma área irrigável 703 ha, com 173 ha de área plantada.” (pág. 65 do PERH-ES, 2010, grifo nosso)*

Nota-se que o Plano não traz referência de área de irrigação para o projeto de irrigação na bacia em questão. A relevância desses projetos como promotores de desenvolvimento, no entanto, é salientada como sendo função de três fatores primordiais: a diversificação da economia agrícola do estado; a geração de emprego e renda; e a inserção do estado no mercado de exportação de frutas in natura e beneficiadas.

Conclusivamente, então, o **cenário base é o não-desenvolvimento autônomo da agricultura irrigada**, assim como da manutenção de cultivos agrícolas de rendimento negligenciável a este nível mais especulativo e estratégico do módulo de irrigação nesta ACB. Nota-se que o CapEx da irrigação (ver item 5.2) contempla a desapropriação das terras, cobrindo-se em teoria o custo de oportunidade de uso alternativo da mesma.



#### 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 do empreendimento de **usos múltiplos** levantados para o **projeto Vaza-Barris**. Esse processo de análise de custos é amparado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB), 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.

A descrição detalhada a seguir é baseada na **Alternativa 1- Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação**, tal qual prevista no projeto considerado pelo PNSH. Ao final, na seção 4.4 -

Considerações de custos das demais alternativas, são feitas considerações quanto aos custos das demais alternativas, cujo detalhamento numérico está disponível no anexo digital.

##### 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 **rio Vaza-Barris**, essas informações são encontradas na versão atual do PNSH (ver item 3.1), complementadas na abertura de itens de custeio pelo resumo executivo do Projeto de Desenvolvimento de Recursos Hídricos do rio Vaza-Barris - PROVABASE, utilizado como fonte complementar de dados na elaboração do presente estudo de caso de Análise Custo-Benefício. As informações cadastrais e dados técnicos tabulados e aplicados na ACB foram realizados em planilha computacional formatada especialmente para esse fim (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB).

#### Observação quanto ao módulo de irrigação

O projeto de irrigação na proposta inicial prevê a entrega da obra até a porta do empreendimento (aqui tratado como um perímetro irrigado), ou seja, a barragem com capacidade adequada de atendimento quali-quantitativa e a adução de água para este uso. Não conta, porém, com detalhamento de CapEx e OpEx do perímetro em si, cuja implantação demanda estruturas internas de distribuição de água, infraestrutura dos lotes e diversos outros investimentos intralote (tais como o preparo do solo e os próprios sistemas de irrigação), além do próprio custo de desapropriação do perímetro e dos custos de operação (custos relacionados ao cultivo tais como mão de obra, sementes, fertilizantes, demais insumos, implementos etc.). O projeto do perímetro irrigado será então considerado como um módulo à parte na valoração, em que os custos e benefícios sociais são calculados separadamente e acoplados à análise mais ampla aqui feita. A seção de benefícios (5.2) e as planilhas (Anexo 1) trazem detalhes desta abordagem.

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, 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. O período de implantação previsto é de 4 anos.

Tabela 4-1 - Formulário de Dados cadastrais e técnicos

Barragem Vaza-Barris	Resposta	Fonte	Referência
Dados Cadastrais			
Código no PNSH	SE-013	PNSH	Edição 2019
Nome do Empreendimento	Barragem Vaza-Barris	PNSH	Edição 2019
Empreendedor	Secretaria de Recursos Hídricos do estado do Sergipe ou Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO)	PNSH	Edição 2019
Operador	Secretaria de Recursos Hídricos do estado do Sergipe ou Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO)	PNSH	Edição 2019



<i>Barragem Vaza-Barris</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Ano de registro da ACB	2021	-	<i>Ano em que é realizada a ACB</i>
Horizonte da ACB	2051	Manual ACB Infra Hídrica	<i>Adotar 30 anos como padrão de análise</i>
Período de análise	30 Anos	Manual ACB Infra Hídrica	<i>Adotar 30 anos como padrão de análise</i>
Database de dados do projeto	2017	PNSH	<i>Ano declarado pelo originador do projeto</i>
Horizonte de projeto	2035	PNSH	<i>Ano declarado pelo originador do projeto</i>
Anos de implantação	4	PNSH	<i>Ano declarado pelo originador do projeto ou adotado no PNSH</i>
Ano de início de operação (previsto)	2025	PNSH	<i>Ano declarado pelo originador do projeto ou adotado no PNSH</i>
Mananciais afetados	rio Vaza-Barris	PNSH	Edição 2019
Estados afetados	Sergipe	PNSH	Edição 2019
Municípios afetados	Areia Branca, Campo do Brito, Itabaiana, Macambira, São Domingos, Poço Verde, Simão Dias, Lagarto e Riachão do Dantas	PNSH	Edição 2019
Órgãos públicos envolvidos			<i>Além do Empreendedor e Operador, informar demais órgãos ou instituições de direito públicos envolvidos</i>
População afetada (mil hab.)	439		2035
Tipologia	Usos Múltiplos		

*Tabela 4-2 - Formulário de dados técnicos do empreendimento*

<b>Dados Técnicos</b>			
Vazão Regularizada Média (m³/s)	2,394	PNSH	Edição 2019
Vazão para Abastecimento Urbano (m³/s)	1,066	PNSH	Edição 2019
Vazão para Irrigação (m³/s)	2,912	PNSH	Edição 2019
Caracterização da situação atual da área de influência direta		PNSH	Edição 2019

*Tabela 4-3 - Formulário de dados Econômicos - CapEx*

<i>Barragem Vaza-Barris</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
<b>Dados Econômicos - CapEx</b>			



<i>Barragem Vaza-Barris</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Valor de Investimento inicial previsto (CapEx - R\$ milhões correntes)	-R\$ 386	PNSH	<i>Equivale ao capital fixo estimado do empreendimento e despesas de implantação, incluindo serviços técnicos de engenharia e estudos ambientais.</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>
Valor de Investimento inicial previsto (CapEx - R\$ milhões de 2020)	-R\$ 417	Estimada	<i>CapEx com correção de valores para atualização monetária</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	15%	PNSH	<i>Equipamentos elétricos, eletrônicos ou mecânicos fixados à infraestrutura (não confundir com equipamentos para construção)</i>
Componente Adutora - Participação relativa no CapEx	30%	PNSH	<i>Adutoras e tubulações enterradas ou aparentes, incluindo válvulas, controles, proteções e miscelâneas</i>
Componente Civil - Participação relativa no CapEx	55%	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 endereçar a mesma situação-problema de insegurança hídrica no abastecimento humano de forma e custos diferentes. Para tanto, devem ser realizadas análises inteiras em todos os cenários para ao final comparar os resultados. No Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB são apresentados os arquivos digitais das três 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 das alternativas 2 e 3 serão comparados nos capítulos de indicadores e de análise de sensibilidade da ACB (capítulos 7 e 8).

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 Hídrica<sup>8</sup>.

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 nas seguintes 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 Geral de ACB e atualizados pelo ME/IPEA no Catálogo de Parâmetros) devem ser anotados nos respectivos campos previstos no formulário de entrada de dados, posto que incidem sobre os demais custos de investimento, 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<sup>9</sup>.

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	0,7647	ME / IPEA	Catálogo de Parâmetros do IPEA: Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil (abril/2021), "cenário atual", região Nordeste (pág. 23)

<sup>8</sup> Além disso, a sua anotação servirá de verificação para o analista comparar com dado similar informado para a fase de operação e que incidirá nos custos de OpEx, conforme descrito mais adiante no item 4.2.

<sup>9</sup> Fator de conversão setorial e preço sombra da mão de obra disponíveis em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-externo/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio>.



<i>Cabeçalho</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Preço Sombra - Mão de Obra não-qualificada	0,6064	ME / IPEA	<i>Catálogo de Parâmetros do IPEA: Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil (abril/2021), "cenário atual", região Nordeste (pág. 23)</i> <i>Índice "Insumos de construção" a partir de fatores de conversão setoriais de Catálogo de Parâmetros do IPEA: Fatores de Conversão Setoriais (abril/2021), "Tabela A4 – Fator de conversão para bens comercializáveis - 2018" para setores (clusters) de "Outras máquinas e equipamentos mecânicos - 14%", "Cimento- 31,5%", "Artigos de plástico - 7%", "Artigos de borracha - 3,5%", "Produtos de madeira, exclusive móveis - 7%", "Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço - 7%", água e energia elétrica - 30%</i>
Fator de Conversão Setorial - Bens nacionais comercializáveis	0,9150	ME / IPEA	<i>Catálogo de Parâmetros do IPEA: Fatores de Conversão Setoriais (abril/2021), "Tabela 4 – Fator de conversão para bens não comercializáveis - 2018", Cluster de 128 produtos</i>
Fator de Conversão Setorial - Bens nacionais não-comercializáveis	0,9350	ME / IPEA	<i>Fornecidos no Catálogo de Parâmetros, parte integrante do Guia Geral de ACB</i>
Fator de Conversão da Taxa Cambial - Insumos importados	1,0000	ME / IPEA	

Por esse motivo, a entrada de dados de CapEx deve considerar a participação relativa desses componentes de custos como percentual do CapEx e, em função dessa participação, estimar os custos decorrentes de mão de obra qualificada e não-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 obras civis, 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 **Vaza-Barris**, foi considerada a participação informada no quadro abaixo, colhida da ficha técnica do projeto constante no PNSH.

*Tabela 4-5 - Participação relativa dos componentes de infraestrutura no CapEx – Projeto Vaza-Barris – Alternativa 1*

<i>Cabeçalho</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
<i>Componente Equipamentos - Participação relativa no CapEx</i>	<i>15%</i>	<i>PNSH</i>	<i>Equipamentos elétricos, eletrônicos ou mecânicos fixados à infraestrutura (não confundir com equipamentos para construção)</i>
<i>Componente Adutora - Participação relativa no CapEx</i>	<i>30%</i>	<i>PNSH</i>	<i>Adutoras e tubulações enterradas ou aparentes, incluindo válvulas, controles, proteções e miscelâneas</i>
<i>Componente Obras Civis - Participação relativa no CapEx</i>	<i>55%</i>	<i>PNSH</i>	<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>



#### 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 **Vaza-Barris**, 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?	Sim	(fonte)	<i>Projeção de demanda em base anual durante o período de projeto considerado</i>
Possui Estudos Hidrológicos?	Não	(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?	Sim	(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 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<sup>10</sup>, 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	
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 **Projeto Vaza-Barris**, os dados informados foram os apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4-8 - Tabela CapEx – Projeto Vaza-Barris

Custos de Investimento (CapEx)	Resposta	Fonte	Referência
Valor de Investimento inicial previsto (CapEx - R\$ milhões de 2020)	-R\$ 417	PNSH	Equivale ao capital fixo estimado do empreendimento e despesas de implantação, incluindo serviços técnicos de engenharia e estudos ambientais.

<sup>10</sup> ANEEL. Estudo de vida útil econômica e taxa de depreciação. Aneel, 2001.





<i>Custos de Investimento (CapEx)</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
Participação relativa estimada de serviços de engenharia fora do canteiro (inclui Gerenciamento, Gestão, Projetos e Estudos Ambientais) no Investimento	10%	Estimada	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.
Participação estimada de mão de obra qualificada	11%	Guia Setorial de ACB	Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada
Participação estimada de mão de obra não-qualificada	16%	Guia Setorial de ACB	Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada
Participação estimada de serviços em canteiro e energia elétrica	10%	Guia Setorial de ACB	Serviços não discriminados em equipamento, mão de obra e material
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	63%	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\$ 46,13	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com mão de obra não-qualificada (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 66,08	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com bens e serviços nacionais não-comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 41,73	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com insumos importados (R\$ milhões correntes - P0)	R\$ 0	Guia Setorial de ACB	
Valor de despesas com bens nacionais comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 263,33	Guia Setorial de ACB	

Como visto, a participação da mão de obra é separada em mais qualificada e menos 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 participação relativa de 3,11% para mão de obra menos qualificada e 10,45% para mão de obra mais 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 devem ser 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 (**11%** de mão de obra qualificada e **16%** não-qualificada).

A tabela a seguir apresenta as alíquotas 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 obra<sup>11</sup>. 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

<sup>11</sup> 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 Geral ACB.



refinar essa estimativa admitindo-se uma curva de crescimento do custo de OpEx desde o primeiro ano de operação da infraestrutura até o atingimento do ano típico operacional, a partir do qual essa alíquota anual é adotada de forma constante e linear durante todo o período de análise. No formulário de entrada de dados há campo específico para a informação do patamar inicial do OpEx (em % sobre o ano típico operacional, sempre admitido um incremento anual de 10% até o patamar normal de 100%). No caso do **projeto Vaza-Barris**, o patamar inicial de OpEx informado foi de **50%**.

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 Vaza-Barris**, 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 **oferta de água** 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 mantidas as mesmas alíquotas 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 projeto Vaza-Barris, essa alíquota foi estimada em **20%** 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 **oferta de água** poderá ser realizada. A tabela a seguir apresenta o formulário de OpEx preenchido para o projeto **Vaza-Barris**.

Tabela 4-10 - Tabela OpEx – Projeto Vaza-Barris

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\$ 8,35	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	0,50%	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	11,06%	Guia Setorial de ACB	Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada
Participação estimada de mão de obra não-qualificada	15,84%	Guia Setorial de ACB	Função da participação de principais componentes da obra definidos na Entrada
Participação estimada de serviços em canteiro e energia elétrica	20%	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



<i>Custos de Gestão, Operação e Manutenção (OpEx)</i>	<i>Resposta</i>	<i>Fonte</i>	<i>Referência</i>
			<i>comparando com infraestruturas semelhantes</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	53%	<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\$ 0,92	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com mão de obra não-qualificada (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 1,32	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com bens e serviços nacionais não-comercializáveis (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 1,67	<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\$ 4,43	<i>Guia Setorial de ACB</i>	
Valor de despesas com custos ambientais (R\$ milhões correntes - P0)	-R\$ 0,04	<i>Guia Setorial de ACB</i>	<i>Custeio de Programas Ambientais pode ser declarado em separado do valor do OpEx do projeto quando conveniente</i>

#### 4.3 RESULTADOS DE ESTIMATIVA DE CUSTOS ECONÔMICOS

Os resultados do CapEx e do OpEx ao longo do período de análise da conta de custos econômicos decorrente dessas premissas são apresentados em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB), assinalando o passo a passo detalhado nos itens anteriores.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES DE CUSTOS DAS DEMAIS ALTERNATIVAS

Nos itens anteriores foram abordadas as categorias de custos econômicos considerados na ACB da Alternativa 1, conforme projeto disponibilizado no PNSH vigente. Os cálculos completos das Alternativas, incluindo as alternativas 2 e 3 estão igualmente amparados em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB), na qual são alimentados os dados de entrada e processados os cálculos conforme parâmetros pré-estabelecidos. Os itens a seguir trazem algumas considerações quanto a essas alternativas do ponto de vista de custos.



#### 4.4.1 *Barragem/Adutoras somente para abastecimento (Alternativa 2)*

Esta alternativa prevê a construção da barragem e das adutoras somente contemplando o abastecimento de usuários nas cidades. Ou seja, devem-se excluir os custos com a adutora prevista para a irrigação, assim como considerar um redimensionamento da barragem, já que o volume antes desviado para irrigação não mais será necessário.

O custo da adutora exclusiva para a irrigação foi estimado pelo projeto original como sendo de 13,9% do CapEx e pode, assim, ser prontamente excluído do CapEx atualizado a valores de 2020 (R\$ 417 milhões) pela mesma fração. Já o custo da barragem, que representa 25,4% do total da inversão (R\$ 105,76 milhões em 2020), foi rateado pelo critério simplificado da vazão dedicada exclusivamente à alimentação das duas adutoras urbanas (44,8%). Uma vez que esse é um parâmetro estimado de forma simplificada sobre uma alternativa que não foi estudada em projeto, o mesmo foi submetido à análise de sensibilidade (capítulo 8).

Os valores correspondentes às duas adutoras exclusivas para o abastecimento urbano, que representavam 45,2% do CapEx total, foram mantidas em valores atualizados de 2020. Já os demais componentes do projeto, que incluem serviços e outros, foram proporcionalizados pela fração correspondente às obras civis, resultando em uma apropriação de 67% dos custos para o atendimento da alternativa 2. Já quanto ao OpEx, este manteve as mesmas proporções estabelecidas para a Alternativa 1.

#### 4.4.2 *Planta de dessalinização (Alternativa 3)*

Como referência para a estimação de custos de instalação e operação do dessalinizador, componente da Alternativa 3, foi utilizado o EPPO Sistema Produtor para a RM Fortaleza (ETA de Dessalinização)<sup>12</sup>, presente no PNSH, cujo projeto consiste em uma planta de dessalinização pelo método de osmose reversa com capacidade total de produção de água de 1 m<sup>3</sup>/s, subdividida em quatro linhas de 0,25 m<sup>3</sup>/s cada.

As tecnologias mais viáveis para a dessalinização da água salgada existentes atualmente são a Evaporação Instantânea Multietapa (*Multistage Flash Evaporation - MSF*), Deslilação Multiefeito e Osmose Inversa. A solução adotando a osmose como tecnologia é a opção com menores custos de investimentos e menor consumo de energia elétrica, se tornando a única opção viável comercialmente para o tratamento de grandes volumes de água.

O processo de osmose consiste no surgimento de uma pressão sobre uma membrana semipermeável de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado até que a pressão exercida pelo meio mais concentrado sobre a membrana impeça a passagem do solvente. A figura a seguir ilustra este processo.

---

<sup>12</sup> CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Projeto de Dessalinização de Água Marinha - Projeto Referencial. Fortaleza-CE, 2019.

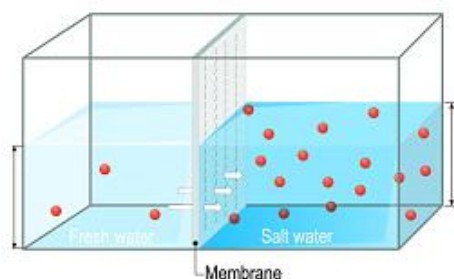


Figura 4.1 – Processo de Osmose

A Osmose Inversa consiste na aplicação de uma pressão superior a pressão osmótica no meio mais concentrado, causando a inversão do fluxo natural, onde moléculas de solvente passam do meio mais concentrado para o meio menos concentrado. A Figura 4.2 (abaixo) ilustra o processo industrial de Osmose Inversa.

De modo geral, a planta de dessalinização de água apresenta os seguintes elementos e processos em sua linha produtiva: Captação; Pré-tratamento químico; Pré-tratamento físico; Processo de Osmose Inversa; Bombas centrífugas de processo; Recuperação de energia de salmoura; Pós-tratamento; Armazenamento e impulsão de produtos; Descarga de salmoura; Serviços auxiliares; Instrumentação e controle; e Sistema elétrico.

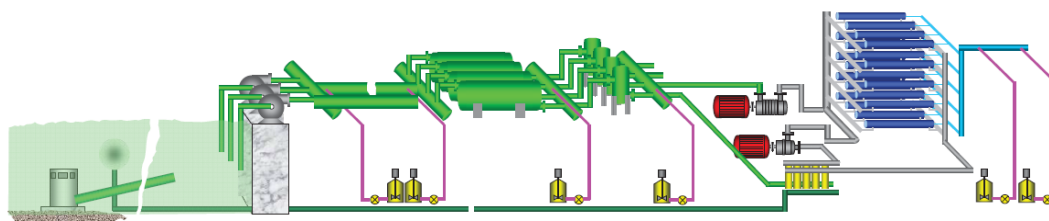


Figura 4.2 – Processo Industrial de Osmose Inversa

O projeto de referência (Cagece, 2019) possui um CapEx estimado de R\$ 483,8 milhões para uma vazão de 1,0 m<sup>3</sup>/s, dos quais R\$ 393 milhões seriam referentes à planta de dessalinização, e o restante a projeto de interligação de adutora à rede da Cagece. Uma vez que o volume a ser tratado pela Alternativa é exclusivamente para a cobertura da demanda hídrica sob insegurança, apenas duas linhas de 0,25 m<sup>3</sup>/s se fazem necessárias. Logo, estima-se um CapEx de 40% sobre o valor original devido ao menor porte e complexidade do tratamento da água do rio Vaza-barris em relação à água do mar, resultando em R\$ 157,2 milhões (atualizados para dez/2020).

Realizou-se, por fim, a adição de R\$ 92 milhões ao custo de CapEx da planta de dessalinização para contemplar as adutoras que se mantêm necessárias para que o projeto em sua Alternativa 3 se mantenha equivalente ao das demais alternativas. Esse valor é referente à construção da adutora Lagarto (0,52 m<sup>3</sup>/s), de vazão similar à da planta de dessalinização e desmembrado do CapEx total da Alternativa 1 de acordo com as premissas já apostas na Alternativa 2 (item 4.4.1).

Quanto ao OpEx, tem-se na energia elétrica um de seus mais representativos componentes. Uma das poucas referências para a composição de custos de uma planta



de dessalinização é encontrada em Lermontov (2011)<sup>13</sup>, que simulou a viabilidade econômica da implantação de uma estação de dessalinização operando com sistema de osmose inversa com captação de água do mar e vazões variadas para fins de abastecimento urbano.

O consumo de energia, relacionado ao bombeamento e à pressurização da solução de alimentação, e a reposição de membranas representam quase 90% dos custos operacionais. Assim, é importante notar que a viabilidade econômica da operação depende essencialmente do custo da energia elétrica. A despesa com energia foi estimada por meio das estimativas de demanda e consumo apresentadas na referência da Cagece (2019) e as tarifas praticadas para pequenas e médias empresas no estado de Sergipe<sup>14</sup>.

Os demais custos são relativos à reposição de membranas, cuja vida útil é de 5 anos (aqui anualizadas), mão de obra e demais custos operacionais. Uma vez que os parâmetros de custos de instalação e operação da planta de dessalinização são estimados de forma simplista, são submetidos à análise de sensibilidade de forma a se poder melhor interpretar os resultados obtidos.

---

<sup>13</sup> LERMONTOV, A. et al. Análise Econômica da Dessalinização de Água do Mar por Osmose Inversa Visando Abastecimento Público no Estado do Rio de Janeiro. 26o. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre: [s.n.]. 2011. p. 1-15.

<sup>14</sup> Disponível em: Tarifas Energisa <https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/pequenas-e-medias-empresas/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>



## 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 da bacia do rio Vaza-Barris. O projeto definiu medidas/intervenções para viabilizar a reservação e adução de água para abastecimento das cidades da região, assim como um eventual perímetro irrigado.

**Projeto e alternativas:** Retomando a tabela de alternativas, dentre as três que serão confrontadas com o cenário base neste estudo de caso, a proposta de projeto principal (**Alternativa 1- Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação**) é a mais completa e abrangente entre as alternativas. Dessa forma, o roteiro de cálculo de benefício seguirá mais em detalhes esta alternativa.

Tabela 5-1 - Projeto Vaza-Barris: Alternativas e setores atendidos

Setores usuários atendidos				
Alternativa	Descrição	Abastecimento população em risco	Demanda induzida no abastecimento	Irrigação
0 – Cenário base		Continuidade do risco hídrico (custo econômico)	Não há geração de indução de demanda	Não há desenvolvimento autônomo da irrigação
1 - Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação	Projeto completo como concebido no PROVABASE	Benefício pelo custo evitado	Benefício pela indução de demanda	Benefício pela produção agrícola
2 - Barragem/Adutoras somente para abastecimento	Projeto anterior sem o módulo de irrigação. Implica redução nas dimensões da barragem e supressão da adutora da irrigação	Benefício pelo custo evitado	Benefício pela indução de demanda	Base
3 - Planta de dessalinização para abastecimento	Alternativa que visa somente atender a demanda de abastecimento em risco nos municípios, sem a construção de barragem	Benefício pelo custo evitado	Base	Base

**Módulos:** em se tratando de duas subtipologias de oferta de água com operações independentes, a saber abastecimento humano e irrigação, o cálculo dos benefícios foi feito separadamente para cada uma delas, somando-se ao final seus fluxos de caixa. Além disso, a contabilização do benefício potencial da indução de consumo, mesmo que dentro da subtipologia abastecimento, pode ser tratado de forma modular nas planilhas de cálculo, facilitando o seu “desacoplamento” na Alternativa 3.

Esse processo de análise de benefícios, assim como o detalhamento e entendimento da combinação de usos das alternativas, é amparado em planilha computacional (ver Anexo 1 – Anexo Digital – Planilha computacional – ACB), 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 (seção Indicadores de Viabilidade do Projeto).

## 5.1 ABASTECIMENTO HUMANO - CUSTO EVITADO

### 5.1.1 Garantia da oferta hídrica para abastecimento humano

Conforme item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que define o cenário base como sendo um de continuada imposição de custos econômicos para a população dos nove municípios abrangidos pelo projeto Vaza-Barris. A garantia de oferta hídrica para abastecimento humano intenta evitar, portanto, tais custos, ou seja, reduzir as perdas econômicas associadas à irregularidade no abastecimento.

Trata-se, portanto, de um projeto de ampliação de oferta hídrica, construção, e ampliação de sistemas de abastecimento humano de água aos municípios beneficiados. A busca pela garantia da oferta hídrica se traduz em confiabilidade do provimento do abastecimento em quantidade adequada e sem interrupções, sejam em frequência ou amplitude significativas, para o usuário urbano conectado à rede de abastecimento geral dos municípios.

É importante observar que o projeto, tal qual formulado, não irá promover aumento da cobertura do serviço de distribuição de água: conforme identificado no cenário base, o serviço de abastecimento de água urbana é universalizado nos municípios de interesse, o que também pressupõe a existência de estações de tratamento de água (ETA) devidamente dimensionadas para o atendimento, mesmo que falte água de tempos em tempos devido à baixa disponibilidade hídrica do manancial<sup>15</sup>.

Dada a disponibilidade de dados das principais fontes de dados (PNSH, IBGE, SNIS) terem um recorte municipal, os cálculos são feitos para cada município contemplado com o projeto.

Conforme Manual ACB Infra Hídrica, a valoração dos custos econômicos que são impostos à população devido à falta de regularidade no abastecimento humano deve traduzir o valor de uso marginal da água pela população beneficiada pelo projeto de investimento, que passará a ter menos eventos recorrentes de racionamento e/ou de restrições no atendimento às suas demandas hídricas. O valor da água para um dado usuário é o preço máximo que este estaria disposto a pagar pelo uso de uma unidade adicional do recurso (disposição a pagar marginal).

A disposição a pagar (DAP) de um usuário por estar conectado ao serviço regular (confiável) de abastecimento de água pode ser estimada, empiricamente, aplicando-se os preços de mercado **da melhor e menos custosa alternativa técnica viável para o**

---

<sup>15</sup> É sabido, no entanto, que os distritos rurais dos municípios carecem de segurança hídrica e não são abastecidos por rede geral (essa solução não é tecnicamente viável), porém estes não fazem parte do escopo da presente intervenção. O atendimento à população rural exige outras soluções, tais como cisternas e barraginhas.



**abastecimento** na mesma bacia hidrográfica. Sem estudar as relações de demanda, tal conceito de custo alternativo pode ser usado para determinar o valor econômico da água: afinal, o custo da alternativa menos custosa para se obter uma unidade adicional de água serve como uma proxy para o valor máximo que o usuário pode estar disposto a pagar pelo recurso.

#### 5.1.2 *DAP não-linear e faixas de consumo da água de abastecimento*

Antes mesmo de identificar a população em risco, o Manual ACB Infra Hídrica traz como primeiro passo a definição da disposição a pagar (DAP) pela garantia no fornecimento de água para a faixa de necessidades básicas e para além desta (demais necessidades). Os itens a seguir descrevem como tais valores foram definidos neste estudo.

##### ■ **Atendimento das necessidades básicas:**

- **Volume:** O Manual ACB Infra Hídrica indica o limite mínimo de consumo de 60 l/hab/dia. A partir de dados do SNIS (código dos indicadores e informações IN023, IN053, AG003 e AG026, consultados junto à base mais recente de dados, de 2019, publicados ao final de 2020)<sup>16</sup>, pode-se obter o volume de água consumido por economia (termo comum no setor de abastecimento aqui usado como *proxy* para domicílio)<sup>17</sup> e também a quantidade de habitantes por economia para cada município. Assim, o valor de hab/economia de cada município foi multiplicado pelo limiar das necessidades básicas, obtendo o volume de água para tal atendimento por economia por mês. A memória de cálculo detalhada se encontra no Anexo Digital.
- **DAP (proxy):** esta reflete o custo de aquisição e/ou manutenção do autoabastecimento de água, o qual, na região de estudo, é essencialmente feito por meio de caminhões-pipa. A partir de informações locais relacionadas ao preço do abastecimento pelo serviço de carro-pipa de água potável, foi adotado um custo médio do m<sup>3</sup> equivalente a R\$ 61,26 (ver quadro a seguir). Trata-se de uma estimativa precisa do custo do autoabastecimento de água com caminhão-pipa por trazer valores efetivamente praticados no local, por fontes oficiais, e com data-base recente.

<sup>16</sup> Segundo SNIS (2020): IN023: Índice de atendimento urbano de água, que é a razão da população urbana atendida com abastecimento de água pela população urbana residente do município com abastecimento de água; IN053: Consumo médio de água por economia; AG003: Quantidade de economias ativas de água que estavam conectadas à rede de abastecimento de água e com água disponibilizada pelo prestador no ano de referência; AG026: Valor da população urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência e correspondente à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços.

<sup>17</sup> Economia é definida, segundo SNIS (2020), como moradias, apartamentos, unidades comerciais, salas de escritório, indústrias, órgãos públicos e similares, existentes numa determinada edificação, que são atendidos pelos serviços de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário e são, assim, a menor unidade de consumo.



- **Valor:** Multiplicando ambos os dados acima, tem-se o valor mensal da água para suprimento das necessidades para cada economia, ou seja, a DAP mensal por economia para as necessidades básicas de água, expresso em R\$/economia/mês.

#### Carros-pipa

No início do ano corrente (2021), a Defesa Civil do Estado do Sergipe lançou edital de credenciamento para pipeiros, buscando-se prestadores do serviço de coleta, transporte e distribuição de água potável para consumo humano<sup>18</sup>. Embora o serviço atenda a área rural dos municípios afetados por secas com maior frequência que áreas urbanas, estas também são comumente atendidas dessa forma em eventos de maior duração. Mercados, postos de saúde e outros, públicos e privados, também fazem uso do caminhão pipa para garantir o suprimento, essencial à continuidade das atividades desenvolvidas.

O Governo do Sergipe registrou, no evento de seca ocorrido em 2020, a quantidade de 65 carros-pipa deslocados para o atendimento a 40.706 sergipanos, ao custo de R\$ 8.079.590,15<sup>19</sup>. Dentre os municípios com decreto de situação de emergência estavam Nossa Senhora da Glória, Pinhão, Poço Verde, Gararu, Monte Alegre e Frei Paulo. Nestes, o episódio de seca iniciou em meados de março de 2020.

Com base no volume que costumeiramente se fornece por pessoa na situação de abastecimento emergencial por carro-pipa (20 litros por pessoa por dia, suficiente apenas para a ingestão e preparo de alimentos)<sup>20</sup>, pôde-se estimar o volume total de água disponibilizado no ano de 2020 nas localidades mencionadas. Uma vez conhecendo o volume total disponibilizado pela operação carro-pipa (20 litros x 40.706 mil pessoas atendidas) e o custo dessa operação (R\$ 8.079.590,15), pode-se obter o valor unitário de R\$ 61,26 por m<sup>3</sup>.

#### ■ Para além das necessidades básicas:

- **Volume:** simplesmente a subtração do volume das necessidades básicas, auferido por município, do volume médio de consumo mensal por economia (obtido via SNIS, indicador de código IN053) em cada município.
- **DAP (proxy):** como previsto no Manual ACB Infra Hídrica, uma vez superada a faixa mínima de consumo, a proxy da disposição a pagar para as faixas de consumo além do atendimento das necessidades básicas deve ser estimada pelo custo marginal de

<sup>18</sup> “Defesa Civil Estadual lança edital de credenciamento para pipeiros”, 07/01/2021. Disponível em:

[https://www.se.gov.br/noticias/desenvolvimento/defesa\\_civil\\_estadual\\_lanca\\_edital\\_de\\_credenciamento\\_para\\_pipeiros](https://www.se.gov.br/noticias/desenvolvimento/defesa_civil_estadual_lanca_edital_de_credenciamento_para_pipeiros)

<sup>19</sup> “Governo intensifica ações da Operação Carro-Pipa em Sergipe”, 25/08/2020. Disponível em:

[https://www.se.gov.br/noticias/desenvolvimento/governo\\_intensifica\\_acoes\\_da\\_operacao\\_carr\\_o\\_pipa\\_em\\_sergipe](https://www.se.gov.br/noticias/desenvolvimento/governo_intensifica_acoes_da_operacao_carr_o_pipa_em_sergipe)

<sup>20</sup> “MDR define 939 localidades prioritárias para receberem investimentos em oferta de água no semiárido”, publicado em 24/12/2020 e atualizado em 31/12/2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/mdr-define-939-localidades-prioritarias-para-receberem-investimentos-em-oferta-de-agua-no-semiarido>



longo prazo (CMLP) do fornecimento da água (princípio econômico dos preços públicos). Assim, utilizando dados municipais e regionais das tarifas médias de água praticados, disponibilizados pelo SNIS (indicador IN005) foi possível compor o CMLP em R\$/m<sup>3</sup> para cada município do estudo (veja detalhes no quadro a seguir). Como mencionado no Manual ACB Infra Hídrica, atenção deve ser dada para valores tarifários subdimensionados (que não incluem a expansão para a continuidade da provisão dos serviços), o que é muito provável para esta região carente de serviços. Caso as tarifas já embutissem preocupações com a expansão do manancial e/ou com a contenção da demanda, quiçá o próprio projeto analisado pudesse perder seu objetivo, caso alternativas fossem exploradas ao nível local (como a redução das perdas de rede, que atingem 48% em Itabaiana, por exemplo). A planilha de cálculo prevê, portanto, um ajuste percentual arbitrário de 25% nas tarifas municipais encontradas, a fim de corrigir tal subestimação.

- **Valor:** Multiplicando ambos os dados acima, tem-se o valor mensal da água para usos além das necessidades básicas para cada economia, ou seja, a DAP mensal por economia para água pós-necessidades básicas, também expresso em R\$/economia/mês.

#### CMLP dos municípios de estudo

A composição do valor de CMLP do fornecimento de água de abastecimento é detalhado na aba “4\_Ben-Aux-CMLP” do Anexo 1 (anexo digital). Contou com a base do SNIS para municípios com prestadores de serviços de água e esgoto e dados do total de economias (ativas ou não, código SNIS AG003) e a tarifa média de água aplicada (SNIS cód. IN005). Como forma de corrigir potenciais distorções de subestimação na tarifa, selecionou-se em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG) um conjunto de municípios próximos e com manancial similar. Com base nessa listagem de 68 municípios, realizou-se uma classificação de portes em função da quantidade de economias atendidas. Isso permitiu, usando a mesma classificação, estimar a tarifa média de água em cada classe de município (similares em porte e em perfil de manancial, portanto). Com essa base de tarifas, seguiu-se a realização de uma comparação entre ela e as tarifas médias praticadas em cada um dos municípios de interesse, selecionando-se a maior.

#### ■ DAP total por município:

O cálculo, uma vez formulado a partir de dados de consumo médio de água por economia por município, já permite saber qual a DAP total de cada economia por município para o prazo padrão de um mês. Trata-se simplesmente da soma de ambos os valores (necessidades básicas e para além delas).

A tabela a seguir resume os resultados obtidos, onde observa-se que a DAP total por economia (domicílio) varia entre R\$ 246 por mês até R\$ 347 por mês, tendo como média nos nove municípios o valor de R\$ 293. Como é de se esperar, a maior fração desse valor corresponde à DAP para atendimento às necessidades básicas (86%).



Tabela 5-2 – Resumo dos cálculos de DAPs adotadas por município – Projeto Vaza-Barris

Nome do município	Consumo médio de água por economia (informação do SNIS- IN053)	DAP mensal por economia para as necessidades básicas de água	DAP mensal por economia para água pós-necessidades básicas	DAP por economia por mês (todas as necessidades somadas)
Nome	m³/mês/econ	R\$/econ/mês	R\$/econ/mês	R\$/econ/mês
Areia Branca	11,52	237,97	51,06	289,03
Campo do Brito	9,51	237,97	34,15	272,12
Itabaiana	10,52	241,62	40,28	281,90
Lagarto	11,01	223,04	44,31	267,35
Macambira	9,87	237,97	35,15	273,11
Poço Verde	10,02	225,29	38,50	263,80
Riachão do Dantas	9,94	207,40	38,49	245,89
São Domingos	9,91	319,55	27,56	347,11
Simão Dias	9,71	273,92	31,80	305,72

#### ■ Custos adicionais com o autoabastecimento:

Conforme visto acima, na região do projeto Vaza-Barris o autoabastecimento é essencialmente realizado por meio de caminhões-pipa. Enquanto a DAP aborda o custo marginal da água, há outro componente do custo de auto provisão do serviço deficitário que é incorrido pela população com esse tipo de solução: a aquisição, instalação e manutenção de reservações individuais de água.

Enquanto pode-se pressupor que grande parte das residências na área de projeto já conte com esse tipo de reservação individual, assume-se que: (i) ao menos uma vez ao longo do período de análise, as residências atuais deverão ter reincidência de custos de instalação de tais dispositivos; e (ii) que as novas residências passam a contar com os custos de aquisição e instalação dos dispositivos. Os passos da valoração desse custo complementar à DAP são destacados a seguir:

- **Custo da reservação individual:** pode-se estimar em R\$ 600, por residência, o custo de uma caixa d'água de 500 a 1.000 litros, considerando custos de instalação, com base em consultas de preço em mercados locais.
- **Reposição:** para a reposição das reservações individuais, adotou-se a linearização do custo de aquisição e instalação das caixas d'água (R\$ 600) para as residências existentes no ano de base da análise (99.283, distribuídas nos nove municípios abrangidos), ou seja, a cada ano é alocada a fração de 1/30 avos do custo.
- **Aquisição e instalação em novas residências:** para as novas residências, adotou-se o ritmo equivalente ao acréscimo populacional projetado, já calculado para a valoração da DAP. Assumiu-se a manutenção da razão atual de habitantes por domicílios, aplicando-se às novas residências o custo de aquisição e instalação das reservações.



no total, são previstas 24,15 mil novas residências nos municípios, ao longo dos trinta anos.

- **Valoração:** a somatória dos valores dispendidos pela população na aquisição, instalação e reposição de reservas individuais para permitir o autoabastecimento de água são somadas, ano a ano, aos benefícios da DAP, pois são a ela um complemento. Os resultados dos cálculos se encontram detalhados no Anexo Digital.

### 5.1.3 Efeito das mudanças do clima na probabilidade de atendimento hídrico

Conforme Manual ACB Infra Hídrica, identifica-se para os municípios abrangidos pelo projeto Vaza-Barris a ocorrência da situação 1 e da situação 2 (tabela abaixo), onde há insegurança hídrica já manifesta e com expectativa de continuidade e agravamento. Parte desse agravo se deve às expectativas de crescimento populacional (tratadas no item 5.1.4, subsequente), e parte pelo efeito esperado de restrição da oferta hídrica pela mudança do clima, aqui explorada.

*Tabela 5-3 - Situações a serem avaliadas para o benefício da garantia de oferta hídrica, conforme Manual ACB Infra Hídrica*

<b>Situação 1 - insegurança hídrica já manifesta</b>	⇒	Existência, na situação atual, de alguma fração da população em condição de insegurança hídrica
<b>Situação 2 - insegurança hídrica prevista</b>	⇒	Expectativa de ocorrência, no futuro, de condição de insegurança hídrica para alguma fração da população, caso não haja expansão da oferta e/ou redução da demanda

Conforme descrito na definição do cenário base (item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), o PNSH estimou a população urbana em risco de desabastecimento para o ano de 2017 e para 2035, variando-se aí a demanda em função da quantidade de habitantes (e não a oferta, tópico do próximo item 5.1.4). O conceito de risco hídrico utilizado é o de pós déficit, ou seja, quando a demanda hídrica supera a disponibilidade, que é dada usualmente pela  $Q_{95}$ . Essa vazão representa a permanência no tempo de um determinado volume de água, significando que, em um ano, garante-se pela (suposta) estacionariedade das séries de vazões históricas na bacia, tal volume por ao menos 18,25 dias.

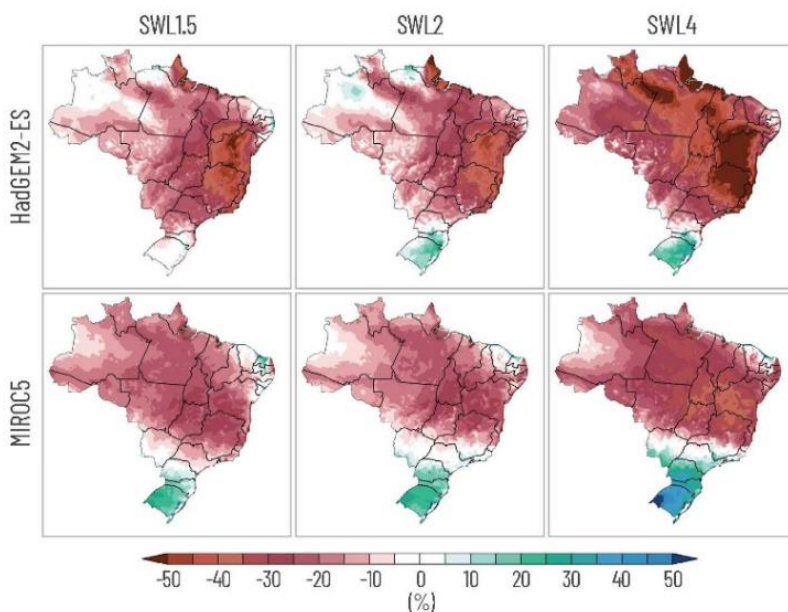
Certamente, portanto, e em conceito de probabilidade, a identificação de uma demanda maior do que a oferta hídrica pressupõe restarem 18,25 dias do ano, ao menos, sem água. Não necessariamente esse prazo será transcorrido ano a ano, assim como também não significa que sua materialização, per se, represente desabastecimento, pois a companhia de saneamento geralmente conta com reservas de água tratada em volumes suficientes para cobrir períodos episódicos de falta de suprimento. Essa reserva é necessária em situações que possam ir além de uma restrição de oferta por questões hidrológicas: pode-se, por exemplo, ter uma contaminação no manancial que exija a

cessão temporária da captação, ou a própria ETA pode necessitar de uma parada mais longa para manutenção.

De qualquer forma, uma vez que o PNSH identificou que há uma parcela substancial da população dos municípios de interesse em risco pós-déficit, adotou-se o pressuposto de que a permanência desses eventos seria de 0,9 mês. Uma vez que se trata de um parâmetro estimado, a análise de sensibilidade aborda o efeito de variações a ele impostas para identificar seu peso relativo de mudança nos indicadores da ACB.

O PNSH, ao estimar o balanço hídrico de 2015, não o fez levando em conta os efeitos da mudança do clima, pressupondo a estacionariedade das séries de vazões históricas na bacia, a qual pode ser revisada à luz das previsões atuais de efeitos de mudanças climáticas. No caso de sistemas de abastecimento hídrico, a mudança do clima trará, sobretudo, insegurança quando à disponibilidade hídrica futura. 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.

No entanto, a fim de considerar o possível efeito do clima no estudo de caso em questão, buscou-se alguma referência mais geral e ampla das tendências previstas para a região, sobretudo no que diz respeito à precipitação e disponibilidade hídrica. Tomam-se como base os mapas de projeções climáticas do país disponíveis na 4ª Comunicação Nacional à UNFCCC<sup>21</sup>. As figuras a seguir mostram extratos dos mapas disponibilizados no relatório.



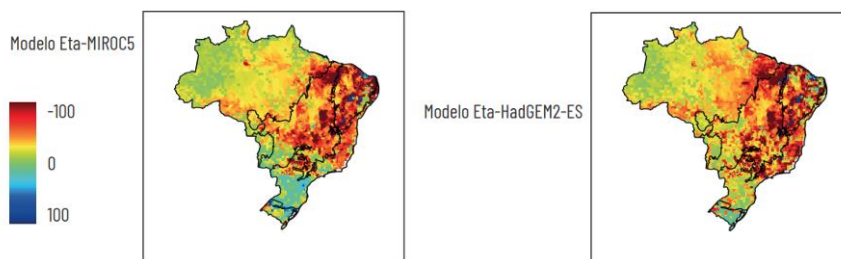
<sup>21</sup> Disponível em: <https://unfccc.int/non-annex-I-NCs>



*Figura 5.1 –Projeções de precipitação: variação da precipitação anual (%) em relação ao período de referência (1961-1990) de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo Eta. (extraído de Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC, Brasil, 2020).*

A Figura 5.1 (acima) mostra a mudança anual de precipitação sobre o Brasil, projetada para diferentes níveis de aquecimento (SWL 1,5, SWL2 e SWL4) e em relação à média de 1961-1990 (clima atual) a partir dos resultados do modelo regional Eta.

A 4ª Comunicação Nacional traz igualmente, no capítulo de Segurança Hídrica, avaliação da evolução da disponibilidade hídrica atual e futura. A figura abaixo mostra as diferenças entre as projeções de clima futuro (SWL4) e simulações de clima presente, em porcentagem, para a dimensão Disponibilidade. Os valores positivos, em cores frias, representam melhora das condições de Disponibilidade enquanto valores negativos, em cores quentes, indicam uma diminuição.



*Figura 5.2 –Mapas da Dimensão Disponibilidade com as diferenças entre projeções de clima futuro e simulações de clima presente em porcentagem, SWL4. (extraído de Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC, Brasil, 2020).*

A partir de uma análise qualitativa e visual do conjunto de mapas é possível concluir que é esperado uma piora significativa na disponibilidade hídrica da região. Logo, pode-se esperar que a mudança do clima aumente a insegurança hídrica nos municípios considerados. O percentual de redução da precipitação chega a 40% em determinados modelos e SWL. Além da interpretação dos mapas acima, o relatório afirma diversas vezes que a região nordestina, mais especificamente o semiárido, sofrerão as piores consequências de aumento de temperaturas médias, redução de precipitação, assim como aumento de extremos de seca.

Sem buscar uma suposição definitiva para a redução de disponibilidade hídrica (o que exigiria dados específicos, tratamento estatístico e apontaria para resultados com variações decadais e intranuais que fogem ao escopo da presente ACB), arbitrou-se uma redução percentual de 8% sobre as perspectivas de atendimento do abastecimento associado aos efeitos hidrológicos do clima na região. Na prática, isso significou aplicar um novo valor de permanência no último ano de análise (T-30) no cenário base e distribuir seus valores linearmente do ano 0 ao 30. Ou seja, no ano 1 o percentual de redução do abastecimento aplicado é de 0%, enquanto no ano 30 é de 8%, distribuindo-se linearmente entre os anos.

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





haja 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 (cap. 8).

#### 5.1.4 População equivalente (com e sem projeto)

É imprescindível contar, como descrito no Manual ACB Infra Hídrica, com os estudos de demanda para que se estime a população-equivalente que terá sua garantia hídrica assegurada. Neste caso, os dados foram obtidos do PNSH com apoio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O PNSH fornece informações da demanda por município para o ano de 2017 e projeções para 2035, assim como da população urbana abastecida e em risco pós-déficit nestas datas.

Seguindo o racional do Manual, a partir dos dados de demanda e projeções futuras, o cenário base se enquadra na Situação 1, em que, na situação atual, já existe alguma fração da população em condição de insegurança hídrica e na Situação 2, em que há expectativa de ocorrência, no futuro, de um agravamento da condição atual caso não haja aporte de oferta.

As etapas a seguir descrevem o racional para estimar o número de economias em risco e beneficiadas com o projeto, os quais estão desenvolvidos na aba “4\_Ben-ABHumano” da planilha eletrônica anexa.

- **Dados ano a ano:** Por meio de dados populacionais do IBGE, foi possível estimar a população urbana ano a ano até 2050 (considerando ano 1 do projeto em 2021 e ano 30 em 2050). O racional aplicado para as projeções anuais implica uma projeção linear até 2035, por ser essa a população projetada pelo PNSH e utilizada pelo estudo na projeção da população em risco hídrico; e, de 2036 em diante, estimou-se um crescimento pari-passu à projeção populacional estadual realizada pelo IBGE<sup>22</sup>, adotando-se essa taxa para os municípios estudados.
- **População em risco (cenário base):** aplicou-se a mesma proporção de crescimento populacional acima aos dados de população em risco pós-déficit fornecidos pelo PNSH para cada município em 2017 e projeções para 2035.
- **População em risco (com projeto):** para estimar a população em risco após a implementação do projeto, faz-se necessário estimar se o projeto suprirá de forma plena as demandas faltantes ao longo do tempo e em que proporção, incluindo as demandas crescentes devido ao crescimento populacional.
  - **Demanda de abastecimento hoje e projetadas:** a aba “Demanda hídrica” da planilha eletrônica no Anexo 1 traz os dados de demanda de abastecimento (2017 e 2035) por município fornecidos pelo PNSH, complementadas para 2050 por meio da proporção linear com as projeções populacionais. Usando

<sup>22</sup> Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=o-que-e>



as informações de população em risco (do cenário base), foi possível calcular a demanda com insegurança, ou seja, aquela que o projeto pode potencialmente suprir ao longo do tempo.

- **Vazão demandada por adutora:** com informações de quais municípios são atendidos por qual das duas adutoras previstas, é possível somar as vazões estimadas com insegurança (e projetadas) e ter uma estimativa da vazão máxima demandada por adutora. Os resultados demonstraram que a vazão demandada não supera a vazão prevista pelo projeto até o ano 2050, ou seja, o projeto deverá cobrir plenamente a demanda até o fim do período de análise. Isso implica, de forma prática, que no cenário com projeto a população em risco é zerada.
- **Economias em risco e beneficiadas:** com dados anualizados da população equivalente em risco de desabastecimento no cenário base e com o projeto (zero pessoas), combinados com os dados de número de habitantes por economia (obtido via SNIS), tem-se o número de economias anuais que deixam de ter déficits.

#### 5.1.5 Custos econômicos evitados pela garantia de oferta para abastecimento

Para quantificar os benefícios, que são os custos evitados que teriam sido impostos à população no cenário base, na ausência do projeto, os valores das DAPs devem ser multiplicados pelo volume que passou a ser garantido para os domicílios beneficiados com a garantia da oferta hídrica regular ao longo dos anos de análise.

Assim, finalmente, a partir do número de economias beneficiadas, a DAP mensal por economia pela água (das necessidades e para além das necessidades combinados), os custos com a aquisição, instalação e reposição de reservações individuais, e da curva de permanência anual (na forma de mês-equivalente), obtém-se o benefício econômico anual total.

Reforça-se que este benefício representa o custo econômico evitado que ocorreria no cenário base na ausência do projeto.

Tabela 5-4 – Resumo dos custos econômicos evitados (benefícios) com o projeto devido à garantia de oferta para abastecimento (R\$)

Município	2021	...	2035	...	2050
Areia Branca	1.273.989	...	2.321.544	...	3.128.407
Campo do Brito	1.233.967	...	2.248.400	...	3.024.001
Itabaiana	10.091.267	...	16.664.456	...	22.606.418
Lagarto	7.539.288	...	13.539.579	...	18.219.563
Macambira	484.314	...	890.486	...	1.197.007
Poço Verde	1.828.743	...	3.243.813	...	4.367.350
Riachão do Dantas	760.757	...	1.713.319	...	2.260.435
São Domingos	759.437	...	1.383.770	...	1.874.512
Simão Dias	2.926.418	...	5.338.206	...	7.205.304



Município	2021	...	2035	...	2050
<b>TOTAL</b>	<b>26.898.180</b>	<b>...</b>	<b>47.343.573</b>	<b>...</b>	<b>63.882.996</b>

## 5.2 IRRIGAÇÃO - BENEFÍCIO PELA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O projeto de irrigação previsto no estudo se enquadra no primeiro caso elencado no Manual ACB Infra Hídrica, a saber, aquele que gera benefícios econômicos pelo aumento da produção agrícola em um projeto *greenfield*.

O projeto proposto contempla uma barragem idealizada para uso múltiplo das águas armazenadas, nomeadamente para alimentar a irrigação de 4.533 hectares, a partir de uma dotação de água de 2,912 m<sup>3</sup>/s. Adicionalmente, contempla a ampliação da oferta hídrica para estabelecimentos industriais situados nas áreas urbanas beneficiadas, embora não haja detalhamento de suas demandas ou necessidades específicas. Essa ampliação de oferta hídrica para usos industriais é explorada no item 6.2.1, que discute e calcula os Benefícios econômicos da indução de demanda no abastecimento humano, que são aqui excluídos. O presente item discute os benefícios exclusivos da irrigação.

Sem retomar as informações dispostas na seção 3.3 - Identificação do Projeto, Alternativas e Cenário Base, em resumo, as principais informações são uma vazão firme destinada à irrigação de uma área especificada. Para que esta atividade seja rentável e passível de valoração, seriam necessários mais detalhes sobre o projeto de irrigação em si, incluindo todos os dados e parâmetros apontados no Manual ACB Infra Hídrica tais como, por exemplo, o preço e a quantidade dos fatores de produção necessários para o cultivo de cada espécie prevista, incluindo os sistemas de irrigação e a demanda de água para o cultivo da espécie, além de estudos de demanda da produção para calcular o faturamento previsto e sua alteração mediante a aplicação da irrigação.

### 5.2.1 Perímetro irrigado como módulo nos usos múltiplos

Uma maneira de contornar a ausência de detalhamentos deste importante uso, é considerá-lo como um módulo a ser acoplado ao empreendimento de usos múltiplos (barragem e adutoras). Este último será testado via ACB quanto a sua maior ou menor viabilidade ao considerar a consecução deste empreendimento de irrigação (guardados os devidos ajustes de porte do empreendimento - tamanho da barragem, por exemplo). No caso de irrigação, sobretudo como forma de empreendimento *greenfield* no Nordeste, o módulo toma a forma de um perímetro irrigado. Este possui área plantada e vazão definidos, assim como uma estrutura de custos de investimento e operação circunscritos, que facilitam sua consideração como módulo. Tal artifício também permite a consideração completa dos efeitos do empreendimento, inclusive os auxiliares.

Além disso, este é o formato mais provável que esta vazão para irrigação tomaria na região. Pela quantidade de área prevista para irrigação (4,5 mil ha) por meio de projeto de cunho público, trata-se de oportunidade para promover a região e seus agricultores familiares, como o fazem os 6 perímetros de irrigação estaduais da Cohidro, onde 98%



dos lotes são de pequenas unidades familiares de produção<sup>23</sup>. Na ausência de dados de projeto para o perímetro irrigado em questão, e ainda, considerando uma avaliação mais estratégica da sua viabilidade ou contribuição para a viabilidade no projeto maior de usos múltiplos, é razoável considerarmos dados paramétricos médios de perímetros irrigados, sobretudo na região ou com características similares.

Assim, também cabe à avaliação supor um projeto médio viável e saudável do ponto de vista econômico, social e ambiental, sem, no entanto, discorrer sobre suas características nesta etapa preliminar e estratégica. Caso um projeto desta natureza se mostre viável no contexto maior (incluindo os outros módulos), caberá ao proponente detalhar nas próximas etapas ao máximo o projeto de perímetro irrigado, incluindo todos os elementos específicos de projetos desta natureza, a fim de avaliar sua sustentabilidade real. Fazendo um paralelo com a consideração da construção de uma ponte, significaria considerar simplesmente uma ponte média funcional, que caso se torne uma solução ao projeto viário em análise na ACB Preliminar, deverá ser detalhada quanto ao tamanho, solução técnica, método construtivo etc. nas etapas posteriores do ciclo de avaliação do projeto, incluindo a ACB Financeira, estudos ambientais e ACB Completa.

#### 5.2.2 *Dados paramétricos de perímetros irrigados*

Sem a pretensão de discorrer quanto a peculiaridades do estabelecimento e desenvolvimento de perímetros irrigados no país, é notável a sua importância como uma política pública de longa data, assim como a abrangência de ação das instituições criadas para essa finalidade. Por outro lado, também é notável a escassez de informações históricas e recentes devidamente sistematizadas quanto a implementação, gestão e operação destes empreendimentos, sejam eles públicos ou privados. Ao nível desta ACB Preliminar não foi possível encontrar informações atuais, sistematizadas e consistentes nos principais órgãos implementadores e gestores de perímetros irrigados como, por exemplo, o DNOCS<sup>24</sup> e a Codevasf<sup>25</sup> que permitissem sua utilização na parametrização da alternativa estudada. Ainda mais escassa é a informação advinda de órgão estaduais, como a Cohidro<sup>26</sup> no Sergipe.

#### Estudo do Banco Mundial - parâmetros

Exceção à falta de informações sistematizadas sobre perímetros irrigados, é o estudo do Banco Mundial de 2004 intitulado “Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação do

<sup>23</sup> São eles: Califórnia, em Canindé do São Francisco, com 1.360 ha; Jabiberi, em Tobias Barreto, com 225 ha; Jacarecica I, em Itabaiana, com 252 ha; Jacarecica II, em Areia Branca, Malhador e Riachuelo, com 820 ha; Piauí, em Lagarto, com 703 ha; e Poção da Ribeira, em Itabaiana, com 1.100 ha. Disponível em: <https://cohidro.se.gov.br>

<sup>24</sup> Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, autarquia federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional.

<sup>25</sup> Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), empresa pública brasileira destinada ao fomento do progresso das regiões ribeirinhas dos rios São Francisco e Parnaíba e de seus afluentes.

<sup>26</sup> Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe, op. cit.



Semi-Árido”<sup>27</sup>, no contexto da Série Água Brasil do banco. Como o próprio estudo descreve, este vem preencher uma lacuna de avaliações econômicas da disponibilização de água na região. À falta de avaliações rigorosas dos custos dos investimentos públicos em irrigação, o Governo não dispunha, até então, da informação necessária para selecionar e priorizar os projetos com maior potencial de retorno social. Assim, o estudo inclui uma avaliação social de projetos de irrigação representativos executados na região. Para tanto, o Banco Mundial entendeu que seria essencial conduzir uma avaliação socioeconômica abrangente destes, e assim o fez ao longo de quase dois anos.

Sob a premissa fundamental de que, na ausência de algum nível de subsídios, o setor privado investiria substancialmente menos no desenvolvimento da irrigação, o estudo busca, sem pretender mensurar o valor social da construção de barragens envolvidas com a provisão do recurso hídrico, identificar e medir os custos e benefícios sociais e privados relacionados aos investimentos públicos efetuados no setor de agricultura irrigada no semiárido, estruturando-se a partir da análise de atividades agrícolas e auxiliares em onze perímetros de irrigação e áreas privadas adjacentes, em cinco polos de desenvolvimento, representando 20% do número total de projetos públicos de assentamento, cerca de 45% da área irrigada e aproximadamente 50% dos investimentos públicos realizados à época.

Sem detalhar todas as etapas metodológicas adotadas, vale destacar que os cálculos seguem todas as premissas das avaliações econômicas de projeto (preço-sombra, externalidades, avaliação econômica de benefícios etc.), contou com uma avaliação *ex-post* (dados históricos), utilizou ferramentas de modelagem do banco em consórcio com a FAO e, por fim, incluiu trabalhos relacionados à interpretação de imagens de satélite, assim como estudos de radiometria e videografia, visando completar a geração de dados relevantes para o escopo pretendido e checando informações reportadas e verificadas. As tabelas abaixo reportam alguns dos resultados identificados por Banco Mundial (2004) e que são úteis na identificação de parâmetros para o presente estudo de caso.

Tabela 5-5 – Análise de resultado econômico de investimentos em perímetros de irrigação

Polo	Perímetro	Área Declarada (ha)	Área Estimada (ha)	Investimento (USD/ha)	TER (%)	VSPL (USD, MM)
Petrolina (PE)	Nilo Coelho	19.624	24.623	13.400	16,80%	-5,90
	Bebedouro	958	2.183	5.200	21,90%	1,90
Juazeiro (BA)	Mandacarú	475	790	7.500	24,10%	0,80
	Tourão	12.200	2	4.800	25,40%	44,50
	Curacá	3.975	5.956	13.600	19,90%	9,80
	Maniçoba	4.556	7.105	14.800	16,70%	-2,00
Norte de Minas (MG)	Jaíba	8.158	10.629	10.315	7,70%	-92,00
	Gorutuba	4.900	4.191	13.980	14,10%	-8,60

<sup>27</sup> Banco Mundial, Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semi-árido Brasileiro – 1ª edição – Brasília – 2004. 132p. ISBN: 85-88192-11-x. O estudo busca identificar impactos e externalidades de investimentos e ações na agricultura irrigada no semiárido brasileiro, com ênfase nos efeitos da melhoria das condições sociais e da redução da pobreza na região.



Polo	Perímetro	Área Declarada (ha)	Área Estimada (ha)	Investimento (USD/ha)	TER (%)	VSPL (USD, MM)
<b>Baixo Jaguaribe (CE)</b>	Morada Nova	1.680	7.302	14.300	11,10%	-7,70
	Jaguaribe	3.500	3.185	15.580	8,50%	-29,20
<b>Baixo Assú (RN)</b>	Baixo Assú	2.480	3.052	6.105	12,10%	-11,50

Adaptado de Banco Mundial (2004)

Tabela 5-6 – Análise de resultado econômico de investimentos em perímetros de irrigação

Perfil do lote	Perímetro	Área do lote (ha)	Investimento privado (USD, MM)	Valor Bruto da Produção - VBP (USD, mil)		
				1984	1990	2002
<b>Pequenas Unidades Familiares de Produção (PUFP)</b>	Nilo Coelho	6,0	1.500	26,5	27,1	23,3
	Bebedouro	8,5	1.765	26,6	23,8	20,8
	Mandacarú	5,7	1.175	9,3	17,9	19,6
	Tourão	7,3	1.205	19,6	25,0	30,3
	Curacá	7,8	1.244	19,6	28,9	30,8
	Maniçoba	6,2	1.194	20,5	30,7	20,0
	Jaíba	5,0	700	-	4,5	10,0
	Gorutuba	6,5	492	17,3	10,5	10,3
	Morada Nova	4,0	1.875	13,8	8,4	7,6
	Jaguaribe	7,8	628	-	8,8	9,0
	Baixo Assú	8,2	646	8,0	8,5	7,2
<b>Unidades de Produção Agrícola</b>	Nilo Coelho	50,0	1.160	152,7	139,8	278,0
	Maniçoba	30,0	1.167	78,4	66,0	114,7
	Jaíba	25,0	700	-	43,1	60,4
	Jaguaribe	20,0	2.200	-	11,6	50,5
	Baixo Assú	100,0	3.000	-	61,6	355,1

Adaptado de Banco Mundial (2004)

#### Consideração dos parâmetros no módulo de irrigação do Vaza-Barris

Considerada sua robustez e abrangência, seus resultados servirão de parâmetros para a composição de um projeto típico de irrigação na região, dentro dos limites de área e vazão informados. Dentre os diversos resultados do estudo, aqueles que interessam para a parametrização incluem:

- Total de investimentos públicos em perímetros irrigados, perfazendo os custos de implantação do perímetro de irrigação, como seus canais de irrigação, acessos internos (arruamento, loteamento), estrutura administrativa, sinalização interna, infraestrutura de energia elétrica, cercamento e outros. São duas as exceções: (i) custos intralotes, privados e listados no item abaixo, e (ii) custos com as estruturas hídricas nas estações de bombeamento e adução de água, que são contempladas pela estimativa de custos de CapEx do projeto em sua alternativa 1);



- Investimentos privados para produção da agricultura irrigada nos perímetros irrigados (CapEx e OpEx), incluindo custos de preparação das áreas privadas (intralotes, como os sistemas de irrigação, estruturas administrativas, cercamento e outros) e todos os custos operacionais de cultivo ao longo do tempo (preparo do solo, insumos, implementos, custos de colheita, de irrigação etc.);
- Valor Bruto da Produção médio dos perímetros irrigados para observar os benefícios que se podem esperar do empreendimento.

Em conjunto com outros dados do relatório, foi possível derivar os parâmetros apresentados na tabela a seguir, também constantes do anexo digital:

Tabela 5-7 – Parâmetros médios dos 11 perímetros irrigados públicos analisados por WB (2004)

Taxa de câmbio aplicada (média jun/2002)							2,3873	
Inflação para produção (dez/2020, IPA-OG-PA)*							2,9412	
Inflação para custos (dez/2020, IGP-DI)**							2,7742	
CAPEX (\$/ha)	USD (jun/02)	BRL (dez/20)	OPEX (\$/ha)	USD (jun/02)	BRL (dez/20)	VBP*** (\$/ha)	USD (jun/02)	BRL (dez/20)
Público	5.435	35.999	Público	209	1.385	Para PUF	2.633	18.489
Privado	1.130	7.481	Privado	984	6.519	****		

\* Índice de Preços por Atacado-Oferta Global (IPA-OG) - Produtos agrícolas

\*\* Dada pelo fato do valor a ser corrigido contar com custos diversos, dentre materiais, serviços e construção civil

\*\*\* Valor Bruto da Produção

\*\*\*\* Pequenas Unidades Familiares de Produção

#### Boas práticas e fatores a serem considerados na evolução do projeto (ACB Completa)

O estudo do Banco Mundial (2004) busca analisar as principais questões relacionadas ao tema, apontando eventuais resultados positivos, falhas e lições aprendidas na implementação e operação desses perímetros, e propondo opções para melhorias em intervenções futuras. Não cabe desenvolvê-los aqui nessa ACB Preliminar, sobretudo sem o desenho final proposto para o perímetro em questão. No entanto, suas recomendações são de grande valor para as próximas etapas de elaboração mais detalhada do projeto e avaliação (ACB Financeira e ACB Completa, inclusive) para que os fatores de sucesso sejam levados em conta e reflitam as premissas de um projeto minimamente viável aqui adotadas, de fato, se sustente.

Por exemplo, o estudo aponta que resultados insatisfatórios se devem, particularmente, a: (i) projetos superdimensionados e atrasos em suas implementações; (ii) tarifas de água subvaloradas; (iii) ênfase na infraestrutura em detrimento da eficiência da produção, da seleção de beneficiários, e do treinamento e assistência técnica; (iv) foco na mitigação paternalista da pobreza, negligenciando a necessidade de um *mix* balanceado de beneficiários de pequeno e médio portes, tendo em vista a maximização dos efeitos dos investimentos relativos ao desenvolvimento; (v) falta de apoio político adequado; (vi) ausência de um sistema eficiente de titulação fundiária, provendo suporte a um mercado de terras, através do qual seria promovida a seleção natural positiva de produtores. Estes são elementos não capturáveis por uma análise de custo-benefício, sobretudo com ausência de maiores detalhamentos do projeto, para além da área e vazão.



### 5.2.3 Valoração dos benefícios econômicos da implantação de um perímetro irrigado modular

A partir dos dados encontrados no estudo mencionado, feitas as conversões de taxa de câmbio e inflação no período, foi possível obter parâmetros médios de indicadores econômicos, CapEx e OpEx públicos e privados dos 11 perímetros irrigados avaliados.

Com estes, e com a área prevista para o projeto promovido pelas águas do rio Vaza-Barris reservadas e com concentrações adequadas de cloreto, foi possível decompor um fluxo de caixa a ser aplicado ao caso. Observa-se aqui a característica de “módulo” que o projeto adquire, já que os valores de custos e benefícios são derivados em conjunto. Tal artifício é bem detalhado na aba “3-4\_CB-Irrigação” da planilha eletrônica no Anexo 1.

Uma última consideração quanto a valoração dos custos e dos benefícios do “módulo” de irrigação é quanto à conversão do CapEx e do OpEx para custos sociais. Aplicaram-se, para tanto, os mesmos fatores setoriais de conversão, sob as mesmas premissas que para o CapEx e para o OpEx (conforme descrito no capítulo 4).

Tabela 5-8 – Resumo da valoração dos custos e benefícios econômicos do perímetro irrigado

Fluxo de caixa para Perímetro de Irrigação (resumo)							
	ano 1	...	ano 4	ano 5	ano 6	...	ano 30
Alocação no tempo CAPEX Público	25,00%	...	25,00%	0,00%	0,00%	...	0,00%
Alocação no tempo CAPEX Privado	0,00%	...	50,00%	50,00%	0,00%	...	0,00%
CAPEX Público (R\$)	-40.795.535	...	-40.795.535	0	0	...	0
CAPEX Privado (R\$)	0	...	-16.954.961	-16.954.961	0	...	0
CAPEX TOTAL (R\$)	-40.795.535	...	-57.750.496	-16.954.961	0	...	0
Fator de Conversão*	0,8542	...	0,8542	0,8542	0,8542	...	0,8542
CAPEX Final (R\$)	-34.846.157	...	-49.328.508	-14.482.351	0	...	0
Público	0,00%	...	0,00%	100,00%	100,00%	...	100,00%
Privado	0,00%	...	0,00%	0,00%	33,33%	...	100,00%
Público(R\$)	0	...	0	-6.276.236	-6.276.236	...	-6.276.236
OPEX Privado (R\$)	0	...	0	0	-9.849.652	...	-29.548.956
OPEX TOTAL (R\$)	0	...	0	-6.276.236	-16.125.888	...	-35.825.192
Fator de Conversão*	0,8515	...	0,8515	0,8515	0,8515	...	0,8515
OPEX Final (R\$)	0	...	0	-5.344.139	-13.7300.998	...	-30.504.717
VBP (alocação no tempo)	0,00%	...	0,00%	0,00%	33,33%	...	100,00%
VBP TOTAL (R\$)	0	...	0	0	27.936.418	...	83.809.255
FLUXO DE CAIXA LÍQUIDO (R\$)	-34.846.157	...	-49.328.508	-19.826.490	14.205.420	...	53.304.539

\* Ponderado sob os mesmos pressupostos que para o CapEx e OpEx do projeto Vaza-Barris.





## 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 desencadearem 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 do Vaza-Barris deverá trazer benefícios sociais, dos quais muitos não estão a mercado e necessitam de valoração por meio de disposição a pagar, conforme item 5.1. Dessa forma, os benefícios do aumento da resiliência à mudança do clima e redução da vulnerabilidade ao risco climático já estão devidamente contabilizados. Aqui abordam-se as externalidades de cunho negativo - impactos que recaem sobre terceiros sem uma devida compensação, sendo, portanto, um custo 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 projeto Vaza-Barris é sobre aquelas já computadas e que não devem ser novamente consideradas para não haver dupla contagem. São elas:

- O já citado uso alternativo da terra, que foi considerado nos custos com aquisições de propriedades, de acordo com as estimativas do proponente do projeto;
- 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 também compõe os custos; e
- Os impactos ambientais decorrentes dos resíduos da dessalinização da água na alternativa 3, cujo custo de OpEx contempla o tratamento, transporte e destinação final adequada.

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 tanto (i) pela regularização de vazão, modificando a disponibilidade natural a jusante, quanto pela (ii) retenção de sedimentos e nutrientes.

Quanto ao primeiro efeito, cabe destacar que o trecho a jusante da barragem principal do projeto Vaza-Barris tem aproximadamente 60 km até a foz do rio junto ao Oceano Atlântico. A partir de aproximadamente metade desse trecho, logo após o rio cruzar com a sede de Itaporanga d'Ajuda, suas águas se tornam mais sinuosas e lentas, abrigando



uma área estuarina de denso manguezal, já sob influência das águas salgadas do mar. Segundo MapBiomas (op. cit.), são 6 mil ha de manguezais e 780 ha de apicum.

Foram identificados os seguintes usos providos pelo rio Vaza-Barris:

- **Turismo:** no delta do rio Vaza-Barris está a chamada Orla do Pôr do Sol e a praia do Mosqueiro, à beira rio. A praia é ponto turístico para navegação amadora e ponto de partida para passeios que dali saem com destino ao próprio rio ou para as ilhas de areia que se formam, como a conhecida Crôa do Goré (banco de areia próximo à praia do Mosqueiro que abriga bar flutuante e congrega praticantes de esportes náuticos) ou a Ilha dos Namorados (mais distante).
- **Pesca artesanal:** a atividade é praticada no estuário do rio Vaza-Barris pelas diversas comunidades em seu entorno, como de Pedreiras no município de São Cristóvão, onde a pesca é atividade de grande relevância cultural e econômica, tendo alvo peixes, mariscos e caranguejos, realizada com canoas a motor, a remo e também nos mangues<sup>28</sup>. A pesca artesanal abastece o município de São Cristóvão e também a capital do Estado, e alcança aproximada 119 toneladas por ano<sup>29</sup>.
- **Carcinicultura e ostericultura:** além da pesca, a criação de camarões (*Penaeus vannamei*) e ostras também se faz presente no estuário. A prática pode ser, grosso modo, dividida entre a extensiva ou semi-intensiva de baixo impacto, praticada por cerca de 36 produtores de pequeno porte, e a prática que utiliza elevadas densidades de povoamento com uso intensivo de insumos durante o ciclo produtivo, característica de operações industriais<sup>30</sup>.

Os usos diretos e indiretos das águas do rio Vaza-Barris em sua porção estuarina, acima descritos, poderão vir a ser impactados com a regularização da vazão do rio. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos, a vazão de restrição é de 3,8 m<sup>3</sup>/s, sendo que o projeto requer a regularização média de 2,34 m<sup>3</sup>/s. O projeto, nas alternativas 1 e 2 envolvem barramento que proporcionarão a retirada de água do manancial, além de alterações nos padrões de descarga naturais fruto do acúmulo de água nos períodos secos (pulso de descarga do rio).

A alternativa 1 está associada a um uso consuntivo e a uma regularização mais intensivos, haja vista ter de prover água para o perímetro irrigado em adição à vazão de 1,07 m<sup>3</sup>/s para atender a demanda do abastecimento humano via adutoras, da alternativa 2. Uma vez que a alternativa 3 se concentra apenas na cobertura do risco hídrico da população humana, sua demanda consuntiva é menor, de 0,5 m<sup>3</sup>/s.

<sup>28</sup> TORRES, Ronilse Pereira de Aquino. O sentido de ser pescador : signos e marcas no povoado Pedreiras - São Cristóvão/SE. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

<sup>29</sup> SOUZA, M. J. F. T.; JUNIOR, J. F. D.; SILVA, F. C. B.; FELIX, D. C. F.; SANTOS, J. C. Estatística pesqueira da costa do Estado de Sergipe e extremo norte da Bahia 2010. São Cristóvão: Editora UFS, 2012.

<sup>30</sup> LIMA, Juliana Schober Gonçalves. Carcinicultura Marinha Familiar no Estuário do Rio Vaza-Barris, Sergipe: Implicações para uma Produção Sustentável. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

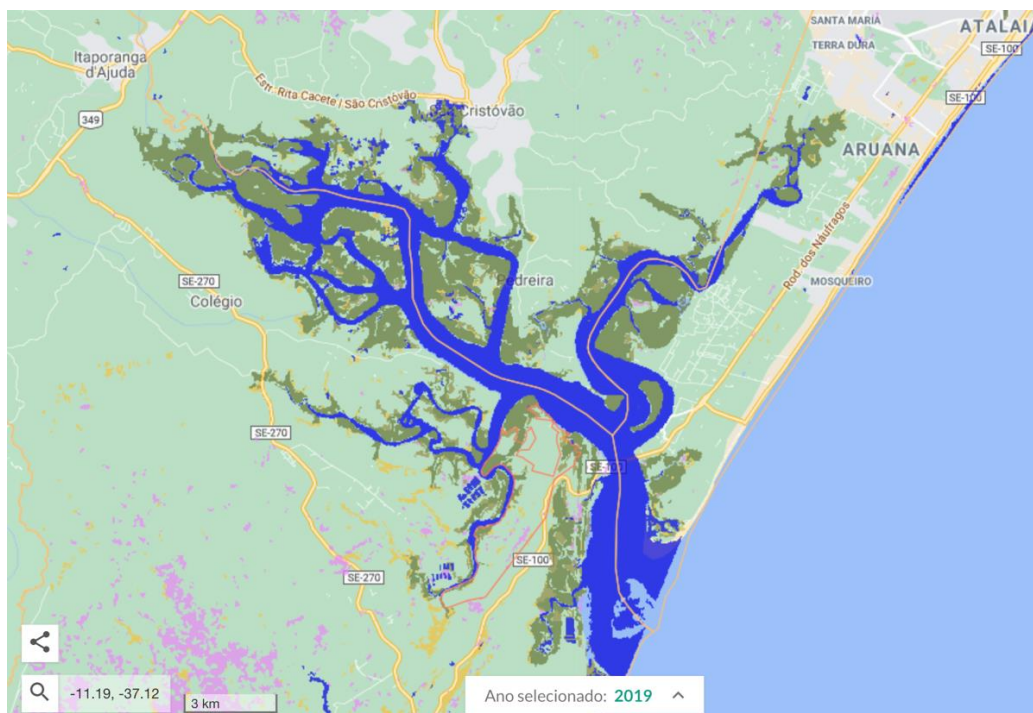


Figura 6.1 - Manguezal e apicum no estuário do rio Vaza-Barris (MapBiomas, op.cit.)

Quanto à retenção de sedimentos e nutrientes, o projeto Vaza-Barris tem a particularidade de contar, nas alternativas 1 e 2, com a barragem secundária cujo objetivo é justamente o de reter sólidos que seriam, então, lançados a um ponto a jusante do barramento principal. Nesse caso, a partir desse lançamento não haveria alteração na quantidade aportada ao restante do curso d'água.

Não obstante, a concentração dos sedimentos aportados deverá ser maior, ao menos em determinados momentos do ano de menor vazão, pois a mesma quantidade de sólidos será lançada em um fluxo reduzido de água, pois parte do volume será retido para fins de usos consuntivos.

A estimativa das externalidades demanda compreender os efeitos físicos da regularização da vazão, da redução do volume de descarga do rio Vaza-Barris no estuário e de seu aspecto de qualidade físico-químico. A partir dos impactos físicos (como, por exemplo, a potencial redução da salinidade do estuário em determinada época do ano), é que se poderia quantificar os efeitos biológicos (variação nos estoques pesqueiros) que, por sua vez, dariam base para a valoração de seus efeitos socioeconômicos (variação na atividade pesqueira). A partir do estabelecimento desses vínculos, outras externalidades relevantes poderiam, inclusive, ser identificadas e incluídas.

As externalidades do projeto Vaza-Barris precisariam, adicionalmente, considerar seus efeitos frente a outros impactos não correlatos com o projeto e que já ocorrem e afetam



as atividades elencadas, como o avanço da mancha urbana e poluição da água<sup>31</sup>. Outra ponderação a ser realizada é sobre o efeito potencial de regularização que porventura seja promovido por outros barramentos a montante do projeto Vaza-Barris, para que se analisem seus efeitos em conjunto.

O estabelecimento dos diversos vínculos físicos, biológicos (eventualmente) e socioeconômicos, demanda estudos que superam a abrangência desta ACB Preliminar, mas que devem ser endereçados na tomada de decisão sobre a continuidade da avaliação da viabilidade econômica do projeto - principalmente em sua alternativa 1.

#### 6.1.3 *Externalidades positivas do perímetro irrigado*

Perímetros irrigados são compostos, entre outros, por lotes familiares. Como visto no item 5.2, pressupõe-se que o perímetro a ser implementado (alternativa 1) seria exclusivamente para as pequenas unidades familiares de produção, espelhando o que já ocorre em demais perímetros irrigados do estado de Sergipe.

Segundo Banco Mundial (2004), pode-se esperar a partir da implantação de um perímetro irrigado: (i) a redução da migração rural; e (ii) o efeito líquido da redução da pobreza. Parte desse segundo efeito decorre da elevação da produção e da produtividade, atraindo, em consequência, uma demanda adicional, o aumento do consumo de alimentos a preços mais baixos, nos mercados local e nacional. Esses benefícios são particularmente aproveitados pelos extratos inferiores de renda, visto que despesas com alimentação constituem um percentual mais elevado de suas receitas, elevando, portanto, seu poder de compra.

Muito embora a externalidade da redução da migração rural e da redução da pobreza devam ocorrer, não se tem parâmetros suficientes para realizar aqui sua valoração. Não obstante, seguindo as orientações do Manual ACB Infra Hídrica, registra-se qualitativamente sua ocorrência potencial.

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

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

A partir das alternativas do projeto Vaza-Barris, investigam-se dois potenciais benefícios econômicos indutivos, o primeiro a ser gerado pela indução de demanda hídrica no abastecimento humano (alternativas 1 e 2); o segundo pela indução do investimento pela repercussão do perímetro irrigado (alternativa 1).

---

<sup>31</sup> ALMEIDA SANTOS, E., & ROSEMERI MELO E SOUZA. As transformações no litoral sul sergipano e os seus reflexos na pesca artesanal feminina. Mares: Revista De Geografia E Etnociências, 1(2), 7-18 (2020).



#### 6.2.1 *Benefícios econômicos da indução de demanda no abastecimento humano*

As alternativas 1 e 2 do Projeto Vaza-Barris contemplam uma oferta substancialmente excedente de recursos hídricos para o abastecimento humano, indo além da cobertura do risco hídrico tratado e valorado no item 5.1. Trata-se não apenas da garantia de regularidade no abastecimento, mas sim acréscimo de disponibilidade hídrica via rede geral de abastecimento dos nove municípios beneficiados (Areia Branca, Campo do Brito, Itabaiana, Lagarto, Macambira, Poço Verde, Riachão do Dantas, São Domingos e Simão Dias) pelas adutoras Itabaiana e Lagarto.

Essa geração de oferta hídrica excedente não é fruto de superdimensionamento, mas um objetivo explícito do projeto. Dessa forma, é prudente considerar que haverá alguma indução de desenvolvimento econômico, dada a maior garantia e disponibilidade hídrica.

Das três categorias de WEIs trazidas pelo Guia Geral de ACB – efeitos sobre investimento induzido, efeitos sobre o mercado de trabalho e efeitos de aglomeração – identifica-se a potencial geração de efeitos sobre o investimento induzido, nas alternativas 1 e 2 do projeto Vaza-Barris. Cada uma das categorias é analisada a seguir:

- Pode-se esperar um efeito positivo do projeto via indução do investimento nos municípios beneficiados pelo aumento da disponibilidade hídrica via rede geral. A lógica de suporte a essa conclusão é a de que há uma restrição econômica pela oferta hídrica, o que significa que o mercado secundário afetado pelo projeto (consumo hídrico via rede geral) opera abaixo de seu potencial. Uma vez que o projeto adiciona oferta, pode-se esperar um aumento de produtividade sistêmica, pois deverá haver mudanças comportamentais em termos de decisão de investimento pós projeto.
- Não se vislumbram alterações induzidas pelo projeto no comportamento da oferta de mão de obra, devendo ser nulo o efeito indutivo sobre o mercado de trabalho.
- Também não se vislumbra a geração de efeitos de aglomeração, pois não se trata de projeto que deve modificar a densidade de determinadas atividades econômicas e reduzir seus custos de transação, mas sim de induzir novos investimentos.

Prossegue-se então a valoração do benefício de indução sobre o investimento. Retomando o Manual ACB Infra Hídrica, observa-se que não se deve utilizar a diferenciação da DAP (por faixas de consumo da água) para projetos indutores do desenvolvimento econômico que não apresentam demandas efetivas (atual e/ou futura), tal como é o caso do projeto Vaza-Barris: a documentação do projeto (PROVABASE) menciona o fomento a indústrias com base no excedente, mas não apresenta maiores detalhes acerca de setores econômicos específicos ou estratégias de desenvolvimento que abarquem tal indução, como determinadas industriais, comércio ou serviços específicos.

Caso o projeto indutor traga demandas potenciais circunscritas ao cenário desejado de desenvolvimento da região, apenas a valoração pelo custo marginal de longo prazo (CMLP) de fornecimento de água deve ser utilizado como proxy para a DAP, espelhando as faixas de consumo além das necessidades básicas.



Assim, a aba “4\_Ben\_Indução” no Anexo 1 detalha os cálculos dos benefícios por este efeito. Os passos incluem:

- **Projetar o excedente de oferta hídrica (por adutora):** descontando da vazão de projeto das adutoras as projeções da demanda de abastecimento que o projeto deverá atender (prioritariamente), incluindo a consideração da mudança do clima (redução da oferta ao longo do tempo).
- **Definir a vazão firme para indução:** observa-se aqui que, como a demanda de abastecimento aumenta (projeção populacional positiva) concomitantemente à redução da oferta (mudança do clima) no futuro, a vazão excedente é decrescente ao longo do tempo. Como não se pode induzir novos consumos que não poderão ser atendidos no futuro, fixa-se a vazão firme que poderá ser induzida como aquela disponível no ano 30 (ponto da análise de menor disponibilidade). Ver Tabela 6-1.
- **Valorar o excedente pela CMLP:** a partir de informações de qual adutora atende qual município, aplica-se o CMLP às vazões excedentes ao longo do tempo. Para o valor específico do metro cúbico adicional, considerou-se a tarifa de R\$ 15,66, equivalente à tarifa para as categorias comercial, industrial e pública da Companhia de Saneamento de Sergipe, que detém a concessão de prestação de serviços na totalidade dos municípios beneficiados<sup>32</sup>.

Tabela 6-1 – Resumo dos dados de valoração do potencial indutor pelo excedente hídrico

Adutora	Informação	2021	...	2035	...	2050
Itabaiana	Disponibilidade excedente (m³/s)	0,5292	...	0,4977	...	0,4642
	Excedente limitado pelas MC (m³/s)	0,4642	...	0,4642	...	0,4642
	CMLP (R\$/m³)	15,66	...	15,66	...	15,66
	R\$ por ano	3.821.991	...	3.821.991	...	3.821.991
Lagarto	Disponibilidade excedente (m³/s)	0,5025	...	0,4698	...	0,4364
	Excedente limitado pelas MC (m³/s)	0,4364	...	0,4364	...	0,4364
	CMLP (R\$/m³)	15,66	...	15,66	...	15,66
	R\$ por ano	3.592.700	...	3.592.700	...	3.592.700
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>7.414.691</b>	...	<b>7.414.691</b>	...	<b>7.414.691</b>

#### 6.2.2 Benefícios econômicos indutivos pelo perímetro irrigado

Além dos benefícios econômicos da indução do investimento pela maior oferta hídrica via rede geral, tem-se na implementação do perímetro irrigado um outro potencial indutor. Pode-se esperar que a alternativa 1 tenha esse efeito em uma das três categorias de WEIs trazidas pelo Guia Geral de ACB. Cada uma é analisada a seguir:

- Pode-se esperar um efeito positivo via indução do investimento na região dos municípios de Itaporanga d’Ajuda, Salgado e Lagarto, que não é notória produtora

<sup>32</sup> Disponível em: <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/clientes/quadro-tarifario>





agrícola de cultivos de valor agregado. O perímetro de irrigação poderá, assim, induzir investimentos correlatos ao beneficiamento primário, armazenagem, transporte ou mesmo transformação industrial dos cultivos. O potencial de indução do projeto advém do aproveitamento de um fator de produção ocioso (a terra com potencial agrícola, porém sem a disponibilidade do recurso hídrico para irrigação), o que pode gerar um aumento de produtividade sistêmica. Ou seja, poderá haver mudanças comportamentais em termos de decisão de investimento pós projeto. Esse efeito de indução pode, portanto, ser considerado como benefício do projeto.

- Quanto ao efeito indutivo sobre o mercado de trabalho, não se vislumbram mudanças comportamentais relacionadas à oferta de mão de obra, especialmente por se considerar que os lotes do perímetro irrigado se destinam à agricultura de pequena escala, realizada por unidades familiares de produção. A escala do projeto também não é demasiadamente grande em termos de mão de obra para suscitar tais efeitos.
- Já quanto aos efeitos indutivos de aglomeração, também não se vislumbram modificações na densidade da atividade econômica, pois não são esperadas reduções dos custos de transações econômicas.

Caso a área de um lote médio dos demais perímetros irrigados do estado do Sergipe (2,5 ha por lote) seja utilizada como parâmetro para o que pode vir a ser o lote familiar deste, tem-se o potencial de agregar 1,8 mil unidades familiares de produção. Além dos agricultores, tem-se a cadeia de produção induzida que gerará empregos na região associados, incluindo a gestão, transporte e beneficiamento dos produtos. Cabe aqui ponderar as conclusões do estudo do Banco Mundial (2004), que indica para a geração de um processo de desenvolvimento local e regional por meio dos perímetros irrigado, obtendo-se, em média, para cada hectare irrigado, um emprego integral *on farm*, e cerca de 1,5 emprego adicional em atividades anclares, para frente ou para trás na cadeia de produção. Aplicando-se esse parâmetro para o perímetro do Vaza-Barris, tem-se o potencial de geração de mais de 11 mil empregos (4,5 mil *on farm* e o restante *off farm*).

Mesmo sendo projeto indutor de investimento e gerador de empregos no local, deve-se investigar até que ponto o acréscimo produtivo traria ganhos líquidos para a sociedade como um todo (superando o âmbito do projeto). Afinal, sob condições de equilíbrio no competitivo mercado de produção agrícola, a nova produção pode simplesmente promover o deslocamento de atividades econômicas de outras localidades, gerando ganhos apenas marginais ou mesmo nulos sob a ótica da sociedade. Uma das formas de se estimar tal efeito indutivo, que foge ao escopo da presente análise, é por meio de modelos de equilíbrio geral da economia que contabilizam eventuais perdas de atividade em outras regiões do país.

A quantificação do potencial efeito indutivo também pode ser realizada via aplicação de parâmetros específicos para a região e setor de análise; não obstante, tais parâmetros ainda não se fazem disponível em fontes oficiais no contexto brasileiro. Dessa maneira, a avaliação de sensibilidade dos resultados finais trará uma ponderação sobre este benefício não valorado.



## 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. Retomando a tabela das Alternativas, as informações a seguir compilam os resultados das três alternativas avaliadas.

Tabela 7-1 - Projeto Vaza-Barris: Alternativas e setores atendidos

Setores usuários atendidos				
Alternativa	Descrição	Abastecimento população em risco	Demanda induzida no abastecimento	Irrigação
0 – Cenário base		Continuidade do risco hídrico (custo econômico)	Não há geração de indução de demanda	Não há desenvolvimento autônomo da irrigação
1 - Barragem/Adutoras para abastecimento e irrigação	Projeto completo como concebido no PROVABASE	X	X	X
2 - Barragem/Adutoras somente para abastecimento	Projeto anterior sem o módulo de irrigação. Implica redução nas dimensões da barragem e supressão da adutora da irrigação	X	X	
3 - Planta de dessalinização para abastecimento	Alternativa que visa somente atender a demanda de abastecimento em risco nos municípios, sem a construção de barragem	X		

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).

Os seguintes indicadores econômicos são então computados:

- **Valor Social Presente Líquido Comparativo ( $\Delta VSPL$ ):** 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  $\Delta VSPL$  que o próprio projeto;
- **Taxa de Retorno Econômica (TRE):** a taxa de desconto que resulta em um valor igual a zero para o  $\Delta VSPL$ , 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 três alternativas de projeto consideradas. Na perspectiva modular, utilizada aqui com o projeto do perímetro irrigado, caberia ainda testar outras combinações, mas sobretudo associadas a uma revisão dos objetivos mais estratégicos e amplos do projeto na região, como o desenvolvimento de um polo de cultura irrigada, suas consequências e desafios. Para essas ponderações, a ACB e sua análise de sensibilidade pode ser informativa, mas apenas isso.

Tabela 7-2 - Indicadores da ACB Social

Indicadores da ACB social	Alternativa 1 (Barragem Abastecimento e Irrigação)	Alternativa 2 (Barragem Abastecimento)	Alternativa 3 (Planta Dessalinizadora)
Valor Presente Líquido dos Custos	-R\$ 651,01	-R\$ 217,28	-R\$ 277,58
Valor Presente Líquido dos Benefícios	R\$ 903,49	R\$ 383,10	R\$ 327,70
Valor Social Presente Líquido Comparativo ( $\Delta$ VSPL)	R\$ 252,49	R\$ 165,82	R\$ 50,12
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 23,49	R\$ 15,43	R\$ 4,66
Taxa de Retorno Econômica (TRE)	12,92%	14,63%	10,69%
Índice Benefício-Custo (B/C)	1,39	1,76	1,18

Todas as alternativas do projeto Vaza-Barris apresentaram um  $\Delta$ VSPL positivo, com a TRE acima da Taxa Social de Desconto. A TSD foi determinada pela Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura do Ministério da Economia (Nota Técnica nº 19.911/2020)<sup>33</sup> 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 é acima de 11,4%, o projeto pode ser considerado viável mediante realização de análise de sensibilidade e de riscos padrão. As alternativas 1 e 2 apresentam uma TRE que supera o limiar determinado.

Outra recomendação é que resultados entre 8,5% e 11,4% sejam 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. Esse é o caso da alternativa 3.

Todas as alternativas se justificam, com a devida análise de sensibilidade e de risco, como viáveis sob o ponto de vista social, pois agregam valor líquido à sociedade. No entanto, dada suas diferenças quanto a abrangência e porte, os custos e os benefícios sociais (a

<sup>33</sup> Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio>



valores presentes) são bastante distintos (a alternativa 1 é melhor em R\$ 202 milhões que a alternativa 3, mas traz um  $\Delta$ VSPL de custos 3 vezes maior que a alternativa 2).

As alternativas que mais se aproximam em termos de objetivos finalísticos são a 2 e a 3, pois não contemplam o módulo de irrigação e atendem ao problema fundamental de risco hídrico humano, que gera irregularidade no abastecimento humano que impõe um custo no cenário base à sociedade. O  $\Delta$ VSPL dos benefícios de ambas não é tão distinto - a diferença sendo que a alternativa 3 não agrega os benefícios da indução pelo excedente de oferta ao abastecimento humano - mas a alternativa 3 é 28% mais custosa que a 2.

Dentre ambas, a escolha pode ser realizada em prol da alternativa 2, porém condicional à avaliação das externalidades potencialmente negativas sobre os serviços ecossistêmicos hídricos. Caso uma fase posterior e mais detalhada de estudos revele que os custos sociais da regularização de vazão da alternativa 2 são muito altos, pode-se regressar à alternativa 3 como forma custo-benéfica de endereçar o problema da insegurança hídrica.

Essa recomendação pode ser realizada caso a avaliação do tomador de decisão seja negativa em relação à alternativa 1, que traz o módulo de irrigação. Diferentemente dos problemas de insegurança hídrica endereçados pelas alternativas 2 e 3, a implementação de um perímetro irrigado perfaz estratégia de indução ao desenvolvimento.

Enquanto o índice B/C indica preferência pela alternativa 2, nota-se que seu alcance é menor do que a 1, pois não agrega o projeto de irrigação. Em contrapartida, a alternativa 2 conta com uma base de custos e benefícios menos incerta, pois justamente independe do projeto de irrigação.

Embora atendam a objetivos diferentes, enfim, as alternativas 1 e 2 apresentam indicadores finalísticos relativamente similares, denotados por meio de  $\Delta$ VSPL de mesma ordem de grandeza (252 milhões para a primeira e de R\$ 166 milhões para a segunda). A alternativa 1 produz o  $\Delta$ VSPL com base em custos bastante superiores que a 2 (R\$ 651 milhões contra R\$ 217 milhões), embora também produza benefícios superiores (R\$ 903 milhões contra 383, respectivamente).

A alternativa 1 traz um valor anual equivalente de R\$ 23,49 milhões, enquanto a alternativa 2 traz um VAE de R\$ 15,43 milhões.

Uma vez que ambas as alternativas 1 e 2 são socialmente viáveis e apresentam indicadores relativamente próximos, ambos são justificadores de investimento por apresentarem  $\Delta$ VSPL positivo. A partir desta viabilidade social, cabe destacar que a opção entre as alternativas supera o âmbito de resposta dos indicadores de viabilidade da ACB.

Nesse caso, as análises de risco (capítulo 8) e de sensibilidade (capítulo 9) devem trazer mais luz a uma escolha mais robusta de encaminhamento do projeto nas fases posteriores de avaliação. Também outros fatores, sobretudo relacionados aos objetivos e escopos variados entre as alternativas, deverá ser um critério de escolha adicional.



## 7.2 RESUMO DOS RESULTADOS

A tabela abaixo apresenta o resumo dos resultados da ACB Preliminar econômica do projeto Vaza-Barris, incluindo os resultados da análise de risco e da análise distributiva que são objeto dos próximos capítulos. Seu intuito é o de facilitar a comunicação dos resultados obtidos.

Tabela 7-3 - Quadro Resumo dos Resultados do Projeto Vaza-Barris

Alternativa	Indicadores de viabilidade (1º e 3º quartis da análise probabilística)			Resumo dos pontos principais das análises complementares		
	$\Delta$ VSPL (R\$, MM)	TRE (%)	Índice B/C (B/C)	Análise de Sensibilidade	Análise Qualitativa de Risco	Análise Distributiva
1- Barragem/Adutor as para abastecimento e irrigação	<b>252</b> (-51 a +362)	<b>12,9</b> (7,9 a 13,0)	<b>1,39</b> (0,95 a 1,39)	Variáveis-críticas: valor bruto da produção agrícola, CapEx, população urbana em risco e sensibilidade ao clima futuro	Risco alto devido ao módulo de irrigação e à incerteza quanto a externalidades aos serviços ecossistêmicos	Geração de valor econômico positivo para a sociedade, mas com ônus ao promotor do projeto de irrigação e ao governo, que não obstante, poderiam ser compensados
2- Barragem/Adutor as somente para abastecimento	<b>166</b> (+131 a +483)	<b>15,4</b> (11,9 a 19,3)	<b>1,76</b> (1,40 a 2,59)	Variáveis-críticas: DAP necessidades básicas, CapEx, população urbana em risco e sensibilidade ao clima futuro	Menor nível de risco dentre as alternativas, salvo os que afetam a todas	Atendimento a 9 municípios, com geração de indução via rede geral
3- Planta de dessalinização para abastecimento	<b>50</b> (-53 a +302)	<b>10,7</b> (6,8 a 15,8)	<b>1,18</b> (0,87 a 1,76)	Variáveis-críticas: DAP necessidades básicas, CapEx, OpEx, população urbana em risco e sensibilidade ao clima futuro	Risco moderado devido à tecnologia de dessalinizador, mas que pode render OpEx menor	Atendimento a 9 municípios, sem geração de indução via rede geral

A sociedade em geral tem a ganhar com o projeto em suas alternativas 1 e 2, que agregam mais benefícios. A alternativa 2 é a mais robusta, muito embora não contemple o perímetro irrigado. Este, não obstante embuta um risco alto, pode gerar valor social de maior monta. De toda forma, o setor público é o grande financiador do projeto, mas o benefício dos agricultores é grande suficiente para viabilizar a compensação dos custos incorridos pelo promotor público do projeto (alternativa 1). Da mesma forma, o benefício dos usuários residenciais conectados à rede geral, quando somado aos benefícios dos demais usuários devido à indução do desenvolvimento, tem-se a superação dos custos incorridos pelo Governo.



## 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 Geral de ACB.

### 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, incluindo a melhor alternativa estratégica para a região sob o olhar do desenvolvimento regional.

Os parâmetros-chave avaliados são tangentes tanto ao cálculo dos custos (CapEx e OpEx) quanto ao dos benefícios sociais. Cada alternativa traz um parâmetro específico de modelagem para o benefício, como demonstra a tabela abaixo.

#### ■ 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 / Alternativas		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Benefícios	Proxy da DAP de atendimento às necessidades básicas	1,0%	1,6%	5,3%
	Ajuste na CMLP da DAP para atendimento às demais necessidades*	0,0%	0,1%	0,2%
	Valor da aquisição, instalação e reposição de reservação individual	0,1%	0,1%	0,4%
	Valor Bruto da Produção (VBP) agrícola do módulo de irrigação	2,1%	-	-
Parâmetros	População urbana com insegurança hídrica (PNSH)	1,3%	2,0%	6,5%



Variação % do $\Delta$ VSPL a um choque de 1% na variável			
Variáveis / Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sensibilidade ao clima futuro pelas Mudanças do Clima	4,1%	6,2%	21,1%
CMLP de indução de demanda no abastecimento humano	0,2%	0,3%	-
Critério de rateio do custo da barragem para a menor vazão demandada	-	0,3%	-
Custos (CapEx e OpEx)	CapEx do projeto, variável por alternativa (exceto módulo irrigação)	1,2%	3,6%
	OpEx do projeto, variável por alternativa (exceto módulo irrigação)	0,2%	2,0%
	CapEx do módulo de irrigação	0,5%	-
	OpEx do módulo de irrigação	0,8%	-

\* Ajuste realizado para contemplar potencial subestimação de investimentos, conforme item 5.1.2

Um choque de 1% na DAP para o atendimento às necessidades básicas (cuja proxy foi estabelecida pelo custo de atendimento por carro-pipa) faz com que haja uma variação mais do que proporcional no  $\Delta$ VSPL das alternativas 2 e 3. Já quanto à alternativa 1, este prova-se ser uma variável de menor sensibilidade, uma vez que parte significativa dos resultados é oriunda do módulo de irrigação.

Em contrapartida, uma variável de alta sensibilidade para a alternativa 1 é o valor bruto da produção agrícola: uma variação de 1% no valor modelado é suficiente para impor uma variação de 2,1% no  $\Delta$ VSPL, tornando-se assim uma variável crítica.

Conforme descrito no capítulo 5 (item 5.1.3), um parâmetro-chave para a valoração do benefício da maior disponibilidade de água é diferença de permanência atual (T0) e futura (T30), pois tal intervalo reflete as incertezas das mudanças do clima. Para todas as alternativas, a variável se apresenta como crítica, pois implicam no agravamento (ou abrandamento) dos efeitos esperados pelas mudanças do clima e a contrapartida de aumento da resiliência provido pelo projeto (com benefícios majorados ou minorados). A alternativa 1, como também agrega benefícios da agricultura, é menos sensível a esse parâmetro.

A análise de sensibilidade releva ainda que variações no benefício da indução ao desenvolvimento, derivado da água excedente ofertada pelo projeto em suas alternativas 1 e 2, não é significativa para alterar os resultados obtidos. Ou seja, trata-se de um benefício de pouca sensibilidade aos resultados. Por aí se vê que, mesmo zerando o próprio benefício de indução da demanda, que está na categoria de efeitos econômicos induzidos (WEI), os resultados das alternativas se mantêm positivos.

A sensibilidade das alternativas ao CapEx e ao OpEx é direta, mas nota-se que a alternativa 2 é a mais sensível ao custo de investimento inicial e também ao OpEx. Embora o OpEx não seja uma variável crítica para as alternativas 1 e 2, a alternativa 3 é bastante sensível



devido aos custos de operação do dessalinizador. Caso essa alternativa seja a escolhida para estudos mais aprofundados, deve-se atentar para a sensibilidade desse importante parâmetro de análise, bem como cabe a simulação de contratos fixos de negociação de fornecimento de energia elétrica no mercado livre, de modo a tornar o valor mais realista, uma vez que a energia é parte substancial do OpEx.

Por fim, a alternativa 2 apresentou a necessidade de se realizar o rateio dos custos de implantação (CapEx) da barragem, uma vez que esta passa a ser de menor porte caso seja concebida para regularizar a vazão para atendimento exclusivo ao abastecimento humano. Identifica-se que esse critério de rateio é pouco sensível: uma variação de 1% em seu percentual (o que altera a fração de custos que é alocada à barragem para a menor vazão) se traduz em uma alternativa cujo  $\Delta VSPL$  se altera em apenas 0,3%.

#### ■ 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  $\Delta VSPL$  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  $\Delta VSPL$  de cada alternativa seja equivalente a 0 (zero) tomando como base as variáveis que foram identificadas como críticas na análise anterior.

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

Variação necessária (%) nas variáveis para que o $\Delta VSPL$ seja zero (0)				
Variáveis / Alternativas		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Benefícios	Proxy da DAP de atendimento às necessidades básicas	-95,8%	-62,9%	-19,0%
	Valor Bruto da Produção (VBP) agrícola do módulo de irrigação	-48,5%	-	-
Parâmetros Modelagem	População urbana com insegurança hídrica (PNSH)	-77,0%	-50,6%	-15,3%
	Sensibilidade ao clima futuro pelas Mudanças do Clima	não há	não há	4,75%
Custos (CapEx e OpEx)	CapEx do projeto, variável por alternativa (exceto módulo irrigação)	92,0%	83,9%	27,5%
	OpEx do projeto, variável por alternativa (exceto módulo irrigação)	537,8%	528,9%	48,8%
	CapEx do módulo de irrigação	187,8%	-	-
	OpEx do módulo de irrigação	128,7%	-	-
	CapEx do projeto completo (incluindo módulo de irrigação)	99,9%	-	-
	OpEx do projeto completo (incluindo módulo de irrigação)	104,7%	-	-



Os cálculos dos valores de inflexão reforçam as conclusões da sensibilidade das variáveis críticas acima descritas, pois permitem identificar que há uma maior sensibilidade aos custos na alternativa 3: um acréscimo de CapEx ou de OpEx relativamente pequenos (28% e 49%, respectivamente) são suficientes para zerar o  $\Delta VSPL$ . De forma análoga, essa é a única alternativa que apresenta inflexão ao se considerar variações na sensibilidade à mudança do clima: caso o valor modelado suba (ou seja, perca sensibilidade climática) em apenas 4,75%, o  $\Delta VSPL$  zera.

A alternativa 1 é a que mais suporta acréscimos de CapEx, pois só dobrando o valor estimado (incluindo o módulo de irrigação) é que o  $\Delta VSPL$  se tornaria neutro. Importante lembrar que a composição dos custos demandou rateio dos custos da alternativa 1. Tanto a alternativa 2 como a 1 são muito insensíveis ao OpEx, cuja variação precisaria ser implausivelmente maior para inverter os resultados obtidos.

Uma vez que a alternativa 1 é aquela que traz maiores incertezas em relação à estimação dos resultados do módulo irrigação, testaram-se os pontos de inflexão para três de suas variáveis definidoras: o valor bruto da produção que se espera obter, os custos de investimento e de operação exclusivos do módulo de irrigação. Dentre estes, o que apresenta a maior sensibilidade é o valor da produção, pois caso seja de 48,5% menor, o  $\Delta VSPL$  de todo o projeto é zerado.

#### ■ 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 da **alternativa 1** são: (i) o valor bruto da produção agrícola (VBP) em R\$/ha; 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  $\Delta VSPL$

VBP (linha) CapEx (coluna)		Cenário otimista			Default	Cenário pessimista		
		24.035	22.186	20.338	18.489	16.640	14.791	12.942
Cenário otimista	430	536	484	432	380	328	276	224
	491	494	442	390	338	286	234	182
	553	451	399	347	295	243	191	139
Default	614	409	357	305	252	200	148	96
Cenário pessimista	676	366	314	262	210	158	106	54
	737	323	271	219	167	115	63	11
	799	281	229	177	125	73	21	-31

Nota-se pela tabela acima que a imposição de uma combinação de menos 30% no valor bruto da produção agrícola e de um acréscimo de 30% nos custos de implementação resultam na inversão do  $\Delta VSPL$  para o campo negativo. As demais combinações não são suficientes para que haja essa inversão.



As variáveis críticas para a análise de cenário da **alternativa 2** são: (i) a DAP para o abastecimento hídrico das necessidades básicas (R\$/m<sup>3</sup>); e (ii) o CapEx (R\$, milhões).

Tabela 8-4 - Análise de cenários da alternativa 2 para o  $\Delta VSPL$

DAP (linha) CapEx (coluna)		Cenário otimista			Default	Cenário pessimista		
		79,64	73,51	67,39	61,26	55,13	49,01	42,88
Cenário otimista	195	304	278	251	158	199	172	146
	223	284	258	232	205	179	153	126
	251	265	238	212	186	159	133	106
Default	279	245	219	192	166	139	113	87
Cenário pessimista	307	225	199	172	146	120	93	67
	334	205	179	153	126	100	74	47
	362	186	159	133	107	80	54	28

Nota-se pela tabela acima que mesmo a imposição de uma combinação de menos 30% no valor bruto da produção agrícola e de um acréscimo de 30% nos custos de implementação não resultam na inversão do  $\Delta VSPL$  para o campo negativo.

Para a **alternativa 3** é realizada a mesma combinação que para a alternativa 2, qual seja: (i) a DAP para o abastecimento hídrico das necessidades básicas (R\$/m<sup>3</sup>); e (ii) o CapEx (R\$, milhões).

Tabela 8-5 - Análise de cenários da alternativa 3 para o  $\Delta VSPL$

DAP (linha) CapEx (coluna)		Cenário otimista			Default	Cenário pessimista		
		79,64	73,51	67,39	61,26	55,13	49,01	42,88
Cenário otimista	179	184	157	131	105	78	52	26
	205	166	139	113	86	60	34	7
	230	147	121	95	68	42	16	-11
Default	256	129	103	76	50	24	-3	-29
Cenário pessimista	281	111	85	58	32	6	-21	-47
	307	93	66	40	14	-13	-39	-65
	333	75	48	22	-4	-31	-57	-83

Nota-se pela tabela acima que a alternativa 3 é a mais sensível em relação às variações combinadas entre o principal balizador do benefício (DAP para atendimento às necessidades básicas) e a imposição de custos incrementais ao CapEx.

## 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 probabilidade<sup>34</sup> e severidade<sup>35</sup> 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 Geral de ACB.

#### ■ Mudança do clima e segurança hídrica

- Alternativas impactadas: todas as alternativas, com mais ênfase na 1 e 2 por fazerem maiores usos consuntivos.
- Avaliação: o efeito das mudanças do clima pode se apresentar ainda mais severo do que a estimativa realizada (item 5.1.3) caso haja eventual redução de disponibilidade hídrica do manancial do projeto. Essa análise, que extrapola a presente ACB, demanda estudar a hidrologia de toda a bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, haja vista o projeto se localizar em sua parte baixa, mais próximo à foz, e estar sujeito aos efeitos de toda a área de drenagem a montante.
- Consequência: os resultados hidrológicos poderão vir a indicar que a barragem do projeto deva ser majorada em sua capacidade para conceder a segurança hídrica que dela se espera.
- Reflexo nos indicadores da ACB: custos de investimento (CapEx) mais altos ou benefícios de longo prazo menores.
- Conexão com análise de sensibilidade: efeito das mudanças do clima e CapEx.
- Classificação quanto à probabilidade: provável (D).
- Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (III).
- Nível resultante de risco: D x III = alto.

#### ■ Externalidades negativas aos serviços ecossistêmicos hídricos

- Alternativas impactadas: todas as alternativas, com mais ênfase na 1, por exigir maior regularização de vazão e fazer maior uso consuntivo.
- Avaliação: esse risco é condicional à avaliação das externalidades aos serviços ecossistêmicos hídricos prestados pelo rio Vaza-Barris, principalmente quando compõe região estuarina com cerca de 6 mil hectares de manguezais. Como detalhado no item 6.1.2, o risco pode afetar atividades de turismo, de pesca artesanal e de aquicultura.
- Consequência: caso a externalidade seja alta, os custos sociais do projeto serão afetados, podendo inviabilizá-lo.

<sup>34</sup> 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%).

<sup>35</sup> 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).



- 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: crítico (IV).
- Nível resultante de risco: B x IV = moderado.
- **Risco da tecnologia de retenção dos sólidos pela barragem secundária**
  - Alternativas impactadas: alternativas 1 e 2.
  - Avaliação: a implantação da barragem secundária advém da necessidade de se acumularem e reduzirem os altos teores de sólidos das águas do rio Vaza-Barris, principalmente de cloretos. Há, no entanto, o risco de que a barragem secundária não consiga, pela opção tecnológica adotada, realizar a redução da concentração para os níveis qualitativos adequados.
  - Consequência: caso haja falha na retenção de sólidos, tratamentos secundários poderão se fazer necessários para se chegar na qualidade desejada.
  - Reflexo nos indicadores da ACB: adição de novos e imprevistos custos de instalação e de operação.
  - Conexão com análise de sensibilidade: CapEx e OpEx.
  - Classificação quanto à probabilidade: pouco provável (B).
  - Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (III).
  - Nível resultante de risco: B x III = moderado.
- **Risco de insucesso do perímetro de irrigação**
  - Alternativas impactadas: alternativa 1, única que conta com o módulo de irrigação.
  - Avaliação: diversos projetos similares na região semiárida não alcançaram o potencial que lhes foi projetado devido à vários fatores que vão: de erros no dimensionamento do projeto, passando pela falta de apoio político adequado, chegando até à questão da titulação dos lotes do perímetro, conforme box no item 5.2.2. Parte significativa desses riscos poderia ser dirimida pelo órgão responsável pela administração do projetado perímetro; este papel, no entanto, não é explicitado (são apresentados tão somente a área a ser irrigada e a vazão demandada).
  - Consequência: Esse risco envolve elementos institucionais não capturáveis pelos indicadores de resultado da ACB, sobretudo com ausência de maiores detalhamentos do projeto. Sua consequência pode ser a inviabilização do projeto, com custos sociais superiores aos benefícios.
  - Reflexo nos indicadores da ACB: Os efeitos desse risco se materializam tanto nos custos do investimento e de manutenção do módulo de irrigação, quanto na geração de benefícios esperados.



- Conexão com análise de sensibilidade: CapEx, OpEx e VBP do módulo de irrigação.
- Classificação quanto à probabilidade: provável (D).
- Classificação quanto à severidade do impacto: crítico (IV).
- Nível resultante de risco: D x IV = inaceitável.
- **Risco da tecnologia de dessalinização**
  - Alternativas impactadas: alternativa 3, dessalinizador.
  - Avaliação: muito embora a prática de dessalinização de água para consumo humano já seja disseminada para altas vazões (experiência internacional) e também para baixas vazões (experiência nacional no Nordeste), a aplicação da tecnologia para água fluvial com alto teor de sólidos e de alta vazão pode ser considerada nova.
  - Consequência: o risco tecnológico pode alterar as estimativas de custos de operação, mas deve ser dirimido quando das avaliações mais detalhadas do projeto, caso essa alternativa seja escolhida para tal.
  - Reflexo nos indicadores da ACB: pode tanto se rebater em custos de operação mais altos, como eventualmente em reduções de custos.
  - Conexão com análise de sensibilidade: OpEx.
  - Classificação quanto à probabilidade: pouco provável (B).
  - Classificação quanto à severidade do impacto: moderado (II).
  - Nível resultante de risco: B x II = baixo.
- **Riscos inerentes à fase de implantação do projeto**
  - Alternativas impactadas: todas as alternativas, com ênfase nas alternativas 1 e 2 por terem barramento.
  - 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 x II = moderado.
- **Riscos locais não mapeados**
  - Alternativas impactadas: todas as alternativas, com ênfase nas alternativas 1 e 2 por terem barramento.



- **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 8-6 apresenta o resumo da análise qualitativa de riscos.

Tabela 8-6 – Resumo da análise qualitativa de riscos

Risco Mapeado	Nível de risco	Consequência	Medida Mitigadora
<b>Mudança do clima e segurança hídrica</b>	Alto	Os resultados hidrológicos poderão vir a indicar que a barragem do projeto deva ser majorada em sua capacidade para conceder a segurança hídrica que dela se espera	Estudar a hidrologia de toda a bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, haja vista o projeto se localizar em sua parte baixa, mais próximo à foz, e estar sujeito aos efeitos de toda a área de drenagem a montante
<b>Externalidades negativas aos serviços ecossistêmicos hídricos</b>	Moderado	Caso a externalidade seja alta, os custos sociais do projeto serão afetados, podendo inviabilizá-lo	Avaliação das externalidades aos serviços ecossistêmicos hídricos prestados pelo rio Vaza-Barris, principalmente quando compõe região estuarina com cerca de 6 mil hectares de manguezais.
<b>Risco da tecnologia de retenção dos sólidos pela barragem secundária</b>	Moderado	Caso haja falha na retenção de sólidos, tratamentos secundários poderão se fazer necessários para se chegar na qualidade desejada	Confirmação da capacidade de retenção de sólidos com estudos de engenharia e modelagens adicionais de projeto
<b>Risco de insucesso do perímetro de irrigação</b>	Inaceitável	Esse risco envolve elementos institucionais não capturáveis pelos indicadores de resultado da ACB, sobretudo com ausência de maiores detalhamentos do projeto. Sua consequência pode ser a inviabilização do projeto, com custos sociais superiores aos benefícios	Parte significativa desses riscos poderia ser dirimida pelo órgão responsável pela administração do projetado perímetro; este papel, no entanto, não é explicitado (são apresentados tão somente a área a ser irrigada e a vazão demandada)
<b>Risco da tecnologia de dessalinização</b>	Baixo	O risco tecnológico pode alterar as estimativas de custos de operação, mas deve ser dirimido quando das avaliações mais detalhadas do projeto, caso essa alternativa seja escolhida para tal	Avaliar a aplicação da tecnologia para água fluvial com alto teor de sólidos e de alta vazão, que pode ser considerada nova no País



Risco Mapeado	Nível de risco	Consequência	Medida Mitigadora
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 cada uma de suas três alternativas, realizada com base na simulação de Monte Carlo. Esse método permite realizar uma leitura estatística de resultados da ACB obtidos por meio de 9.999 simulações que impõe à modelagem variações aleatórias em suas variáveis-chave.

Cada uma das quase dez mil alternativas traz uma composição única, produzindo um range diverso de resultados que, dada sua aleatoriedade, permite inferir conclusões sobre a robustez dos resultados obtidos pela análise *default*, conforme apresentada no capítulo 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.

Cada alternativa do projeto Vaza-Barris traz uma composição ligeiramente diferente dos parâmetros submetidos à variação aleatória, fruto da natureza das diferentes configurações que ensejam. Em comum estão: (i) a não alteração na taxa social de desconto, pois é definida pelo Ministério da Economia; (ii) variação em faixas mais positivas para os custos, pois essa é a realidade dos orçamentos nacionais em infraestrutura<sup>36</sup>; (iii) variação entre faixas mais amplas, tanto negativas quanto positivas, para os benefícios, dada a incerteza que se tem sobre seus verdadeiros parâmetros.

#### ■ Alternativa 1

Os seguintes parâmetros foram variados de forma aleatória:

<sup>36</sup> BID. De estruturas a serviços: O caminho para uma melhor infraestrutura na América Latina e no Caribe. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2020.



- CapEx e OpEx do projeto Vaza-Barris e do módulo irrigação no intervalo entre -10% e +100% dos custos estimados, assumindo-se que os orçamentos podem ter sido realizados de forma demasiadamente otimista;
- Benefício do abastecimento humano e benefício potencial da indução no intervalo de -50% a +120%, dada as incertezas que se tem sobre a DAP;
- Benefício da irrigação com base na média e desvio padrão dos resultados do valor bruto da produção por hectare dos perímetros irrigados no Sergipe administrados pela Cohidro<sup>37</sup>; e
- Efeito das mudanças do clima no intervalo entre 0% de modificação do clima futuro em relação ao presente e uma piora equivalente a 30% no risco hídrico.

Uma vez que as rodadas de simulação são aleatórias na alocação das variações, os resultados obtidos podem ser lidos estatisticamente para ponderar sua robustez. A tabela abaixo apresenta os resultados para os indicadores da ACB para a alternativa 1.

Tabela 8-7 - Análise de robustez da alternativa 1 (análise de Monte Carlo)

Resultados agregados de 9.999 simulações	$\Delta$ VSPL (Valor Social Presente Líquido Comparativo)	VAE (Valor Anual Equivalente)	TRE (Taxa de Retorno Econômico)	B/C (Índice Benefício/Custo)
Indicadores finais da ACB sem variação (baseline)	R\$ 252,49	23,49	12,92%	1,39
Média	163,23	15,19	10,52%	1,20
Desvio Padrão	296,37	27,58	3,70%	0,33
Mínimo	-668,38	-62,19	-1,13%	0,54
1º Quartil	-50,73	-4,72	7,85%	0,95
Mediana	145,11	13,50	10,35%	1,15
3º Quartil	361,53	33,64	13,00%	1,39
Máximo	1.212,28	112,80	23,79%	2,75

Os resultados da simulação de Monte Carlo para a alternativa 1 revelam que há uma chance de 31% do  $\Delta$ VSPL ser menor do que zero, ou seja, de o projeto não cumprir com seu objetivo de agregar valor social. Em contrapartida, as quase dez mil simulações revelam que há 69% de o  $\Delta$ VSPL ser positivo, sendo que em 37% dos resultados, excedem-se os resultados *default*. Entre estes dois extremos, lê-se uma probabilidade de 32% de o resultado ficar no quadrante positivo até o  $\Delta$ VSPL *default*.

Os resultados mostram que não há equivalência de magnitudes entre o  $\Delta$ VSPL do 1º quartil (25%) e do 3º quartil (75%), pois a faixa vai de -R\$ 50,7 milhões a +R\$ 361,5 milhões

<sup>37</sup> Perímetros irrigados Califórnia, Jabiberi, Jacarecica I, Jacarecica II, Piauí e Poção da Ribeira.

positivos (esse intervalo pode ser compreendido como “pessimista” e “otimista”, pois concentra 50% dos resultados possíveis). Na média, o  $\Delta VSPL$  das simulações fica em R\$ 163,2 milhões positivos, abaixo do resultado *default*, mas mesmo assim gerador de valor social líquido considerável.

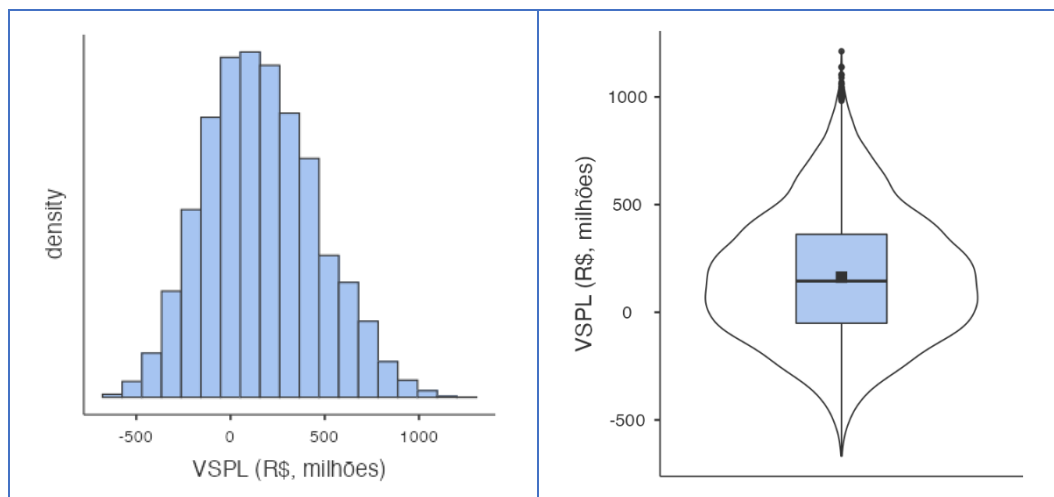


Figura 8.1 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 1 ( $\Delta VSPL$ , milhões)

Os gráficos acima permitem identificar a função de densidade de probabilidade do  $\Delta VSPL$  (à esquerda) e o gráfico “violino” (à direita), que apresenta as curvas de densidade dos pontos no entorno do *boxplot*. O *boxplot* permite observar que há uma concentração de pontos discrepantes (*outliers*) para cima (resultados mais positivos), assim como permite observar que o resultado médio é ligeiramente superior que a mediana.

A representação da função de densidade das probabilidades permite visualizar a difícil avaliação da alternativa 1, que por fatores diversos pode vir a destruir valor social ao invés de incrementar, não podendo ser classificada como robusta.

O risco da alternativa é de moderado a alto, o que reforça as conclusões do Banco Mundial (2004) de que a implementação de um perímetro irrigado no semiárido com 4,5 mil hectares não é tarefa trivial, muito embora seu sucesso possa se traduzir em grandes ganhos sociais. A escolha pela continuidade da avaliação desta alternativa no ciclo de análise do projeto demanda esmiuçar os riscos envolvidos, notadamente os de cunho institucional, e propor a adoção de medidas preventivas e mitigadoras. Os benefícios são potencialmente grandes, mas os riscos dessa alternativa não podem ser negligenciados.

## ■ Alternativa 2

Os seguintes parâmetros foram variados de forma aleatória para a simulação de Monte Carlo da alternativa 2:

- CapEx e OpEx do projeto Vaza-Barris no intervalo entre -10% e +100% dos custos estimados, assumindo-se que os orçamentos podem ter sido realizados de forma demasiadamente otimista;



- Benefício do abastecimento humano e benefício potencial da indução no intervalo de -50% a +120%, dada as incertezas que se tem sobre a DAP; e
- Efeito das mudanças do clima no intervalo entre 0% de modificação do clima futuro em relação ao presente e uma piora equivalente a 30% no risco hídrico.

Os resultados revelam que há uma chance relativamente pequena, de 8%, do resultado do  $\Delta VSPL$  ser inferior a zero. Em contrapartida, as quase dez mil simulações revelam que há 69% de o resultado exceder o  $\Delta VSPL$  *default*. Entre estes dois extremos, lê-se uma probabilidade de 23% de o resultado ficar no quadrante positivo até o limite do  $\Delta VSPL$  do *baseline*. De fato, tanto os resultados médios quanto os medianos apontam para a superação dos resultados *default*.

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

Tabela 8-8 - Análise de robustez da alternativa 2 (análise de Monte Carlo)

Resultados agregados de 9.999 simulações	$\Delta VSPL$ (Valor Social Presente Líquido Comparativo)	VAE (Valor Anual Equivalente)	TRE (Taxa de Retorno Econômico)	B/C (Índice Benefício/Custo)
Indicadores finais da ACB sem variação ( <i>baseline</i> )	R\$ 165,82	R\$ 15,43	14,63%	1,76
Média	319,04	29,69	15,76%	2,08
Desvio Padrão	247,11	22,99	5,22%	0,90
Mínimo	-220,52	-20,52	2,18%	0,47
1º Quartil	130,89	12,18	11,91%	1,40
Mediana	282,14	26,25	15,47%	1,91
3º Quartil	483,24	44,97	19,25%	2,59
Máximo	1.117,51	103,99	32,90%	5,98

A simulação de Monte Carlo mostra que há 50% de chances de o  $\Delta VSPL$  se situar entre os resultados positivos de R\$ 130,9 milhões e R\$ 282,1 milhões positivos (1º e 3º quartil, respectivamente). Na média, o  $\Delta VSPL$  das simulações fica em R\$ 319 milhões positivos, resultado muito superior que o *default*. A mediana também supera o resultado *default*, ficando em R\$ 282,1 milhões.

Os gráficos abaixo permitem identificar a função de densidade de probabilidade do  $\Delta VSPL$  (à esquerda) e o gráfico “violino” (à direita). A representação da função de densidade das probabilidades permite visualizar o baixo risco da alternativa 2, que pode ser classificada como robusta.



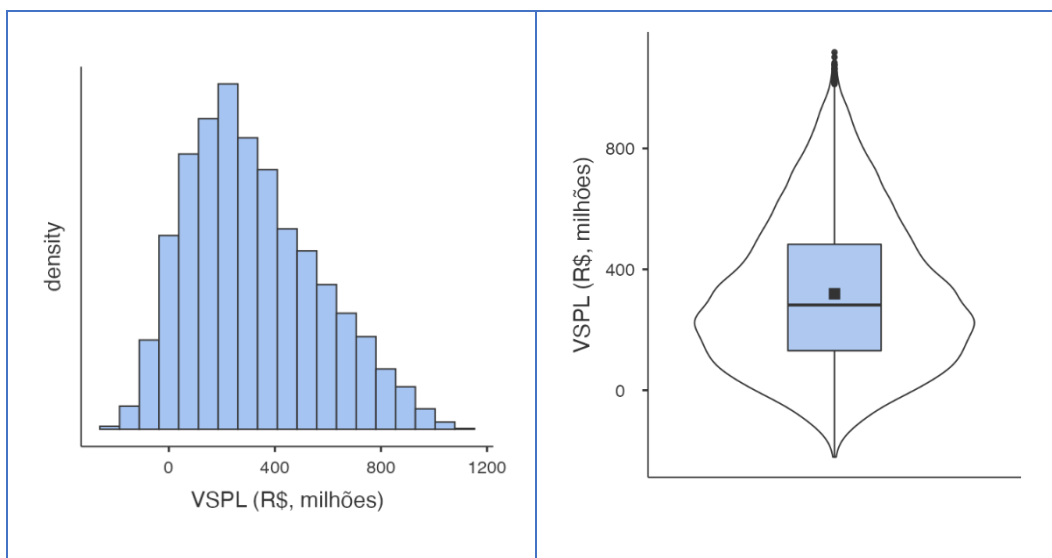


Figura 8.2 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 2 ( $\Delta$ VSPL, milhões)

### ■ Alternativa 3

Para a simulação de Monte Carlo da alternativa 3, os seguintes parâmetros foram variados de forma aleatória:

- CapEx e OpEx do projeto Vaza-Barris no intervalo entre -10% e +100% dos custos estimados, assumindo-se que os orçamentos podem ter sido realizados de forma demasiadamente otimista;
- Benefício do abastecimento humano no intervalo de -50% a +120%, dada as incertezas que se tem sobre a DAP; e
- Efeito das mudanças do clima no intervalo entre 0% de modificação do clima futuro em relação ao presente e uma piora equivalente a 30% no risco hídrico.

Os resultados revelam que há uma chance de 34% de o  $\Delta$ VSPL ser menor do que zero (o que representaria prejuízo social em 1/3 parte das possibilidades de desdobramento do projeto). Existem, ainda, 9% de chances de o  $\Delta$ VSPL ser positivo e limitado ao resultado *default* de R\$ 50,1 milhões. Em contrapartida, as quase dez mil simulações revelam que há 57% de chance de o resultado exceder o  $\Delta$ VSPL.

Pela simulação de Monte Carlo, nota-se que o intervalo interquartil do  $\Delta$ VSPL vai de -R\$ 53,2 milhões até +R\$ 302,3 milhões, ou seja, apresentando um leque bastante amplo de variações, mais positivo do que negativo.

Tanto o  $\Delta$ VSPL médio como o resultado da mediana são positivos e bastante superiores que o resultado *default*. Compreende-se que há uma chance não desprezível de se ter resultados negativos, entretanto. Ao ocorrerem, os resultados negativos não são da mesma magnitude que os positivos. Já o oposto não é verdadeiro: as variações positivas tendem a ser mais amplas, podendo-se produzir resultados muito superiores ao *baseline*.

A tabela abaixo apresenta os resultados para os indicadores da ACB para a alternativa 3.

Tabela 8-9 - Análise de robustez da alternativa 3 (análise de Monte Carlo)

Resultados agregados de 9.999 simulações	$\Delta$ VSPL (Valor Social Presente Líquido Comparativo)	VAE (Valor Anual Equivalente)	TRE (Taxa de Retorno Econômico)	B/C (Índice Benefício/Custo)
Indicadores finais da ACB sem variação (baseline)	R\$ 50,12	R\$ 4,66	10,69%	1,18
Média	135,57	12,61	11,18%	1,37
Desvio Padrão	250,55	23,31	6,57%	0,66
Mínimo	-393,64	-36,63	-12,34%	0,26
1º Quartil	-53,22	-4,95	6,83%	0,87
Mediana	97,53	9,08	11,19%	1,24
3º Quartil	302,30	28,13	15,78%	1,76
Máximo	968,67	90,14	30,64%	4,51

A representação da função de densidade das probabilidades, na figura abaixo, permite visualizar essa avaliação da alternativa 3. Caso haja escolha por sua continuidade no ciclo de análise do projeto demanda esmiuçar os riscos envolvidos e propor a adoção de medidas preventivas e mitigadoras, que podem, assim, produzir uma alternativa viável e robusta sob o ponto de vista social.

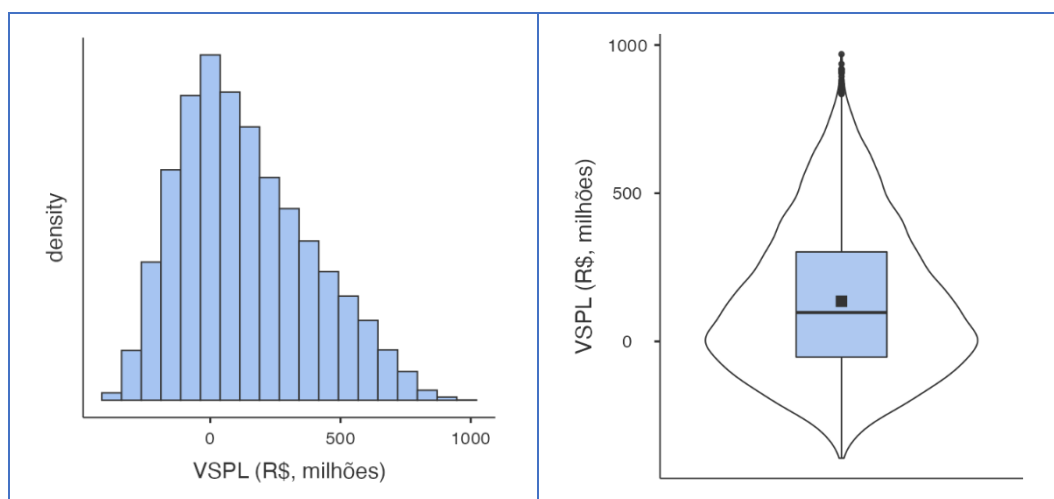


Figura 8.3 - Resultados da simulação de Monte Carlo da alternativa 3 ( $\Delta$ VSPL, milhões)



## 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 no rio Vaza-Barris prevê o aporte de infraestrutura hídrica para abastecimento de setores usuários e afeta (de forma direta ou indireta) uma vasta gama de *stakeholders*, sejam eles populações humanas, empresários que realizam atividades produtivas locais, e sobretudo usuários consuntivos dos recursos hídricos.

Espera-se que ao final da presente análise de incidência de benefícios e beneficiários, o gestor possa ponderar aspectos distributivos relevantes para a tomada de decisão. Torna-se assim possível, mesmo que de maneira qualitativa, inferir algum grau de distribuição dos benefícios do projeto. Valores positivos significam beneficiados e negativos, possíveis prejudicados ou arcadores de custos.

Tabela 9-1 - Avaliação qualitativa de distribuição dos benefícios

Ator	Distribuição dos benefícios	
Órgão implementador/financiador	---	Arca com os custos
Desapropriados	-- ou +	A depender das compensações/indenizações
Prefeituras municipais	++++	Redução de prejuízos   Desenvolvimento local
Cidadãos dos municípios	+++	Garantia hídrica e não interrupção de serviços
Setor de serviços dos municípios	++	Não interrupção dos negócios
Famílias do perímetro irrigado	+++	Geração de emprego e renda
Setor agropecuário (e cadeias produtivas)	+	Geração de emprego e renda

Seguindo orientação do Guia Geral de 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 9-2), que é realizada para a alternativa 1 de projeto, pois é a que mais *stakeholders* envolve devido ao módulo de irrigação.

Tabela 9-2 - Distribuição dos custos e benefícios por stakeholders (R\$ milhões,  $\Delta VSPL$ )

Stakeholders* (R\$ milhões, $\Delta VSPL$ )	Pequenos produtores rurais	Usuários residenciais (rede)	Demais usuários (rede e outros)	Impactados pelo Projeto	Empreiteiro	Promotor Público de Perímetro de Irrigação	Empreendedor e Operador	Governo	Fator de conversão	Sociedade Geral (B/C líquido)
<b>BENEFÍCIOS</b>										
Segurança hídrica		328							1,00	<b>328</b>
Produção agrícola	520								1,00	<b>520</b>
Externalidade (indução)			55						1,00	<b>55</b>
Externalidade (potencial)			**						1,00	-
<b>CUSTOS</b>										
<b>CapEx Barragem e Adutora</b>										
MDO qual.					3		-38		0,76	<b>-29</b>
MDO ñ qual.					5		-54		0,61	<b>-33</b>
B&S com.					20		-216		0,92	<b>-198</b>
B&S ñ com.					3		-34		0,94	<b>-32</b>
Mitiga Imp. Ambiental				2			-2		0,84	<b>0</b>
<b>OpEx Barragem e Adutora</b>										
MDO qual.							-5		0,76	<b>-5</b>
MDO ñ qual.							-9		0,61	<b>-5</b>
B&S com.							-27		0,92	<b>-27</b>
B&S ñ com.							-11		0,94	<b>-10</b>
Mitiga Imp. Ambiental				5		-2	-3		0,84	<b>0</b>
<b>Módulo Irrigação</b>										
CapEx	-24					-134			0,85	<b>-134</b>
OpEx	-183					-47			0,85	<b>-196</b>
<b>Tributos e Obrigações</b>										
Tributos e Obrigações							-48	48	1,00	<b>0</b>
<b>FLUXO LÍQUIDO DE RECURSOS</b>										
FLUXO LÍQUIDO	<b>313</b>	<b>328</b>	<b>55</b>	<b>7</b>	<b>31</b>	<b>-183</b>	<b>-478</b>	<b>48</b>	-	<b>234</b>

Nota-se que o projeto Vaza-Barris não envolve a cobrança direta de tarifas, e tampouco se tem detalhes de sua implementação para saber se envolverá uma parceria público-privada ou outro arranjo que demandará transferências de benefícios e custos entre atores caso haja operador privado. Mesmo assim, é possível identificar o fluxo de benefícios e de custos entre diversos *stakeholders* envolvidos.



A sociedade em geral tem a ganhar com o projeto, muito embora ele seja, na configuração atual, totalmente financiado pelo Promotor Público do Perímetro de Irrigação e pelo Governo. Nota-se que o valor em benefício dos pequenos agricultores é grande suficiente para viabilizar a compensação dos custos incorridos pelo promotor público do projeto. Da mesma forma, o benefício dos usuários residenciais conectados à rede geral, quando somado aos benefícios dos demais usuários devido à indução do desenvolvimento, tem-se a superação dos custos incorridos pelo Governo (R\$ 383 milhões em  $\Delta$ VSPL contra R\$ 376 milhões).

## 9.2 EFEITOS DISTRIBUTIVOS

Este último item da análise traz, seguindo o Manual ACB Infra Hídrica e o Guia Geral de ACB, a necessidade de se ponderar a necessidade de tratamento diferenciado para o atendimento de necessidades básicas (serviços como o saneamento básico, educação, saúde, nutrição e moradia), sob a lógica de que a sociedade estaria disposta a pagar um prêmio pela redução do *gap* social.

No caso do projeto Vaza-Barris, tem-se três situações diferentes de geração de benefícios, cada qual é analisada abaixo em relação à necessidade de se adotar o tratamento diferenciado.

- Benefício de abastecimento de água: trata-se do problema fundamental do projeto e, portanto, é atendido por suas três alternativas, a população é beneficiada por meio da rede geral de abastecimento de água. A tradução do suprimento hídrico com regularidade e confiança não se dá para um determinado bairro mais ou menos privilegiado, mas sim para todos os habitantes conectados à rede. Como observado no item 5.1, uma vez que o acesso à água na área urbana pode ser considerada universalizada nos nove municípios beneficiados, não se torna adequado contabilizar diferenciações entre atores beneficiados por esse aspecto do projeto.
- Benefício de indução ao desenvolvimento via aumento da oferta hídrica: a situação é similar à anterior, onde o usufruto da maior disponibilidade se dá via rede de abastecimento geral. A garantia de suprimentos futuros poderá ser utilizada por usuários de perfil industrial, comercial e do setor público, que também se configura em importante componente da demanda hídrica. Uma vez que o benefício é difuso dentre os usuários da rede de abastecimento, não se torna adequado contabilizar diferenciações entre atores beneficiados por esse aspecto do projeto.
- Benefício de aumento na produção por irrigação: esse terceiro benefício do projeto Vaza-Barris não visa e/ou envolve o atendimento às necessidades básicas, mas sim almeja o desenvolvimento de atividade econômica via o aproveitamento de um recurso atualmente ocioso via estrutura de irrigação.

Conclui-se que o projeto, apesar de promover uma melhora no atendimento a uma necessidade básica (oferta hídrica com mais segurança hídrica e resiliência climática), o faz via rede geral de abastecimento público que não distingue entre usuários a ela conectados: inclui todos os clientes das companhias de saneamento das sedes urbanas beneficiadas. Estão, aí, uma miríade de atividades econômicas públicas (postos de saúde,



escolas, corpo de bombeiros, limpeza do caminhão coletor de resíduos etc.), privadas (construção, dentistas, mercados, pet-shops etc.) até indústrias das mais diversas que se abastecem da rede ao invés de captação própria.

A tabela abaixo apresenta a fração estimada da população beneficiada pela rede geral de abastecimento que detém rendimento nominal médio inferior a 1 salário-mínimo, permitindo estimar assim a população de mais baixa renda que é beneficiada pelo projeto.

*Tabela 9-3 - População diretamente beneficiada pelo projeto*

Estimativas para 2020	População Total	População Urbana beneficiada com abastecimento de água via rede geral	População Urbana Beneficiada com renda menor que 1 salário-mínimo	Fração da População Urbana Beneficiada com rendimento abaixo de 1 salário-mínimo
Areia Branca	18.686	9.576	1.884	19,7%
Campo do Brito	18.218	9.850	2.293	23,3%
Itabaiana	96.142	78.905	26.331	33,4%
Lagarto	105.221	57.087	13.341	23,4%
Macambira	6.961	3.853	1.030	26,7%
Poço Verde	23.867	14.232	3.996	28,1%
Riachão do Dantas	19.809	5.890	689	11,7%
São Domingos	11.207	6.483	1.647	25,4%
Simão Dias	40.606	24.394	5.806	23,8%
<b>TOTAL</b>	<b>340.717</b>	<b>210.270</b>	<b>57.016</b>	<b>27,1%</b>

Não há, no projeto, transferências de valores sociais de uma classe mais privilegiada para uma menos privilegiada, resultando desnecessária a inclusão de compensações entre parcelas da sociedade.

No total, o projeto (em todas as suas alternativas) beneficia diretamente uma população de 142 mil habitantes em nove municípios do estado do Sergipe. Uma vez que o estado conta com uma população urbana pouco superior a 1,5 milhão, o projeto atenderia a uma fração de 9,3% desta. No ano 30, a população beneficiada deve chegar em 182 mil pessoas. Embora todos os municípios beneficiados tenham frações significativas de suas populações urbanas em situação de insegurança hídrica, o município de Itabaiana é o maior beneficiado.



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 Oferta de Água - Projeto Vaza-Barris**  
Vaza-barris



## **10. ANEXO 1 – ANEXO DIGITAL – PLANILHA COMPUTACIONAL – ACB**