

Sewage treatment and reuse in agriculture

Vitória da Conquista, Bahia - Brazil

1. Objective

The main objective of this innovation pilot is to implement a wastewater treatment and reuse system for the municipality of Vitória da Conquista, with two identified users of the treated effluent: the Fazenda Miraflores (rural property) and the Settlement Project (PA) of Amaralina (INCRA). This Pilot Project under EMBASA will serve as an example for other ventures and collaborations to address existing needs for reuse throughout the State of Bahia.

2. The water supply system

EMBASA, the State of Bahia's water and sanitation utility company, provides water services to 367 municipalities (88% of total) and sewerage services to 106 municipalities (25% of total), with a total of 3.3 million billed connections. Most of the State of Bahia is located in the water-scarce semiarid region of Brazil. With the increase in population in urban regions and the impacts of climate change, there is an urgent need to address growing water demands, in addition to improving sewage services. According to the wastewater reuse study being conducted by EMBASA, the state of Bahia has a high potential for reusing treated effluents due to several factors including: reduced availability and water stress, diminishing water quality of existing sources, high industrial and agricultural water demand, and growing interest in establishing the necessary water quality regulation for reuse in industrial, agricultural and forestry activities. EMBASA has identified the municipality of Vitória da Conquista as the ideal location for the implementation of a reuse pilot, from which one will be able to draw lessons and scale-up to the rest of the State.

The existing sewage treatment plant at Vitória da Conquista operates with an average flow of 613 L/s and the treated effluent is discharged into the Verruga River. At first, half of the effluent flow (307 L/s) could be treated for reuse with two potential agricultural users: (i) Fazenda Miraflores (rural property) and (ii) the Settlement Project (PA) of Amaralina (INCRA). The use of this effluent, for now restricted agricultural reuse, stands out as a great opportunity for reducing pressures in the systems and for improving the livelihood of the local residents.

3. The Challenge

The implementation of the solution in the municipality of Vitória da Conquista could include the following activities, among others: identify needs for improvements in the existing treatment methods, taking into account technical, operational and economic conditions; adjustment of the monitoring parameters of water quality of the treated effluent; operational adjustments throughout the treatment process, including the last disinfection stage; create storage capacity that may include a reservoir; and

solutions to distribute treated effluent, including pumping stations and a water distribution network to serve Fazenda Miraflores and Amaralina.

4. Pilot Project General Structure

EMBASA is looking to develop a pilot demonstration project for improving the treatment process at the Vitória da Conquista facility, aiming at the reuse of part of its effluent in agricultural activities. The activities should include, among others:

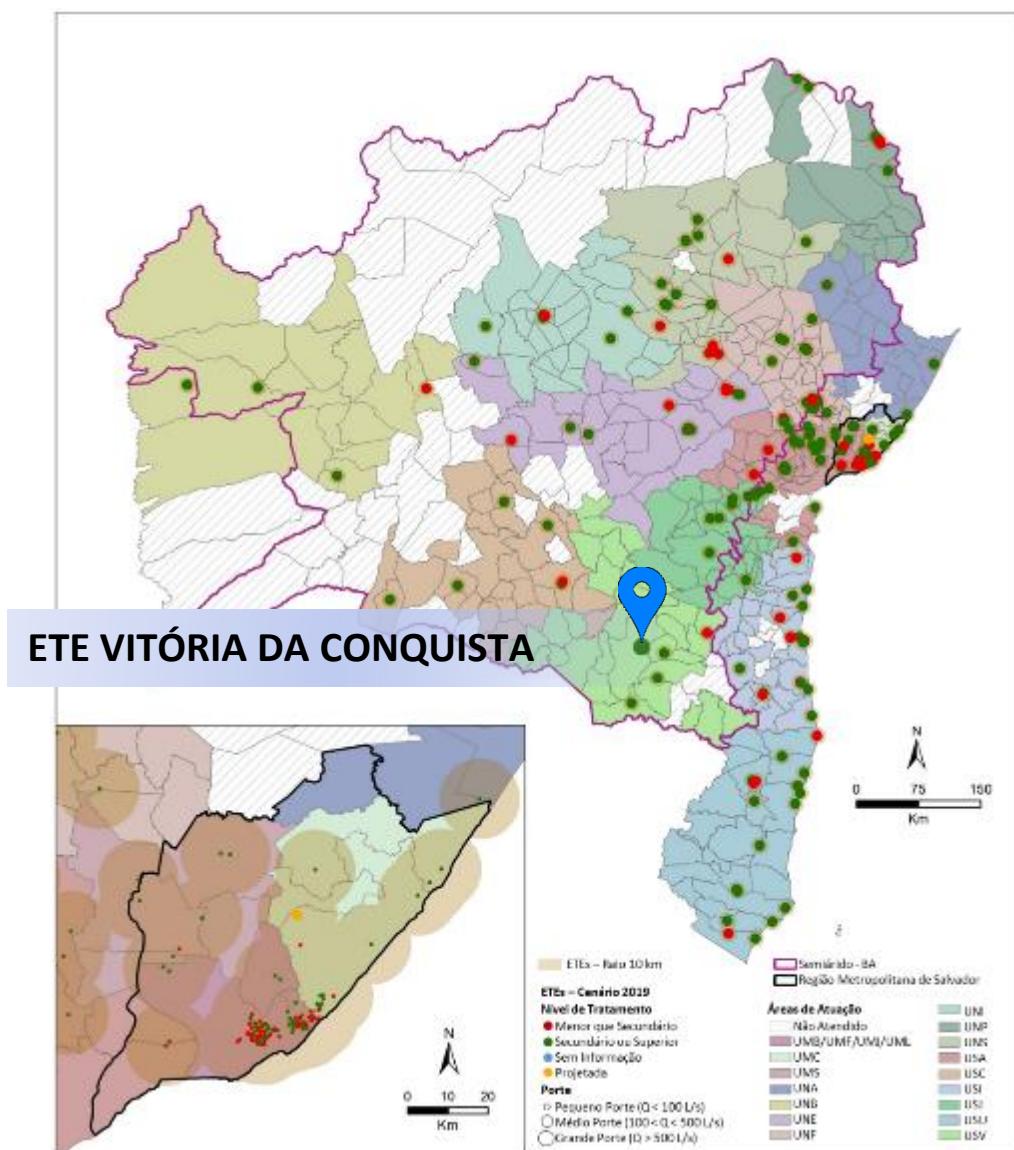
- Review of existing study carried out by EMBASA for the reuse of treated effluent at the Vitória da Conquista facility.
- Analysis of existing treatment process, and proposed changes and adjustments for reuse of treated effluents, including technical, economic and environmental justification.
- Implementation of innovative treatment and reuse pilot, with demonstration of results.
- On-site testing of treatment improvements and water quality results for reuse.
- Development of technical specifications and expansion of testing activity for demonstrable results.
- Training and dissemination of results at EMBASA and Vitória da Conquista

5. Relevant Company/program information.

Study for reuse of wastewater effluents, by EMBASA and Municipality of Vitória da Conquista

<http://comunidad.socialab.com///uploads/16014180365f73b33465b0b.pdf>

REÚSO NA ETE VITÓRIA DA CONQUISTA-BA



Proposta selecionada na Convocatória Ideias em Ação 2020 – Categoria Desafios

Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

Título: Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA

Enquadramento: Área tecnológica de inovação e/ou gestão (iii) tratamento de águas residuais e reúso

Dezembro/2020

Ficha Técnica do Estudo de Avaliação das Potencialidades de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Estado da Bahia

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA

Rui Costa

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA E SANEAMENTO

Leonardo Góes Silva

GOVERNO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Diretor da Agência Brasileira de Cooperação – ABC/MRE

Embaixador Ruy Carlos Pereira

ORGANISMO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA INTERNACIONAL

Representante do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura no Brasil – IICA

Christian Fischer

Coordenação do PCT BRA/IICA/16/003 – IICA

Cristina Costa Bernardi

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO - EMBASA

Presidência – DP

Rogério Costa Cedraz

Diretoria Técnica e de Planejamento – DT

Diretoria Nacional do PCT BRA/IICA/16/003 – IICA

César Silva Ramos

Assessoria da Diretoria Técnica e de Planejamento – A-DT

Coordenação do PCT BRA/IICA/16/003 – EMBASA

Viviane Ramos Gomes

Gerente da Unidade de Desenvolvimento Operacional – TDO

Alisson Meireles Brandão

Gerência de Tecnologia Operacional – TDOT

Gerente da Unidade e Gestor do Contrato

Júlio César Rocha Mota

Analista de Saneamento – TDOT

Pablo da Silva Avelar

Coordenadora TDO

Mariana Larissa Negreiros Cabral

Consultora/ Engenheira Sanitarista e Ambiental

Vanessa Britto Silveira Cardoso

EQUIPE TÉCNICA WORLEY

Colaborador	Função	Formação	Registro
Helene Kubler	Coordenadora Geral	Engenharia Civil e Ambiental	PE Estado da Califórnia C70323
Renato Motta	Coordenador Executivo	Engenharia Civil	CREA/SP 5061528263
Marcos Golin	Responsável Técnico	Engenharia Química	CREA/SP 5062408803
André Marguti	Especialista 1	Engenharia Hidráulica e Ambiental	CREA/SP 5063033721
Gabrielle Calado	Engenheira Ambiental	Engenharia Ambiental	CREA/SP 5070076617
Pablo Correia	Engenheiro Civil	Engenharia Civil	CREA/SP 5070485720
André Camaliente	Engenheiro Civil	Engenharia Civil	CREA/SP 5070357212
Thais Donato	Estagiária de Engenharia	-	-

Sumário

1	Introdução.....	9
2	Características Preliminares do Conceito de Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA	10
3	Detalhamento do conceito Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA.....	17
3.1	Metodologia de Avaliação do Estudo de Caso ETE Vitória da Conquista	17
3.2	Reúso para Desenvolvimento no Semiárido	19
3.2.1	Estudo de Caso – ETE Vitória da Conquista	19
3.3	Resumo Técnico	41
3.4	Benefícios e Obstáculos	43
4	Conclusões e Recomendações	44
5	Referências Técnicas	45
	ANEXO I. MEMORIAL DE CÁLCULO – ESTUDO DE CASO ETE VITÓRIA DA CONQUISTA.....	48
	CÁLCULO DE CAPEX.....	48
	CÁLCULO DE OPEX.....	63
	ANUALIZAÇÃO DOS CUSTOS	66

Lista de Figuras

Figura 1. Região da ETE Vitória da Conquista – Conceito de reúso para desenvolvimento no Semiárido	10
Figura 2. Variantes do conceito de Reúso Vitória da Conquista-BA.....	13
Figura 3. Fluxograma esquemático da metodologia adotada para a avaliação dos estudos de caso.....	18
Figura 4. Classes de estimativas de custos da AACE International.....	18
Figura 5. Balanço hídrico esquemático do Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	20
Figura 6. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas consideradas para cada variante do sistema de distribuição	21
Figura 7. Outorga de captação de água a jusante do lançamento da ETE Vitória da Conquista	22
Figura 8. Fazenda Miraflores e demais terrenos registrados em nome de Marcelo dos Santos Flores	24
Figura 9. Projeto de Assentamento Amaralina	25
Figura 10. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas de distribuição - Variante 1	30
Figura 11. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas de distribuição - Variante 2	31
Figura 12. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas de distribuição - Variante 3	32
Figura 13. Composição do CAPEX estimado – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	35
Figura 14. Composição do OPEX estimado – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista.....	37
Figura 15. Custo por metro cúbico – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	39
Figura 16. Estruturas de reservação, bombeamento e distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1).....	50
Figura 17. Curvas características do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1).....	53
Figura 18. Estruturas de reservação, bombeamento e distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2).....	55
Figura 19. Curvas características do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2).....	57
Figura 20. Estruturas de reservação, bombeamento e distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 3).....	59
Figura 21. Composição do CAPEX estimado - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista.....	62
Figura 22. Composição do OPEX estimado - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista	65

Lista de Tabelas

Tabela 1. ETE Vitória da Conquista: vazões, tipologia e eficiência de tratamento (2019)	10
Tabela 2. Características do conceito de Reúso Vitória da Conquista-BA.....	12
Tabela 3. Premissas adotadas no estudo de caso da ETE Vitória da Conquista	14
Tabela 4. Faixas de consumo e déficit hídrico médios em Vitória da Conquista	23
Tabela 5. Áreas e estimativas de demanda hídrica para os potenciais consumidores em Vitória da Conquista	25
Tabela 6. Critérios de qualidade mínimos e realizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	26
Tabela 7. Critérios de monitoramento mínimos e realizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	27
Tabela 8. Sistema de desinfecção existente – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	28
Tabela 9. Volume mínimo de desinfecção com diferentes desinfetantes – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	29
Tabela 10. Principais instalações de produção de água de reúso – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	29
Tabela 11. Principais instalações de e distribuição de água de reúso – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista.....	33
Tabela 12. Estimativa de CAPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista.....	35
Tabela 13. Estimativa de OPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	37
Tabela 14. Faixas de confiança dos custos unitários – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	38
Tabela 15. Custos anualizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	39
Tabela 16. Resumo dos estudos de caso	41
Tabela 17. Principais benefícios e obstáculos esperados para cada Estudo de Caso avaliado	43
Tabela 18. Cálculo do volume mínimo do tanque de desinfecção – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	48
Tabela 19. Vazões e velocidades máximas por diâmetro.....	49
Tabela 20. Dimensionamento da rede de distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1).....	51
Tabela 21. Estimativa de CAPEX de rede de distribuição - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista (Variante 1).....	52
Tabela 22. Informações operacionais da bomba – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)	53
Tabela 23. Vazões e velocidades máximas por diâmetro.....	54
Tabela 24. Dimensionamento da rede de distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2).....	56
Tabela 25. Estimativa de CAPEX de rede de distribuição - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista (Variante 2).....	56

Tabela 26. Informações operacionais da bomba – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)	57
Tabela 27. Vazões e velocidades máximas por diâmetro	58
Tabela 28. Dimensionamento da rede de distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 3)	60
Tabela 29. Estimativa de CAPEX de rede de distribuição - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista (Variante 3)	60
Tabela 30. Estimativa de CAPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	62
Tabela 31. Estimativa de OPEX para energia elétrica – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)	63
Tabela 32. Estimativa de OPEX para manutenção do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)	63
Tabela 33. Estimativa de OPEX para energia elétrica – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)	64
Tabela 34. Estimativa de OPEX para manutenção do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)	64
Tabela 35. Estimativa de OPEX Classe 5 - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista	65
Tabela 36. Anualização de custos e estimativa de custo por metro cúbico – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista	67

Lista de Abreviaturas

AACE	Associação Americana de Engenharia de Custos (<i>Association for the Advancement of Cost Engineering</i>)
ABC	Agência Brasileira de Cooperação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIBA	Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia
AMT	Altura Manométrica Total
ANA	Agência Nacional de Águas
AQMR	Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CAPEX	Custos de Capital (<i>Capital Expenditure</i>)
CEFIR	Cadastro Estadual Florestal de Imóveis Rurais
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DAFA	Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DP	Diretoria de Presidência
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DT	Diretoria Técnica e de Planejamento
DT	Diretoria Técnica e Planejamento
EE	Estação Elevatória
Embasa	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
ISO	Organização Internacional de Normalização (<i>International Organization for Standardization</i>)
LP	Licença Prévia
NMP	Número Mais Provável
OPEX	Custos de Operação e Manutenção (<i>Operational Expenditure</i>)

OS	Ordem de Serviço
PA	Projeto de Assentamento
PCT	Projeto de Cooperação Técnica
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
RPGA	Região de Planejamento e Gestão da Água
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SIHS	Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
TDO	Unidade de Desenvolvimento Operacional
TDOT	Gerência de Tecnologia Operacional
TR	Termo de Referência
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultravioleta

1 Introdução

O presente documento corresponde ao detalhamento da Proposta selecionada na **Convocatória Ideias em Ação 2020 – Categoria Desafios** do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), intitulada **Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA**, enquadrada na área tecnológica de inovação e/ou gestão (iii) tratamento de águas residuais e reúso, para a implementação de Projeto-Piloto focado em resolver os desafios de reúso.

Esta proposta surgiu da iniciativa da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (Embasa), prestadora de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado da Bahia, vinculada à Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento (SIHS), durante a elaboração do **Estudo de Avaliação de Potencialidades de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Estado da Bahia**, cujo objetivo foi gerar produtos que apoiem o desenvolvimento sustentável de sistemas para reúso de efluentes provenientes dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) operados pela Embasa.

O Estudo é fruto dos trabalhos que estão sendo realizados por um contrato com a consultoria internacional Consórcio Worley (Brasil/EUA), no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica (PCT) “Universalização e aperfeiçoamento da prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em áreas prioritárias do Estado da Bahia” – PCT BRA/IICA/16/003, firmado entre a Embasa, o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e a Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores (ABC/MRE).

O Estudo foi dividido em seis principais produtos:

- Produto 1 – Plano de Trabalho;
- Produto 2 – Diagnóstico do Potencial de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia;
- Produto 3 – Mapa Temático com os Potenciais de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia;
- Produto 4 – Manual de Orientações e Práticas de Reúso de Efluente Tratado;
- Produto 5 – Termo de Referência para Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de Projeto-Piloto de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia; e
- Produto 6 – Resumo Executivo.

Os Produtos 05 e 06 ainda estão em elaboração.

2 Características Preliminares do Conceito de Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA

A ETE Vitória da conquista é a maior das ETEs operadas pela Embasa e a única de grande porte com vazão de 755 L/s estimada para 2024, sendo 377 L/s desta vazão disponível para reúso.

Esta opção foi considerada como a primeira devido à maior vazão ponderada disponível para reúso em relação às ETEs de outros municípios, além de apresentar grande demanda potencial agrícola dentro de um raio de 10 km de distância da ETE. A região também está localizada em bacia com balanço hídrico crítico e com necessidade de novos mananciais para abastecimento, de acordo com dados do Atlas de Abastecimento da ANA (ANA, 2010).

A ETE de Vitória da Conquista, possui as seguintes características:

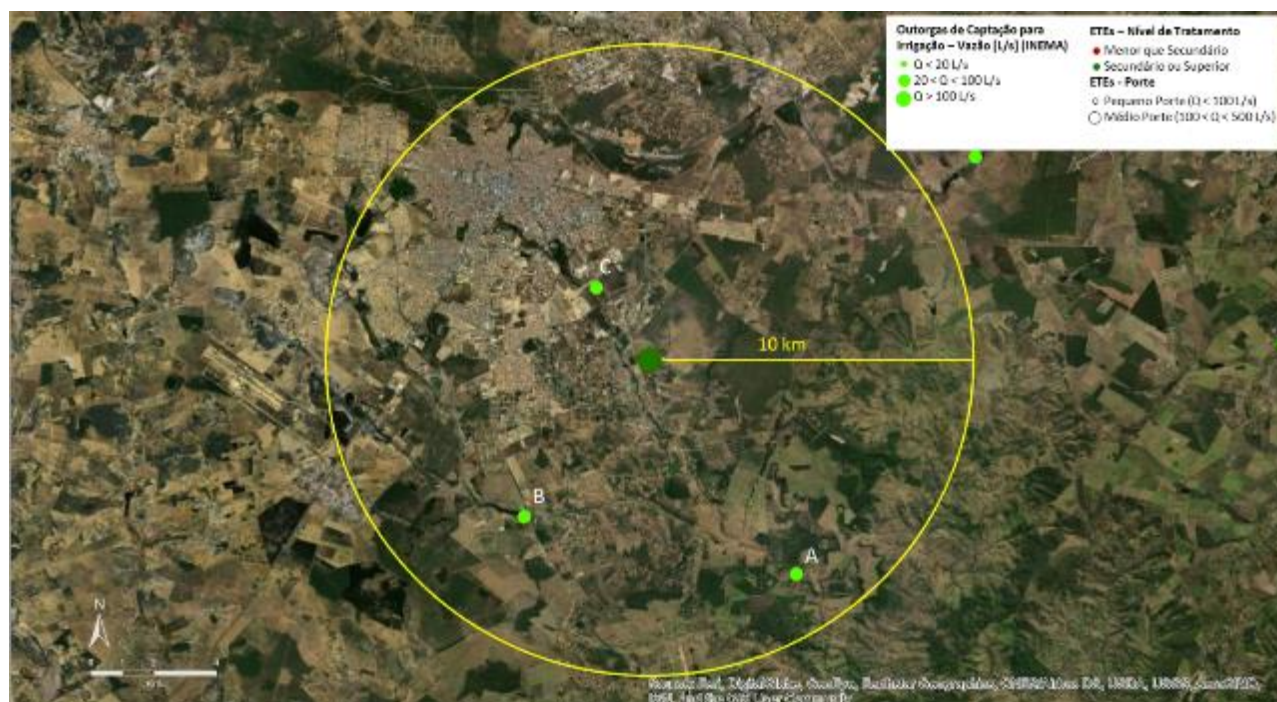
Tabela 1. ETE Vitória da Conquista: vazões, tipologia e eficiência de tratamento (2019)

ETE	Vazão tratada (L/s)	Tipologia de Tratamento	Vazão tratada (L/s)	DBO (mg/L)	Cter (NMP/100mL)	E. coli (NMP/100mL)	Eficiência de remoção - DBO	Eficiência de remoção Coliformes (Log)
Vitória da Conquista	613	DAFA + Lodo Ativado + Desinfecção	613,0	49	4,37E+06	9,33E+05	92%	2,98

A etapa biológica da ETE Vitória da Conquista está operando adequadamente (DBO < 60 mg/L) e possui tecnologia para remoção de patógenos, no entanto, a eficiência esperada para esta etapa não é atingida, indicando que a ETE demandava adequações operacionais na etapa de desinfecção para reúso.

Considerando o atendimento à demanda existente, estariam disponíveis ainda 305 L/s da vazão ponderada para desenvolvimento de agricultura local, o que seria suficiente para irrigar uma área de até 600 ha.

Figura 1. Região da ETE Vitória da Conquista – Conceito de reúso para desenvolvimento no Semiárido



O conceito de Reúso na ETE Vitória da Conquista, selecionado na Convocatória Ideias em Ação 2020 – Categoria Desafios do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), considera o atendimento de demandas agrícolas existentes e reprimidas para o desenvolvimento do semiárido. Foram considerados dois potenciais consumidores:

- Fazenda Miraflores: terreno com 25 ha próximo à ETE Vitória da Conquista
- Projeto de Assentamento (PA) Amaralina: terreno de 2.700 ha em que habitam 137 famílias beneficiadas pelo Programa Nacional de Reforma Agrária. É praticada agricultura familiar de sequeiro (sem irrigação).

Os principais benefícios esperados pela implementação do projeto-piloto incluem:

- Benefícios sociais e econômicos esperados da implementação do reúso. A agricultura familiar, hoje de sequeiro, passaria a ser irrigada. Com isso é esperado um aumento da produtividade agrícola nos terrenos. Por atender a uma grande quantidade de famílias, os benefícios atingem uma escala regional. A disponibilidade de água de reúso ao longo do ano inteiro também reduziria os impactos da sazonalidade pluvial, que hoje limita a produção e viabilizaria o plantio ao longo de maiores períodos do ano. Com o excedente de produção, espera-se um ganho à economia local.
- Benefícios ao balanço hídrico. A vazão da ETE é elevada o suficiente para suprir toda a demanda agrícola do PA Amaralina, com capacidade para expansões futuras. O atendimento das demandas reprimidas reduz o conflito pelo uso da água na região e o estresse hídrico.
- Possibilidade de obtenção de subsídios. Embora não tenham sido avaliados programas existentes de subsídios, o projeto está alinhado a objetivos de desenvolvimento social, econômico e ambiental. Estas características tornam este conceito potencialmente atrativo para programas de subsídio estaduais, federais e não governamentais.

As principais características avaliadas e pré-dimensionadas para o estudo de caso na ETE Vitória da Conquista estão apresentadas na Tabela 2 e na Figura 2. O Estudo de Caso de Vitória da Conquista considerou três variantes de concepção para a distribuição da água de reúso:

- Variante 1: distribuição por recalque até a Fazenda Miraflores e todos os consumidores identificados preliminarmente por imagem de satélite no PA Amaralina;
- Variante 2: distribuição por recalque até a Fazenda Miraflores e a um reservatório localizado em ponto central elevado no PA Amaralina para posterior distribuição até os pontos de consumo;
- Variante 3: distribuição por gravidade até a Fazenda Miraflores e a um reservatório localizado na divisa do terreno do PA Amaralina, próximo à ETE Vitória da Conquista.

As Variantes 2 e 3 não contemplam todas as estruturas de distribuição necessárias para alcançar os potenciais consumidores. Os valores e premissas adotados são apresentados a seguir.

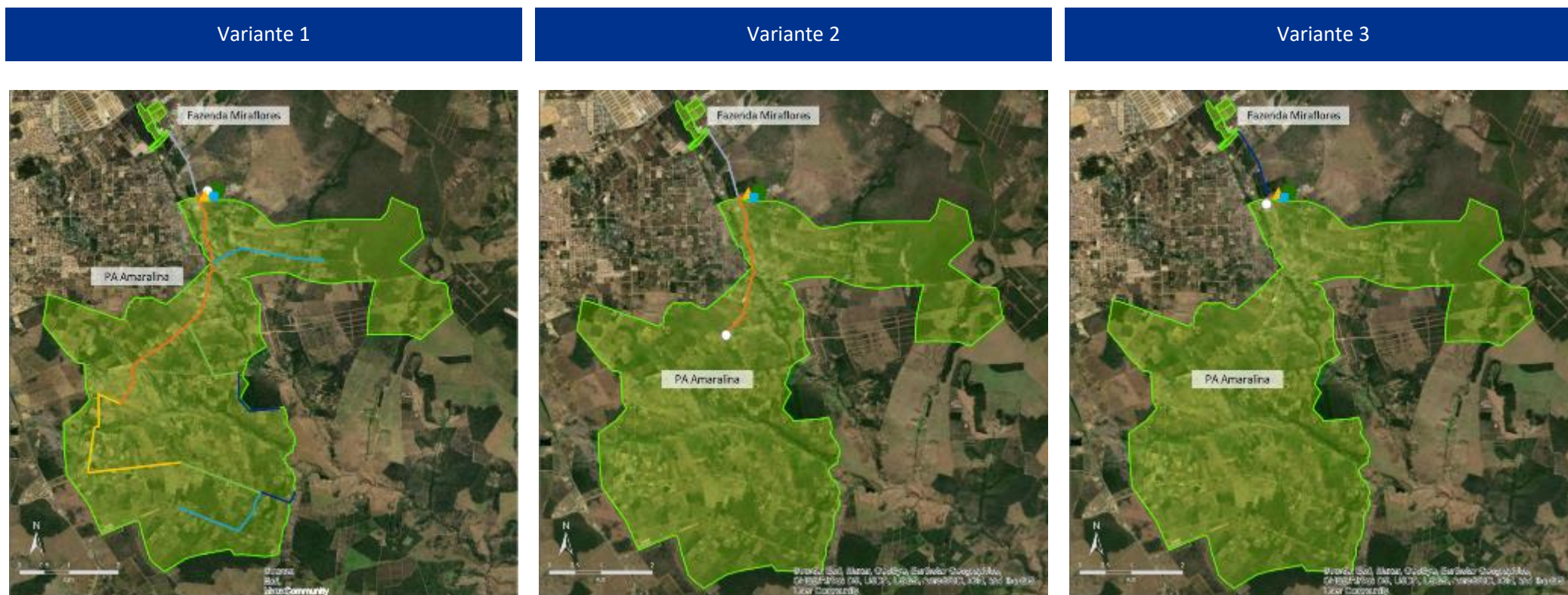
O uso de parte do efluente tratado da ETE como reúso agrícola restrito destaca-se como uma oportunidade de atender a demandas existentes e reprimidas no município, fornecendo um recurso necessário para o desenvolvimento social e econômico da região. A implementação da solução apresenta desafios técnicos para viabilizar o reúso: ajuste do monitoramento de parâmetros de qualidade do efluente tratado, ajustes operacionais na etapa de desinfecção, construção de um reservatório, de uma estação elevatória e de uma rede de distribuição de água para atendimento dos possíveis consumidores. Então, o apoio técnico e financeiro do BID é relevante para detalhar as soluções técnicas e financeiras para viabilizar a distribuição da água de reúso até os pontos de consumo. Com exceção das estruturas de distribuição e reservação, os demais aspectos do conceito são equivalentes para as três variantes.

Tabela 2. Características do conceito de Reúso Vitória da Conquista-BA

Aspecto	ETE Vitória da Conquista		
	Informações Gerais		
Definição do conceito	Reúso agrícola restrito para irrigação de culturas (Fazenda Miraflores e Projeto de Assentamento Amaralina)		
Vazão disponível para reúso	307 L/s		
Demanda estimada	Vazão: 49,3 L/s Fazenda Miraflores = 0,45 L/s PA Amaralina = 48,8 L/s		
Qualidade	Critério de qualidade (agrícola restrito): Cter. < 10 ⁴ Monitoramento do efluente tratado: ETE realiza monitoramento mensal com intermitência de Coliformes termotolerantes – Resultados do monitoramento de Cter no efluente tratado = 4,4 x 10 ⁶ NMP/100 mL		
Monitoramento para o reúso	Necessário desenvolver plano de monitoramento mensal de Cter. e anual de ovos de helmintos		
Tratamento	DAFA + Tanque de Aeração + Decantador Secundário + Tanque de Desinfecção: Necessários ajustes operacionais na etapa de desinfecção		
Complementação tecnológica	Tanque de desinfecção: Hipoclorito de Sódio Volume tanque = 90 m ³ Dosagem = 10 mg/L Tempo de contato = 30 min Consumo NaClO = 43 kg/d		
Aspecto	ETE Vitória da Conquista		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Distribuição	Linha de distribuição: Material = PVC Extensão total = 20.203 m Diâmetros = 50, 75, 100, 150, 200 e 250 mm Estação Elevatória (1+1R): Vazão operação = 44,5 L/s AMT = 40,5 mca Potência consumida = 51 kW	Linha de distribuição: Material = PVC Extensão total = 3.949 m Diâmetros = 50 e 250 mm Estação Elevatória (1+1R): Vazão operação = 50,5 L/s AMT = 19,7 mca Potência consumida = 19 kW	Linha de distribuição: Material = PVC Extensão total = 1.538 m Diâmetros = 75, e 250 mm
Reservação	Reservatório na ETE Vitória da Conquista: Volume = 1.420 m ³ Tempo de detenção = 8 h	Reservatório em ponto central elevado no PA Amaralina Volume = 1.410 m ³ Tempo de detenção = 8 h	Reservatório no limite do PA Amaralina próximo à ETE Vitória da Conquista Volume = 1.410 m ³ Tempo de detenção = 8 h
CAPEX (I)	R\$ 21.960.564	R\$ 6.738.565	R\$ 2.490.115
OPEX (I)	R\$ 305.160,69/ano	R\$ 166.241/ano	R\$ 26.784/ano
Custo por m ³ (I)	R\$ 2,01 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos, 5% inflação a.a.)	R\$ 0,68 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos, 5% inflação a.a.)	R\$ 0,22 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos, 5% inflação a.a.)

I. Estimativas de custo Classe 5. Faixa de confiança de -50% a + 100%.

Figura 2. Variantes do conceito de Reúso Vitória da Conquista-BA



LEGENDA

- ETE Vitória da Conquista
- Reservatório
- ▲ Estação Elevatória
- Etapa adicional de tratamento

- Linha de distribuição**
Diâmetro da tubulação
- Ø 250 mm
 - Ø 200 mm
 - Ø 150 mm
 - 100 mm
 - 75 mm
 - 50 mm

A elaboração do conceito de Reúso Vitória da Conquista-BA considerou algumas premissas específicas para os dimensionamentos preliminares realizados. As premissas adotadas e as avaliações adicionais necessárias estão resumidas na Tabela 3, assim como avaliações adicionais que devem ser contempladas no Estudo de Viabilidade para confirmar ou alterar premissas de cálculo.

Tabela 3. Premissas adotadas no estudo de caso da ETE Vitória da Conquista

Aspecto	Premissas adotadas	Avaliações adicionais necessárias
Definição do conceito	Foi considerada a modalidade de reúso agrícola restrito.	Identificação das culturas cultivadas em cada terreno, com o objetivo de confirmar ou alterar a modalidade de reúso entre reúso agrícola restrito ou irrestrito.
Vazão disponível para reúso	Foi considerada a vazão média da ETE de 613 L/s, sendo metade desta vazão disponível para reúso, devido a uma captação de água para irrigação a jusante da ETE.	Caracterização da variabilidade e a sazonalidade da vazão de tratamento da ETE, com base em histórico de medição de vazão.
Demanda estimada	Foi considerada a taxa de 0,0256 L/s/ha, obtida a partir de dados do estudo “Uso da Água na Irrigação de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020).	Caracterização da demanda hídrica para os tipos de culturas específicos cultivados nos terrenos.
	Foi considerada 70% da área total dos terrenos.	Identificação a área cultivada irrigada dos terrenos.
	Não foi considerada variabilidade da vazão de demanda.	Avaliação da sazonalidade da irrigação das culturas, para compreender variações da demanda.
Qualidade	Foi considerado um monitoramento pontual de coliformes termotolerantes e DBO.	Análise dos históricos de monitoramento dos parâmetros disponíveis, para avaliação da variabilidade da qualidade do efluente bruto e tratado.
	Foram considerados os objetivos de qualidade recomendados para reúso agrícola restrito para proteção à saúde pública.	Avaliação da necessidade de parâmetros adicionais de qualidade, a depender do tipo de cultura e solo.
Monitoramento para o reúso	Foi considerado o monitoramento mínimo para reúso agrícola restrito.	Avaliação da necessidade de parâmetros adicionais de monitoramento, a depender do tipo de cultura e solo.
Tratamento	Foi identificado que a desinfecção com dicloro isocianurato de sódio não atende aos objetivos de qualidade necessários.	Confirmar por meio de diagnóstico da ETE o não atendimento dos objetivos de qualidade e recomendar processos para melhorias adequadas.
Complementação tecnológica	Foi recomendada uma etapa adicional de desinfecção com hipoclorito de sódio.	Deve ser avaliada a possibilidade de adequações operacionais sem a necessidade de construção de novas etapas de desinfecção.
	Foi considerada desinfecção adicional apenas para a vazão de reúso.	Caso confirmada a necessidade de nova desinfecção, deve ser dimensionada para a vazão de reúso calculada a partir do estudo de demandas.

Aspecto	Premissas adotadas	Avaliações adicionais necessárias
Distribuição	Foi elaborado um traçado preliminar seguindo a estrutura viária existente, atendendo ao máximo de imóveis identificados por satélite.	Deve ser avaliada a adequação do traçado proposto às moradias do PA Amaralina, podendo ser revisado conforme necessário.
	Para as Variantes 2 e 3, não foram consideradas as tubulações necessárias para a distribuição até os pontos de consumo.	Caso opte-se por uma destas variantes, devem ser propostas concepções de solução técnica e financeira para a distribuição até os pontos de consumo.
	As tubulações foram dimensionadas para a vazão de reúso estimada.	Devem ser redimensionadas em função dos refinamentos da vazão de demanda.
	Foi utilizada a aproximação do perfil de elevações disponibilizado pelo <i>Google Earth</i> .	Devem ser utilizadas curvas de nível obtidas por empresa especializada.
	Nas Variantes 1 e 2, foi prevista uma estação elevatória com uma bomba centrífuga horizontal.	O conjunto motor bomba deve ser redimensionado e selecionado de acordo com os novos detalhamentos (vazão, topografia, traçado etc.).
	Na Variante 3, não foi prevista uma estação elevatória. Nesta concepção por gravidade, não foi atendida a pressão de 10 mca na chegada das tubulações.	Caso essa variante seja selecionada, deve-se verificar a necessidade de atender a pressões mais elevadas nos pontos de chegada. Adicionalmente, a concepção de solução de distribuição para o PA Amaralina pode requerer uma elevatória para a distribuição após o reservatório.
Reservação	Foi considerado um reservatório na ETE Vitória da Conquista	Deve ser avaliada a necessidade de reservatórios nos pontos de consumo e dimensionados apropriadamente
CAPEX e OPEX	Foram utilizadas as curvas de custo apresentadas no Produto 2.	Devem ser considerados todos os custos de capital e operação esperados do projeto-piloto, incluindo custos adicionais não previstos no estudo de caso.
	Foram utilizadas práticas de estimativa de custo coerentes com a Classe 5 da AACE.	Devem ser utilizadas práticas de estimativa de custo coerentes com a Classe 4 da AACE.
Custo por m ³	Foi considerado o valor presente anualizado dos custos de capital e de operação em 10, 20 e 30 anos, considerando 5% de inflação a.a.	-

Assim, é necessário o desenvolvimento de um projeto para analisar a viabilidade do projeto-piloto selecionado, a fim de revisar os aspectos técnicos e premissas já apresentados, confirmando ou esclarecendo pontos que impactem o dimensionamento e os custos do projeto.

O projeto deve considerar vários assuntos, incluindo:

- A aproximação com parceiros e consumidores, fundamental para a aceitação pública da água de reúso e identificação de anseios e necessidades que devem ser abordados no projeto-piloto;
- Aspectos relevantes para o licenciamento ambiental, incluindo o início do diálogo com o órgão ambiental relevante, para identificar requisitos para o licenciamento;
- Aspectos institucionais, como a identificação de parcerias relevantes e o relacionamento público, contatando os potenciais consumidores a que se objetiva fornecer a água de reúso;
- Aspectos financeiros, incluindo viabilização da obtenção de subsídios financeiros caso sejam necessários.

Este resumo de informações sobre o conceito Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA servirá como base para o desenvolvimento do projeto no âmbito da **Convocatória Ideias em Ação 2020 – Categoria Desafios** do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Na seção a seguir é o detalhamento do conceito.

3 Detalhamento do conceito Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA

A partir do diagnóstico realizado no Produto 2 do **Estudo de Avaliação de Potencialidades de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Estado da Bahia**, foram definidos três conceitos principais de empreendimentos de reúso no estado e seis áreas de maior potencial para desenvolvimento de projetos de reúso. Os três conceitos definidos e suas respectivas áreas identificadas com maior potencial são:

- Reúso para Desenvolvimento no Semiárido: ETE Vitória da Conquista, ETE Itaberaba e ETE Subaé (Feira de Santana);
- Reúso para Agricultura Irrigada Intensiva: ETE Luís Eduardo Magalhães e ETE Barreiras;
- Reúso Industrial: ETE Candeias.
- Outros casos potenciais: ETE Norte, Complexo Industrial Aratu, ETEs ainda não concebidas.

Neste projeto específico para a **Convocatória Ideias em Ação 2020 – Categoria Desafios** do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), é documentada a definição do conceito Reúso na ETE Vitória da Conquista-BA, que é o detalhamento do empreendimento proposto com potencial para reúso.

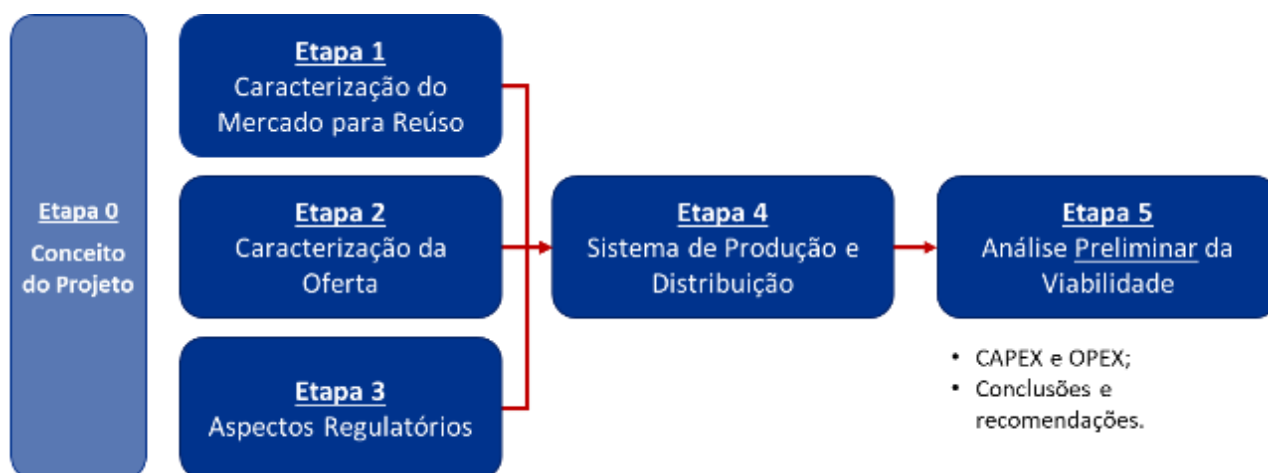
3.1 Metodologia de Avaliação do Estudo de Caso ETE Vitória da Conquista

A primeira etapa da metodologia de avaliação para cada um dos estudos de caso selecionados abrange as seguintes atividades:

- Definição do conceito do projeto, incluindo a localização da estação de tratamento de esgotos e dos usuários potenciais e do tipo de reúso a ser considerado;
- Definição das premissas de projeto, incluindo a vazão de efluente tratado, a vazão disponível para reúso, a demanda de água de reúso, critérios de qualidade da água de reúso e tratamento adicional requerido;
- Definição/dimensionamento dos sistemas de produção e distribuição em nível preliminar/conceitual;
- Desenvolvimento de estimativas de custos de investimentos (CAPEX) e custos de operação (OPEX) anuais preliminares;
- Conclusões preliminares quanto à viabilidade considerando análise qualitativa dos custos vs. benefícios e identificação dos potenciais impedimentos técnicos e/ou institucionais e recomendações sobre os próximos passos a serem seguidos em uma possível continuação do projeto de reúso.

A Figura 3 apresenta de forma esquemática a metodologia adotada neste produto para a avaliação dos estudos de caso selecionados.

Figura 3. Fluxograma esquemático da metodologia adotada para a avaliação dos estudos de caso



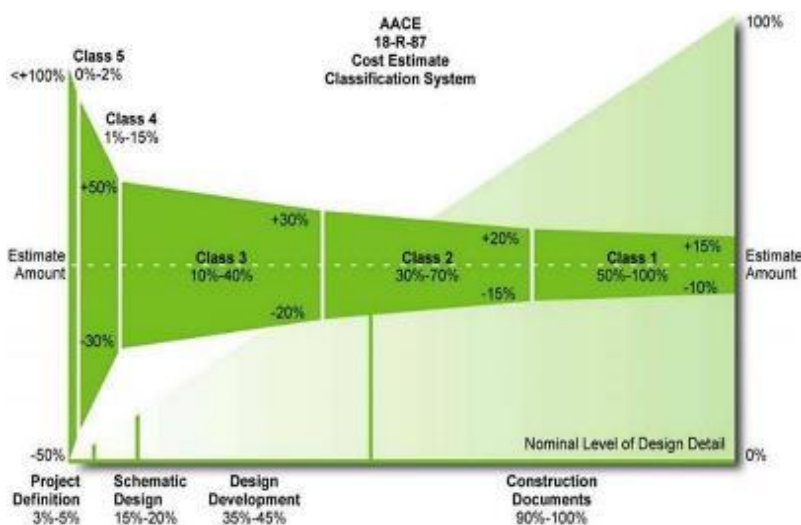
As estimativas de custos CAPEX e OPEX realizadas para o estudo de caso ETE Vitória da Conquista foram elaboradas com base nas curvas de custo e nos anos base diferentes de 2020 foi aplicada a correção com base no Índice Nacional de Custo da Construção no Mercado (INCC) acumulado no período entre o ano base e 2020.

Estas estimativas são compatíveis com a Prática Recomendada nº 18R-97 “Sistema de Classificação para Estimativa se Custos – Conforme Aplicado à Engenharia, Contratação e Construção para Processos Industriais” da AACE International – Classe 5, que é a classe associada para comparação e seleção de conceitos de alternativas. A Prática Recomendada nº 18R-97 é um adendo à prática recomendada genérica nº17R-97, que fornece diretrizes para a aplicação de princípios de classificação de estimativa especificamente para a elaboração de estimativas de projetos de engenharia.

As estimativas AACE Classe 5 abrangem uma variação percentual típica dos custos reais da estimativa de +100% na faixa máxima e -50% na faixa mínima (com confiança de 80% de que o custo real cairá dentro dos limites da faixa máxima e mínimas), conforme mostrado na

Figura 4.

Figura 4. Classes de estimativas de custos da AACE International



3.2 Réuso para Desenvolvimento no Semiárido

3.2.1 Estudo de Caso – ETE Vitória da Conquista

3.2.1.1 Definição do conceito do projeto

O estudo de caso da ETE Vitória da Conquista foi desenvolvido a partir do conceito de reúso para desenvolvimento no semiárido. Este conceito considera o reúso para atender a demandas existentes e demandas “reprimidas” em municípios do semiárido. Considera o fornecimento de água para fins não potáveis dependentes de chuvas, como a agricultura de sequeiro e a irrigação de pastagem para criação de animais.

Este conceito dá preferência à utilização de tecnologias de tratamento com baixos custos de implementação e requisitos de operação, mas que demandam maior área para implementação e com vistas ao uso agrícola restrito.

O estresse hídrico do município de Vitória da Conquista é conhecido e foi caracterizado em diversos estudos. De acordo com o Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca da Bahia (BAHIA, 2014), Vitória da Conquista se enquadra na classificação “subúmido seco”. O Balanço Hídrico Quali-quantitativo do Brasil (ANA, 2016) classificou a bacia hidrográfica localizada no município como “criticidade quantitativa”. O ATLAS de Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010) indicou ainda que é necessário novo manancial para o município.

A maior parte do limite do município está localizada na Região de Planejamento e Gestão da Água (RPGA) do Rio Pardo e, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) da Bahia (INEMA, 2012), esta RPGA não possui conflitos pelo uso da água.

Em Vitória da Conquista, o conceito foi desenvolvido para atender aos dois potenciais consumidores: a Fazenda Miraflores e o Projeto de Assentamento Amaralina, indicados na Figura 6.

A Fazenda Miraflores é um imóvel rural localizado a menos de 2 km de distância da ETE Vitória da Conquista. Em 2014, a Embasa e o proprietário da fazenda estudaram a implementação de um projeto de reúso agrícola nesta fazenda, mas o projeto não foi concluído. O estudo de caso representa uma oportunidade de retomar o diálogo com o proprietário da Fazenda Miraflores e estudar a viabilização do reúso.

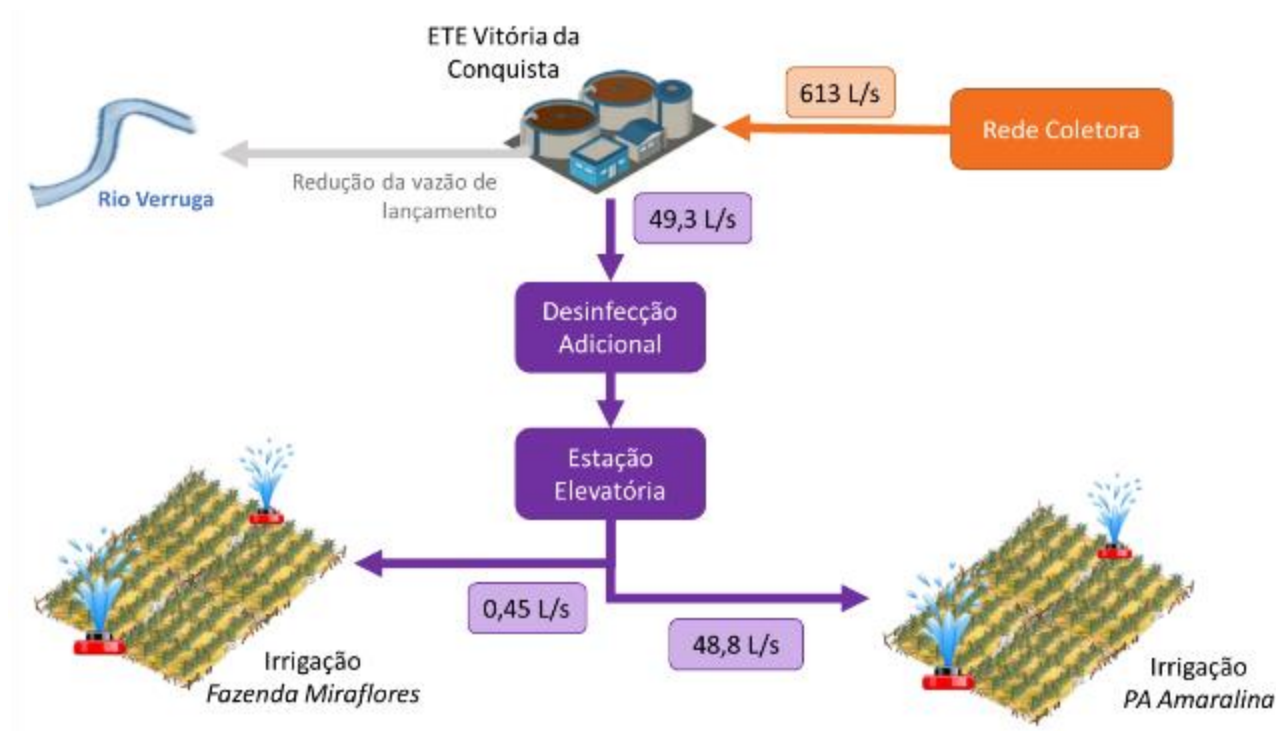
O Projeto de Assentamento (PA) Amaralina é um terreno pertencente ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), estabelecido em 1987, e faz limite com a ETE Vitória da Conquista. De acordo com o Pannel de Assentamentos do INCRA (2020), o PA Amaralina possui área de 2.722 hectares e nele vivem 137 famílias. O cadastro de imóveis rurais (CEFIR, 2020) indica a atividade de agricultura de sequeiro.

O estudo “Uso de Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020) apresenta comparações entre a produção agrícola irrigada e de sequeiro, mostrando claro aumento na produtividade de diferentes culturas quando realizada a irrigação. O presente estudo de caso considera o fornecimento de água de reúso para agricultura familiar, possibilitando o aumento da produção agrícola das famílias no assentamento e consequente desenvolvimento social e econômico da região.

A ETE Vitória da Conquista possui vazão média de tratamento de 613 L/s, com estimativa de aumento para 750 L/s em 2024. A ETE possui tratamento secundário com digestor anaeróbio de fluxo ascendente (DAFA), tanque de aeração, decantador secundário e tanque de desinfecção. No entanto, o monitoramento de coliformes totais apresentou indicou concentração de $4,37 \times 10^6$ NMP/100 mL. Este valor ultrapassa a referência de 10^4 NMP/100 mL, indicada para o reúso agrícola restrito. Portanto, são necessárias adequações operacionais na etapa de desinfecção para atender os critérios de qualidade do uso pretendido.

As demandas hídricas dos consumidores foram estimadas com base no estudo “Uso da Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020), conforme detalhado adiante. Para a Fazenda Miraflores, foi estimado um consumo de 0,45 L/s e para o PA Amaralina, 48,8 L/s. Com isto, a demanda estimada total para este estudo de caso foi de 70,40 L/s. O balanço hídrico esquemático do estudo de caso está apresentado na Figura 5 e a localização da ETE, dos consumidores, e das principais estruturas de distribuição propostas, na Figura 6.

Figura 5. Balanço hídrico esquemático do Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



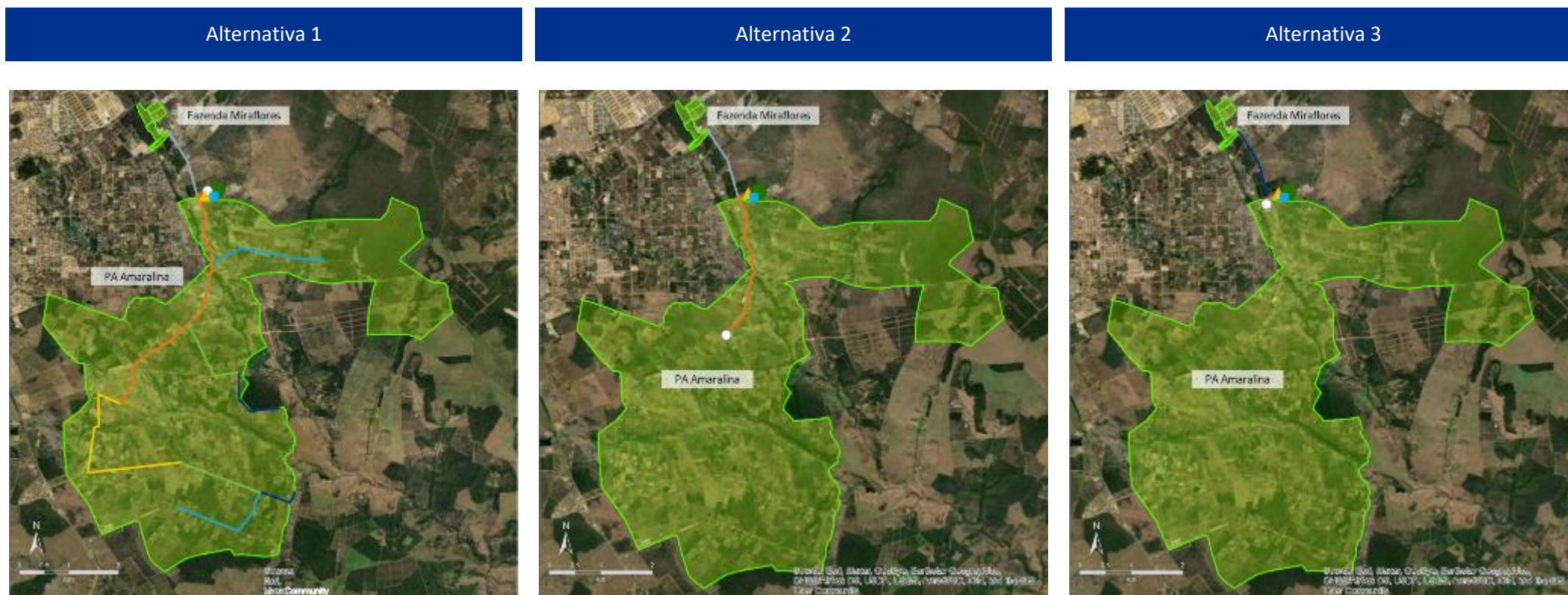
O PA Amaralina deve ser entendido como um conjunto de consumidores. O conceito deste estudo envolve o consumo de água de reúso para agricultura familiar, em diversos terrenos que estão inseridos dentro dos limites do assentamento. Portanto, na análise devem ser consideradas estruturas para a distribuição de água. A concepção da distribuição está condicionada a distintas abordagens, a depender de critérios técnicos, financeiros e de articulação de partes interessadas.

Para este estudo de caso, são apresentadas três variantes da concepção do sistema de distribuição, apresentadas na Figura 6:

1. Distribuição a todos os possíveis consumidores identificados previamente por imagens de satélite;
2. Transporte e reservação da água de reúso até um ponto central elevado dentro do PA Amaralina para posterior distribuição até os pontos de consumo;
3. Transporte e reservação da água de reúso até a divisa do terreno do PA Amaralina, próximo à ETE Vitória da Conquista.

Cada variante da concepção é discutida a seguir. As premissas do conceito do projeto proposto são válidas para as três variantes, diferindo apenas a concepção das estruturas para distribuição e seus custos associados.

Figura 6. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas consideradas para cada variante do sistema de distribuição



LEGENDA

- ETE Vitória da Conquista
- Reservatório
- ▲ Estação Elevatória
- Etapa adicional de tratamento

Linha de distribuição

Diâmetro da tubulação

- Ø 250 mm
- Ø 200 mm
- Ø 150 mm
- 100 mm
- 75 mm
- 50 mm

3.2.1.2 Premissas de projeto

3.2.1.2.1 Vazão de efluente tratado

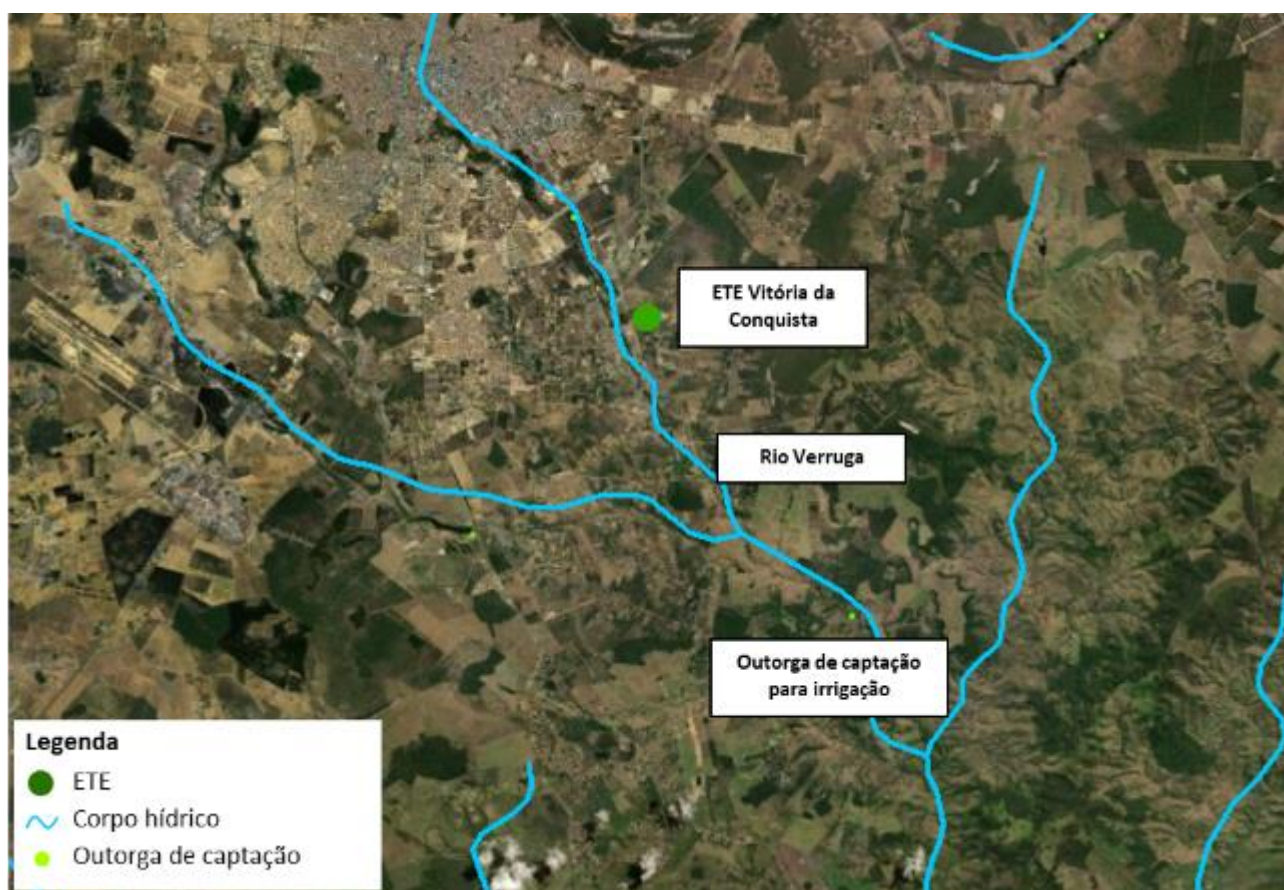
A ETE Vitória da Conquista atualmente opera com vazão média de **613 L/s**, com projeção de 750 L/s para 2024. O efluente tratado é descartado no Rio Verruga.

3.2.1.2.2 Vazão disponível para reúso

Foi identificada uma outorga de captação de 54,9 L/s água para uso em irrigação no rio Verruga, 9 km a jusante do ponto de lançamento da ETE Vitória da Conquista, exibida na Figura 7. Por este motivo, a vazão considerada disponível para reúso não será a totalidade da vazão da ETE.

A princípio, será considerada metade da vazão de tratamento como disponível para reúso, resultando em **307 L/s**.

Figura 7. Outorga de captação de água a jusante do lançamento da ETE Vitória da Conquista



3.2.1.2.3 Demanda de água de reúso não potável

O cadastro da Fazenda Miraflores no CEFIR não indica nenhuma captação de água superficial ou subterrânea. Declara apenas recebimento de água da concessionária, mas não traz nenhum valor de consumo de água.

Já para o PA Amaralina, foram identificados 12 cadastros com diferentes combinações de vazões de captação superficial e subterrânea. Os maiores valores declarados foram de 66 m³/dia de captação superficial e 66 m³/dia de captação subterrânea. Indica ainda captação de água da chuva, mas não o recebimento de água da concessionária. A soma das vazões declaradas é de 132 m³/dia, ou 1,52 L/s.

Por se tratar de agricultura de sequeiro, o conceito de fornecimento de água de reúso para estes clientes visa atender uma demanda reprimida, que excederia as vazões declaradas no CEFIR. A estimativa desta demanda foi realizada com base no estudo “Uso da Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020). O estudo define a necessidade hídrica de uma cultura como sendo “a quantidade de água necessária para o pleno desenvolvimento das culturas. (...) pode ser subdividida em consumo efetivo (necessidade hídrica atendida) e déficit total (necessidade hídrica não atendida)”. A necessidade hídrica foi caracterizada para diversas culturas e considera a área colhida, tipo, ciclo e fases da cultura, calendário de colheita e clima. O déficit hídrico total corresponde à necessidade hídrica não atendida. As faixas de valores apresentadas no estudo para o município de Vitória da Conquista, por cultura, são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Faixas de consumo e déficit hídrico médios em Vitória da Conquista

Cultura	Consumo médio (L/s/ha)	Déficit médio (L/s/ha)
Café	< 0,012	0,020 a 0,032
Cana de açúcar	< 0,015	0,015 a 0,030
Feijão	< 0,012	0,02 a 0,045
Mandioca	< 0,01	0,009 a 0,02
Milho	0,01 a 0,015	0,02 a 0,045
Média	-	0,0168 a 0,0344

Fonte: “Uso de Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)”, ANA, 2020

Não foi possível identificar a cultura predominante no PA Amaralina. No presente estudo de caso, será adotada como demanda hídrica para irrigação o valor de **0,0256 L/s/ha**, valor médio das faixas de déficits hídricos apresentados para Vitória da Conquista. No entanto, este valor deve ser confirmado no Estudo de Viabilidade a partir da caracterização das culturas que se pretende irrigar. Esta taxa de consumo será aplicada tanto para a Fazenda Miraflores quanto para o PA Amaralina.

A Figura 8 destaca a Fazenda Miraflores e outros 4 imóveis registrados no nome do mesmo proprietário. O PA Amaralina está apresentado na Figura 9. Para este estudo, a demanda hídrica foi calculada aplicando a taxa média de déficit hídrico para 70% da área total destes terrenos.

Figura 8. Fazenda Miraflores e demais terrenos registrados em nome de Marcelo dos Santos Flores



Figura 9. Projeto de Assentamento Amaralina



A Tabela 5 apresenta as áreas e a demanda estimadas para estes consumidores. No Estudo de Viabilidade, deve ser realizado um estudo mais detalhado das áreas cultivadas de cada terreno para confirmação da demanda.

Tabela 5. Áreas e estimativas de demanda hídrica para os potenciais consumidores em Vitória da Conquista

Imóvel	Área Total (ha)	70% da Área (ha)	Demanda estimada (L/s)
Fazenda Miraflores	3,70	2,59	0,07
Fazenda Miraflores	0,31	0,22	0,01
Fazenda Quinta do Buçaco	6,27	4,38	0,11
Fazenda Quinta do Buçaco	6,16	4,31	0,11
Fazenda Quinta Serra da Estrela	5,33	3,73	0,10
Fazenda Quinta Serra da Estrela	3,56	2,49	0,06
Total Miraflores	25,33	17,73	0,45
PA Amaralina	2.724,83	1.907,38	48,83
Total Geral	2.750,15		49,28

A demanda de água para irrigação de culturas é diretamente influenciada pela sazonalidade dos períodos de seca e períodos chuvosos de uma região e pelos ciclos de desenvolvimento e colheita das diferentes culturas. As estruturas de tratamento e distribuição foram dimensionadas para a vazão total de 49,28 L/s, mas é prevista intermitência ou, ao menos, sazonalidade no padrão de consumo devido aos fatores mencionados. Tal sazonalidade deve ser estudada em etapas posteriores para os dimensionamentos e estimativas de custos.

3.2.1.2.4 Critérios de qualidade de água de reúso

A estimativa de demanda considerou as culturas de feijão, mandioca, café, cana-de-açúcar e milho. Enquadra-se na modalidade de reúso agrícola restrito.

A ETE Vitória da Conquista possui tratamento secundário com DAFA, tanque de aeração, decantador secundário e tanque de desinfecção. A princípio, não são necessárias etapas adicionais de tratamento para a modalidade de reúso agrícola restrito.

A Tabela 6 resume os critérios mínimos de qualidade para esta modalidade de reúso, conforme apresentados no Produto 2, e apresenta os dados de monitoramento da ETE Vitória da Conquista.

Tabela 6. Critérios de qualidade mínimos e realizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Parâmetro	Resultado do monitoramento do efluente bruto	Objetivo de qualidade	Resultado do monitoramento do efluente tratado	Resultado esperado do tipo de tratamento
Coliformes termotolerantes (NMP/ 100 mL)	4,20 x 10 ⁹	< 10 ⁴ (I)(II)	4,37 x 10 ⁶	10 ²
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1,61 x 10 ⁷	-	9,33 x 10 ⁵	-
Ovos de helmintos (ovos/L)	-	< 1 (I)	-	-
pH	-	6,0 – 9,0	-	-
DBO (mg/L)	616	-	48,58	20
Turbidez (UNT)	-	-	-	-
Cl ₂ residual (mg/L)	-	-	-	-

I. Exigências de desinfecção e critério de coliformes e ovos de helminto podem ser flexibilizados (limite até dez vezes maior) ou dispensados caso ações especiais de proteção dos trabalhadores forem implementadas. Esta possibilidade deverá ser avaliada durante a fase de licenciamento do projeto.

II. Uma Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) associada a um projeto-piloto poderia ajudar a confirmar proteção da saúde pública nos níveis desejados caso Órgão de Saúde julgue necessário.

Os resultados de monitoramento apresentados foram análises pontuais realizadas em 2019. Durante o Estudo de Viabilidade será necessário avaliar a existência de séries históricas de monitoramento destes parâmetros para compreender com mais exatidão a qualidade do efluente tratado na ETE Vitória da Conquista.

Considerando estes resultados como sendo representativos da situação atual, o resultado de coliformes termotolerantes supera o limite recomendado para esta modalidade de reúso e não atende à concentração esperada para o tipo de tratamento realizado na ETE. Por este motivo, consideram-se necessários ajustes operacionais na etapa de desinfecção antes do uso do efluente tratado para a irrigação proposta.

Para a viabilização do reúso, recomenda-se ainda implementar o monitoramento adequado dos parâmetros indicadores de patógenos, conforme apresentado na Tabela 7. Deve ser realizado o monitoramento mensal de coliformes termotolerantes (hoje intermitente) e anual de ovos de helmintos (hoje não realizado). Fases posteriores do projeto devem avaliar as alternativas disponíveis para monitoramento destes parâmetros em laboratórios externos ou internos. O monitoramento destes parâmetros é necessário para a garantia da qualidade da água de reúso e para a proteção da saúde pública.

Tabela 7. Critérios de monitoramento mínimos e realizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Parâmetros	Monitoramento mínimo	Monitoramento informado
Coliformes termotolerantes	Mensal ^(I)	Mensal com intermitência
<i>Escherichia coli</i>	-	-
Ovos de helmintos	Anual	Sem medição
pH	Mensal ^(I)	Mensal
DBO	Mensal ^(I)	Mensal
Turbidez	-	-
Cl ₂ residual	-	-

(I) Após um ano de operação contínua com ausência de não conformidades, a frequência de monitoramento poderá ser revisada.

Foi informado que, na ETE Vitória da Conquista, é utilizado o dicloro isocianurato de sódio como agente desinfetante. O dicloro isocianurato em água possui um complexo equilíbrio químico com 12 configurações que resultam de dissociações de H⁺ e reações de hidrólise. O equilíbrio é altamente dependente do pH e da temperatura (Wahman, 2018). Os métodos mais usuais e recomendados de determinação de cloro residual na água são o método DPD e a titulação amperométrica. Ambos alteram o pH da água e, com isso, deslocam o equilíbrio químico do dicloro isocianurato, alterando a concentração de cloro residual livre. Por este motivo, no caso do dicloro isocianurato, os métodos disponíveis medem cloro total, e não cloro residual.

Para este desinfetante, a determinação do cloro residual deve ser calculada a partir das reações de equilíbrio químico, utilizando como dados de entrada o pH, a temperatura, a concentração de cloro total e de isocianurato total (este, calculado com base na dosagem de dicloro isocianurato de sódio). A Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, na sigla em inglês) possui uma calculadora online para determinação do cloro residual livre e instruções detalhadas dos cálculos, disponível em: <https://shiny.epa.gov/fcedts/> (acesso em setembro de 2020). A diferenciação é importante, pois o valor medido de cloro pelos métodos convencionais é superior ao valor real de cloro residual. Para a garantia da qualidade do efluente e para a proteção da saúde pública, deve ser considerado o cloro residual.

Além desses parâmetros, que visam a proteção da saúde pública, parâmetros de interesse para os usuários e a proteção do meio ambiente terão que ser considerados em futuras análises. Esses parâmetros (e os critérios de qualidade associados) dependem de vários fatores, incluindo o tipo de culturas, o tipo de solo, o método de irrigação etc.

3.2.1.3 Instalações de produção de água de reúso

A ETE Vitória da Conquista já possui tratamento secundário com desinfecção. A princípio, não seriam necessárias novas etapas no tratamento do efluente. No entanto, conforme observado pelo resultado de monitoramento de coliformes termotolerantes, o valor de referência não é atingido. Diversos fatores na etapa do tratamento podem impactar a eficiência de remoção de coliformes, incluindo o tipo e dosagem de

desinfetante, tempo de contato, volume e dimensões do tanque de desinfecção. Na Tabela 8 estão apresentadas as informações disponibilizadas da etapa de desinfecção existente na ETE.

Tabela 8. Sistema de desinfecção existente – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Informação	Unidade	Valor
Produto utilizado	-	Dicloro isocianurato de sódio, bombona de 50 kg, teor de cloro ativo 60%
Dosagem atual	mg/L	8,0
Tempo de contato atual	min	10
Baias existentes	unidades	7
Extensão das baias	m	15
Largura das baias	m	1,8
Altura da lâmina d'água	m	2,5
Volume total	m ³	472,5
Vazão média de tratamento	L/s	613

A dosagem de 1 mg/L de dicloro isocianurato (em pH 7 e 25 °C) resulta em 0,61 mg/L de cloro ativo (61% do produto dosado). Aumentando a dosagem para 4 mg/L de dicloro isocianurato (nas mesmas condições de pH e temperatura), o resultado esperado de cloro livre é de apenas 1,60 mg/L (40% do produto dosado) (Wahman, 2018). Esta redução no teor de cloro livre resulta de interações intermoleculares do isocianurato em água, que aumentam a energia necessária para a reação de hidrólise, diminuindo a liberação do cloro. Portanto, a dosagem informada de 8 mg/L não resultará no teor de cloro ativo de 60%, que seria o esperado. Com baixo cloro ativo e baixo tempo de contato (10 minutos), não será alcançada a desativação desejada dos coliformes.

Durante o Estudo de Viabilidade, recomenda-se a realização de ensaios *jar test* para a determinação do cloro total ao longo do processo de desinfecção, bem como o cálculo do cloro livre a partir da calculadora da USEPA, de forma a caracterizar em maior detalhe este processo.

Para o presente estudo, foram considerados os valores teóricos de cloro total e isocianurato total resultantes da dosagem de 1 mg/L de dicloro isocianurato de sódio anidro: 0,65 mg/L e 0,59 mg/L, respectivamente (Wahman, 2018). Estes valores foram utilizados para cálculo do cloro livre (ativo), considerando pH 7, temperatura de 25 °C e dosagem total de 8 mg/L de dicloro isocianurato de sódio anidro. A concentração de cloro livre determinada foi de **1,72 mg/L**.

Foi informada a concentração de $4,20 \times 10^9$ NMP/100 mL de coliformes termotolerantes e $1,61 \times 10^7$ NMP/100 mL de *E. coli* no efluente bruto. Para atingir o objetivo de qualidade de 10^4 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, é necessário log 6 de desativação. Para tanto, recomenda-se a dosagem de 10 mg/L de cloro livre, com tempo de contato de 30 minutos. Na Tabela 9 estão indicados o volume mínimo calculado para a dosagem de 10 mg/L na hipoclorito de sódio (NaClO), comparado com o volume mínimo considerando 8 mg/L de dicloro isocianurato de sódio (NADCC).

Tabela 9. Volume mínimo de desinfecção com diferentes desinfetantes – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Informação	Unidade	Dosagem de 10 mg/L NaClO	Dosagem de 8 mg/L NADCC
Cloro Livre	mg/L	10.00	1.72
Tempo de contato	min	30	174
Vazão	L/s	613.0	613.0
Volume mínimo do tanque	m³	1103	6415
Volume adicional necessário	m³	631	5943

Como o dicloro isocianurato tem liberação de cloro reduzida quando aplicado em altas dosagens, o tempo de contato necessário para atingir o mesmo valor CT seria de quase 3 horas. Para tanto, seria necessário um tanque de mais de 6000 m³, quando o tanque existente possui apenas 472 m³. O hipoclorito de sódio, por outro lado, necessita de um tanque de desinfecção muito menor. No entanto, o tanque existente ainda é pequeno para atingir o objetivo de qualidade desejado para o reúso agrícola restrito para a vazão média da ETE, mesmo considerando aplicação de hipoclorito de sódio.

Para o presente estudo de caso não seria necessário atingir a qualidade proposta para toda a vazão da ETE, uma vez que apenas uma fração será utilizada nesta modalidade. As adequações da desinfecção são recomendadas independentemente do reúso, para atingir os critérios de qualidade de lançamento de efluente tratado sem alterar a qualidade do corpo receptor. No entanto, as adequações para tal fim devem ser avaliadas separadamente, de acordo com critérios específicos.

Para este estudo de caso, foi considerada uma etapa de desinfecção adicional com hipoclorito de sódio apenas para os 49,28 L/s que se pretende destinar para reúso. A Tabela 11 apresenta um resumo da estrutura prevista para tratamento adicional, com base nas premissas discutidas.

Tabela 10. Principais instalações de produção de água de reúso – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Unidade	Valor
Nova etapa de desinfecção		
Volume do tanque	m³	90
Desinfetante utilizado	-	Hipoclorito de Sódio
Dosagem	mg/L	10
Tempo de contato	min	30
Consumo de produto químico	kg/dia	43
Volume para armazenamento	m³	2,5

3.2.1.4 Instalações de distribuição de água de reúso

Conforme mencionado, a distribuição da água de reúso pode ser realizada por diferentes abordagens, que dependerão de critérios técnicos, financeiros e de articulação de partes interessadas. Para a Fazenda Miraflores, a solução indicada é uma linha de distribuição direta da ETE à entrada do terreno. Por se tratar de um consumidor pontual, considera-se que o escopo da distribuição se limita ao transporte até o limite da propriedade, onde pode ser instalado um reservatório de pequenas dimensões, caso o proprietário necessite de regularização de vazão. Para o PA Amaralina, são apresentadas três variantes da concepção do sistema de distribuição:

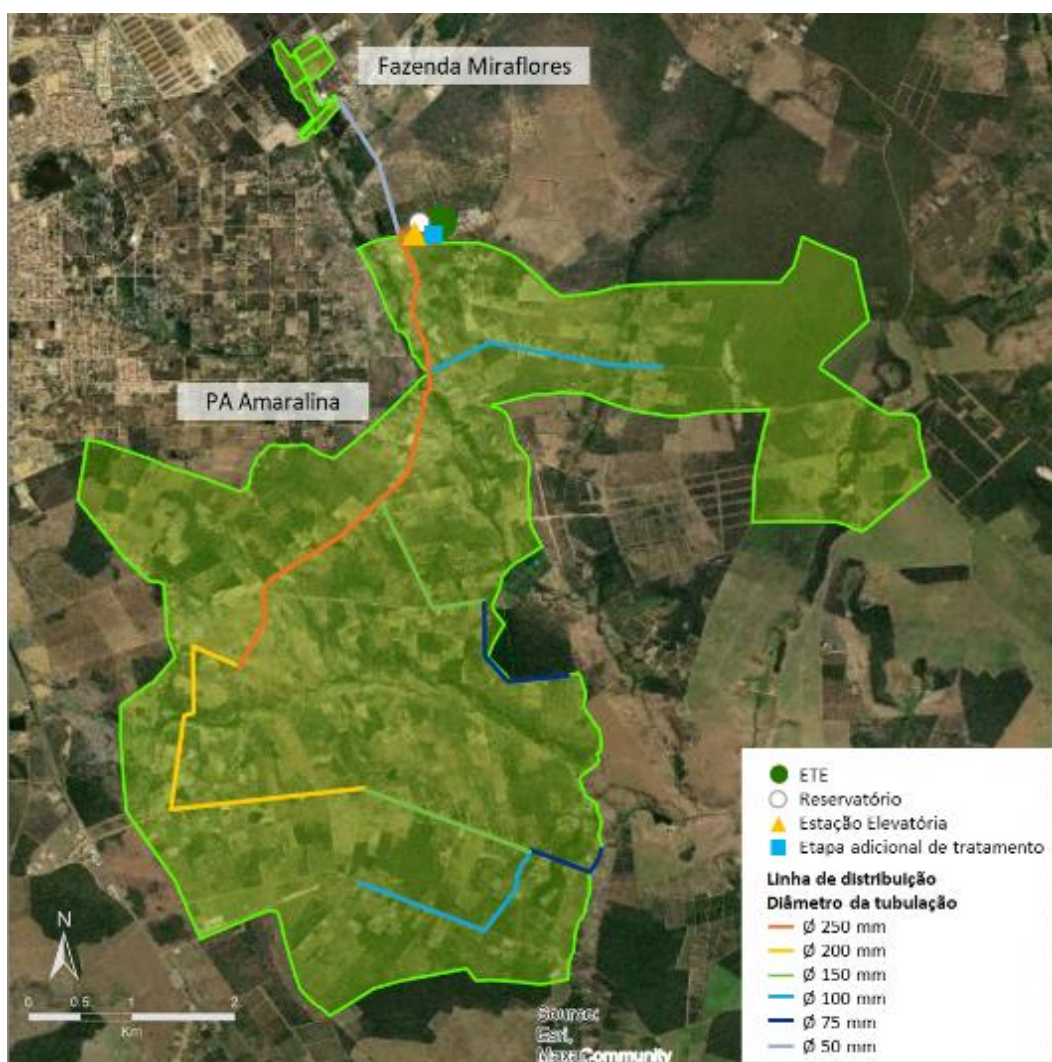
1. Distribuição a todos os possíveis consumidores identificados previamente por imagens de satélite

Esta concepção considera a implantação de linhas de distribuição para cada consumidor identificado previamente por imagem de satélite disponível pelo Google Earth. As localizações dos consumidores devem ser confirmadas durante o Estudo de Viabilidade e o traçado pode sofrer alterações.

Nessa concepção foi considerada uma estação elevatória para bombear toda a vazão e fornecer a carga necessária para o atendimento de todos os consumidores, com 10 metros de coluna d'água na chegada do consumidor mais distante. Para o atendimento da Fazenda Miraflores, foi considerada uma derivação de 50 mm a partir da adutora de 250 mm que sairá da ETE Vitória da Conquista.

A Figura 10 apresenta o traçado e os diâmetros dimensionados para a concepção. É importante salientar que este traçado não é um projeto de irrigação, e sim a distribuição até o ponto de entrega aos consumidores. Dentro da propriedade de cada consumidor, deverá ser elaborado o projeto de irrigação. Foi considerado um reservatório localizado na ETE Vitória da Conquista.

Figura 10. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas de distribuição - Variante 1



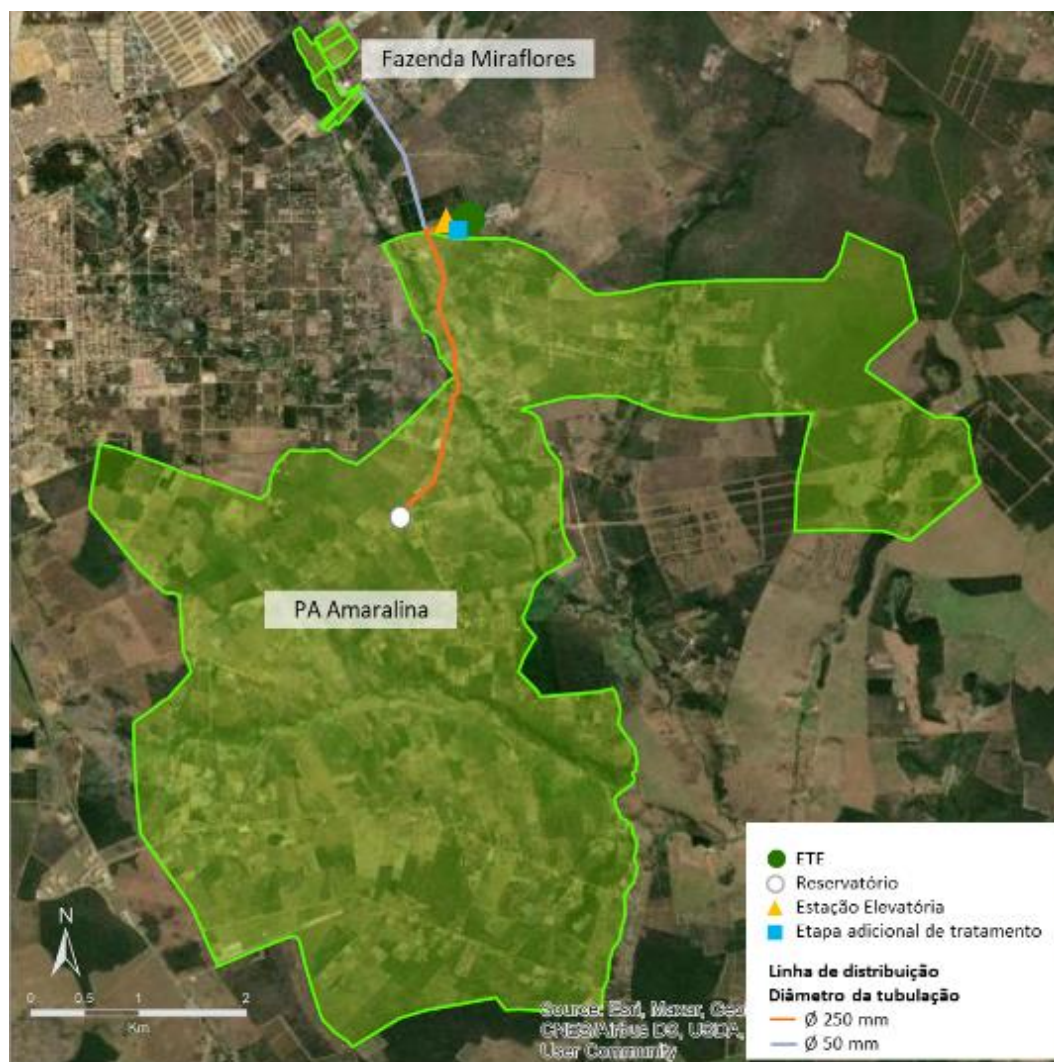
2. Transporte e reservação da água de reúso até um ponto central elevado dentro do PA Amaralina para posterior distribuição até os pontos de consumo;

Esta concepção considera a implantação de linha de recalque até um reservatório em um ponto central do PA Amaralina. A posição do reservatório foi selecionada de modo a permitir a posterior distribuição por gravidade até os pontos de consumo. No Estudo de Viabilidade, a elevação do terreno deve ser confirmada

a partir de levantamentos topográficos e/ou plantas com curvas de nível. Tanto a posição do reservatório quanto o traçado da linha de recalque podem sofrer alterações. Foi considerada ainda uma estação elevatória para bombear toda a vazão e fornecer a carga necessária para atender a 10 metros de coluna d'água tanto na Fazenda Miraflores, quanto no reservatório. Para o atendimento da Fazenda Miraflores, foi considerada uma derivação de 50 mm a partir da adutora de 250 mm que sairá da ETE Vitória da Conquista.

A Figura 11 apresenta o traçado e os diâmetros dimensionados para a concepção. É importante salientar que não foram consideradas as estruturas de distribuição do reservatório aos pontos de consumo. Tais estruturas são necessárias e onerosas. Seu dimensionamento e custo devem ser considerados em etapas posteriores de projeto, sendo necessário conceber alternativas técnicas e financeiras para sua viabilização. Uma possível vantagem desta concepção é a adoção de diâmetros menores para a distribuição até os consumidores, reduzindo o custo da obra.

Figura 11. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas de distribuição - Variante 2



3. Transporte e reservação da água de reúso até a divisa do terreno do PA Amaralina, próximo à ETE Vitória da Conquista.

Nesta concepção, o PA Amaralina foi tratado como um único consumidor considerando a entrega da água de reúso na divisa da propriedade, reduzindo o transporte desde a ETE Vitória da Conquista. A Figura 12 apresenta o traçado e os diâmetros dimensionados para a concepção. Nesta variante, o atendimento da Fazenda Miraflores e do PA Amaralina foi concebido com adutoras exclusivas a partir do reservatório a ser

implantado na área da ETE, com o intuito de viabilizar o transporte por gravidade, sem a necessidade de uma estação elevatória.

Para a Fazenda Miraflores, foi considerada uma tubulação de 75 mm. Para o reservatório na divisa do terreno do PA Amaralina, foi considerada uma tubulação de 250 mm.

Figura 12. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estruturas de distribuição - Variante 3



É importante salientar que, assim como na Variante 2, não foram consideradas as estruturas de distribuição do reservatório aos pontos de consumo. Tais estruturas são necessárias e onerosas. Seu dimensionamento e custo devem ser considerados em etapas posteriores de projeto, sendo necessário conceber alternativas técnicas e financeiras para sua viabilização.

A Tabela 11 apresenta um resumo das estruturas previstas para distribuição e reservação em cada alternativa elaborada, com base nas premissas discutidas.

Detalhes específicos sobre cada variante do sistema de distribuição, incluindo a extensão total das redes de distribuição, dimensionamentos e seleção dos materiais construtivos são apresentados no Anexo I, juntamente com requisitos dos sistemas de tratamento adicionais, bombeamento e reservatório.

Todos os dimensionamentos apresentados no Anexo I deverão ser revisados no momento do Estudo de Viabilidade, uma vez conhecidas as vazões de demandas. O traçado da rede de distribuição proposto nas variantes também poderá sofrer alterações em decorrência da caracterização dos potenciais consumidores.

Tabela 11. Principais instalações de e distribuição de água de reúso – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Unidade	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Reservatório de água de reúso				
Volume	m ³	1420	1410	1410
Tempo de detenção	h	8	8	8
Estação Elevatória				
Vazão de operação	L/s	44,50	50,57	-
Altura manométrica	mca	40,56	19,73	-
Potência consumida	kW	51,04	19,35	-
Arranjo das bombas	unidades	1 + 1 R	1 + 1 R	-
Linha de distribuição				
Material	-	PVC	PVC	PVC
Diâmetro Nominal (mm)		Extensão (m)	Extensão (m)	Extensão (m)
50		728	728	0
75		2.295	0	1.124
100		4.456	0	0
150		3.315	0	0
200		3.954	0	0
250		5.444	3.221	414

3.2.1.5 Estimativa de CAPEX

Para as três variantes de concepção da distribuição do conceito do projeto proposto, foram elaboradas estimativas de custo para as estruturas dimensionadas. O memorial de cálculo das estimativas de custo de investimento das instalações apresentadas está apresentado no Anexo I. Na Tabela 12, está indicado o CAPEX total considerado para cada variante do sistema de distribuição e a composição relativa do CAPEX por item considerado está indicada na Figura 13.

Cabe destacar as principais diferenças de concepção entre as variantes do sistema de distribuição do conceito proposto, para compreender as diferenças de custos:

- A Variante 1 considera a distribuição para todos os pontos de consumo identificados por imagem de satélite. Isso inclui 20 km de linhas de distribuição e uma estação elevatória;
- A Variante 2 considera recalque apenas a um reservatório localizado em um ponto central elevado no PA Amaralina, totalizando em torno de 4 km de adução e uma estação elevatória;
- A Variante 3 considera transporte por gravidade até os limites dos terrenos da Fazenda Miraflores e do PA Amaralina, totalizando 1,5 km de tubulação e sem necessidade de uma estação elevatória

Em consequência das diferenças de concepção, as estimativas de CAPEX da Variante 2 e 3 são bastante inferiores à Variante 1. Destaca-se que as redes de distribuição até os pontos de consumo e respectivos custos associados deverão ser inevitavelmente considerados nos estudos de viabilidade na elaboração do modelo de negócio.

Tabela 12. Estimativa de CAPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
	Especificação		Custo (R\$)	Especificação		Custo (R\$)	Especificação		Custo (R\$)
Nova etapa de desinfecção	90 m³	R\$	189.432	90 m³	R\$	189.432	90 m³	R\$	189.432
Reservatório	1420 m³	R\$	899.383	1410 m³	R\$	894.926	1410 m³	R\$	894.926
Estação Elevatória	44,50 L/s	R\$	585.936	50,5 L/s	R\$	634.513	-	R\$	-
Linha de distribuição	20,2 km Ø 50 a 250 mm	R\$	18.849.140	4,0 km Ø 50 e 250 mm	R\$	4.578.851	1,5 km Ø 75 e 250 mm	R\$	1.242.852
Subtotal - itens construtivos		R\$	20.523.892		R\$	6.297.724		R\$	2.327.211
Engenharia, Licenciamento e Aspectos Legais	3%	R\$	615.716	3%	R\$	188.931	3%	R\$	69.816
Gerenciamento de Construção e Administração	4%	R\$	820.955	4%	R\$	251.908	4%	R\$	93.088
Subtotal - itens não construtivos		R\$	1.436.672		R\$	440.840		R\$	162.904
Total CAPEX		R\$	21.960.564		R\$	6.738.565		R\$	2.490.115
CAPEX - 50%		R\$	10.980.282		R\$	3.369.282		R\$	1.245.057
CAPEX + 100%		R\$	43.921.129		R\$	13.477.130		R\$	4.980.231

Figura 13. Composição do CAPEX estimado – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

■ Nova Desinfecção

■ Reservatório

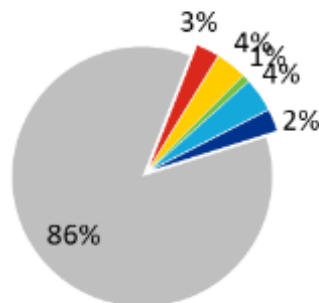
■ Estação Elevatória

■ Linha de Distribuição

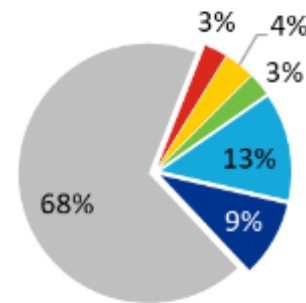
■ Engenharia, Licenciamento e Aspectos Legais

■ Gerenciamento de Construção e Administração

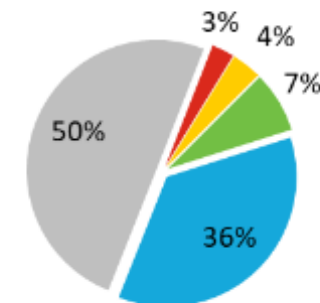
Alternativa 1



Alternativa 2



Alternativa 3



3.2.1.6 Estimativa de OPEX

Para as três variantes do sistema de distribuição do conceito do projeto proposto, também foi elaborada a estimativa de custos de operação. O memorial de cálculo das estimativas está apresentado no Anexo I. As estimativas aqui apresentadas foram elaboradas com base nas curvas de custo apresentadas no Produto 2. Analogamente ao CAPEX, os custos estimados por curvas com anos base diferentes de 2020 foram corrigidos pelo acumulado no período.

Na Tabela 13 está indicado o OPEX total considerado, e a composição relativa do OPEX por item considerado está indicada na Figura 14. Novamente, destacam-se as diferenças de concepção para compreender as diferenças de custos de operação:

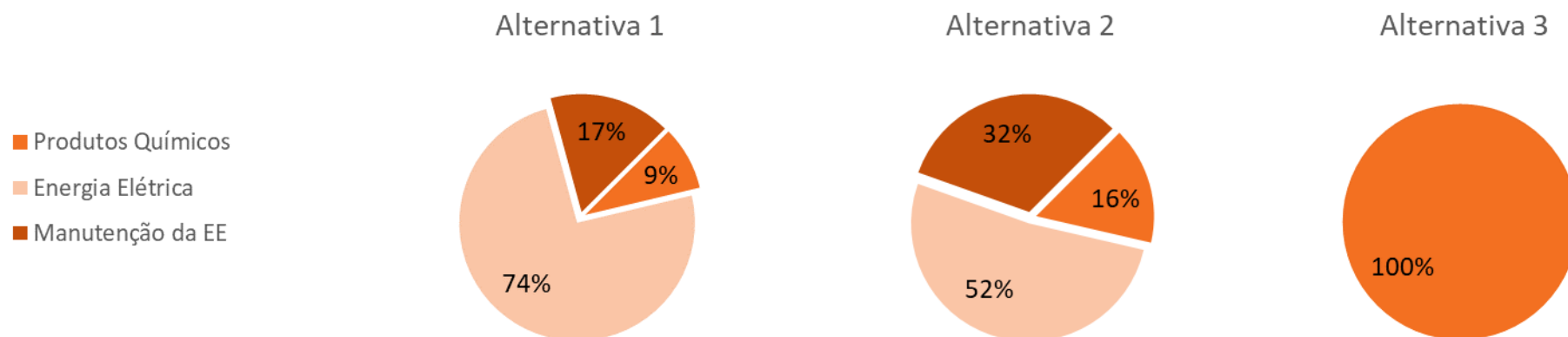
- Nas Variantes 1 e 2, é considerada uma estação elevatória para fornecer a carga necessária para a adução. Isso resulta em custos de manutenção da elevatória e energia elétrica proporcionais à vazão bombeada.
- A principal diferença entre a Variante 1 e a Variante 2 é o modelo da bomba, que foi selecionado preliminarmente em função da estimativa de perda de carga e desnível geométrico. Na Variante 2, a carga necessária é menor do que na Variante 1 e, portanto, foi possível selecionar um modelo de bomba com menor consumo energético. Em etapas posteriores de projeto, o modelo e o ponto de operação serão confirmados quando houver maior detalhamento dos dados de vazão de demanda e de topografia do terreno.
- Na Variante 3, não foi considerada uma estação elevatória, de forma que os custos de operação associados a ela não são considerados. No entanto, reitera-se que, na distribuição por gravidade, com as premissas adotadas, não foi possível fornecer 10 mca nos pontos finais das tubulações. Em etapas posteriores de projeto, caso seja avaliada a necessidade de aumentar a pressão disponível nas chegadas, poderá ser necessário considerar uma estação elevatória.

Neste estudo, são apresentados apenas os custos de operação mais relevantes ao projeto. Os demais custos, como manutenção dos sistemas de reservação e distribuição, devem ser avaliados na etapa de estudo de viabilidade.

Tabela 13. Estimativa de OPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Especificação	Custo (R\$/ano)	Especificação	Custo (R\$/ano)	Especificação	Custo (R\$/ano)
Produtos Químicos	43 kg/dia	R\$ 26.784	43 kg/dia	R\$ 26.784	43 kg/dia	R\$ 26.784
Energia Elétrica	51 kwh 24 h/d 365 d/ano	R\$ 227.298	19 kwh 24 h/d 365 d/ano	R\$ 86.159	-	R\$ -
Manutenção da Elevatória	1.403.217 m³/ano + 1 funcionário	R\$ 51.077	1.594.650 m³/ano + 1 funcionário	R\$ 53.297	-	R\$ -
Total OPEX		R\$ 305.160		R\$ 166.241		R\$ 26.784
<i>OPEX - 50%</i>		<i>R\$ 152.580</i>		<i>R\$ 83.120</i>		<i>R\$ 13.392</i>
<i>OPEX + 100%</i>		<i>R\$ 610.321</i>		<i>R\$ 332.483</i>		<i>R\$ 53.569</i>

Figura 14. Composição do OPEX estimado – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



3.2.1.7 Anualização dos custos

Com o objetivo de estimar os custos unitários por metro cúbico de água destinada ao reúso, foram realizadas estimativas de desembolso de CAPEX e OPEX mensalmente, para as três variantes do sistema de distribuição. Foi considerada uma inflação de 5% ao ano, e calculados os desembolsos para cenários de 10, 20 e 30 anos. A partir dos valores totais, foi calculado o custo médio por metro cúbico produzido, em cada cenário. Os resultados da anualização dos custos estão apresentados na Tabela 15 e as estimativas de custos por metro cúbico na Figura 15.

As estimativas aqui apresentadas servem como ordem de grandeza do custo unitário para este estudo de caso e podem contribuir para discussões a respeito de modelos de financiamento e de cobrança pela água de reúso.

Estes custos unitários, por serem resultantes de uma estimativa de custo Classe 5, também estão sujeitos às mesmas faixas de confiança. As faixas de valores esperados para o custo total por metro cúbico em cada cenário de anualização estão apresentadas na Tabela 14.

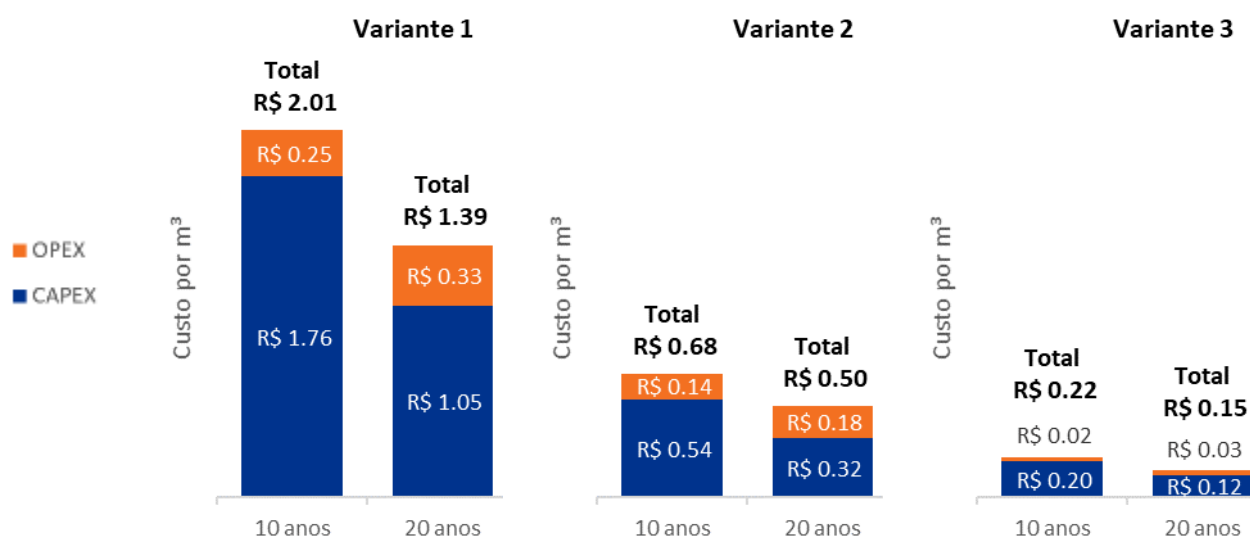
Tabela 14. Faixas de confiança dos custos unitários – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Variante	Cenário	-50% (R\$/m³)	Custo Estimado (R\$/m³)	+100% (R\$/m³)
Variante 1	10 anos	1,01	2,01	4,03
	20 anos	0,69	1,39	2,77
	30 anos	0,63	1,26	2,52
Variante 2	10 anos	0,34	0,68	1,34
	20 anos	0,25	0,50	1,00
	30 anos	0,24	0,49	0,98
Variante 3	10 anos	0,11	0,22	0,44
	20 anos	0,07	0,15	0,30
	30 anos	0,06	0,13	0,26

Tabela 15. Custos anualizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Cenário	Variante 1				Variante 2				Variante 3			
	CAPEX (R\$)		OPEX (R\$/ano)		CAPEX (R\$)		OPEX (R\$/ano)		CAPEX (R\$)		OPEX (R\$/ano)	
Não anualizado	R	21.960.5	R	305.161	R	6.738.56	R	166.242	R	2.490.11	R	26.785
	\$	65	\$		\$	5	\$		\$	6	\$	
10 anos	R	27.373.5	R	392.546	R	8.399.51	R	213.847	R	3.103.89	R	34.455
	\$	03	\$		\$	7	\$		\$	1	\$	
20 anos	R	32.741.7	R	515.982	R	10.046.7	R	281.091	R	3.712.59	R	45.289
	\$	07	\$		\$	42	\$		\$	3	\$	
30 anos	R	38.109.9	R	691.169	R	11.693.9	R	376.527	R	4.321.29	R	60.666
	\$	10	\$		\$	67	\$		\$	6	\$	

Figura 15. Custo por metro cúbico – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



3.2.1.8 Conclusões preliminares e recomendações

O uso de parte do efluente tratado na ETE Vitória da Conquista como reúso agrícola restrito no PA Amaralina e na Fazenda Miraflores destaca-se como uma oportunidade de atender a demandas existentes e reprimidas no município, fornecendo um recurso necessário para o desenvolvimento social e econômico da região.

O estudo de caso partiu de premissas específicas a partir de dados e estudos disponíveis. No entanto, no momento do Estudo de Viabilidade, algumas premissas necessitam de maior aprofundamento para caracterizar o projeto e atender às necessidades reais dos possíveis consumidores. Os principais pontos que necessitam de análises adicionais são:

- Caracterização das áreas irrigadas dos terrenos, para confirmação da demanda de água;
- Caracterização das culturas e solo, para determinar os objetivos de qualidade, qualidade além dos objetivos de qualidade para proteção da saúde pública que já foram consideradas.

A implementação da solução proposta apresenta algumas necessidades técnicas para viabilizar o reúso, incluindo, mas não limitadas a:

- Ajuste do monitoramento de parâmetros de qualidade do efluente tratado, para garantia da qualidade da água de reúso e proteção da saúde pública;
- Ajustes operacionais na etapa de desinfecção, possivelmente substituindo o produto atualmente utilizado (dicloro isocianurato de sódio) por outro desinfetante que melhor se adeque às necessidades de remoção de patógenos (como o hipoclorito de sódio);
- Construção de um reservatório para armazenar a água que será distribuída.

O fornecimento de água de reúso para agricultura familiar para possíveis consumidores no PA Amaralina possui complexidade técnica e necessita de cuidadosa concepção da solução técnica adequada. Foram apresentadas três variantes de concepção para a distribuição da água.

- A Variante 1 considerou estruturas de distribuição necessárias para alcançar todos os possíveis consumidores identificados por imagem de satélite no PA Amaralina e até a entrada da Fazenda Miraflores. As estruturas incluíram 20 km de redes de distribuição e uma estação elevatória. O custo destas estruturas é elevado, mas não pode ser desconsiderado para a avaliação da viabilidade do empreendimento.
- A Variante 2 considerou recalque da água de reúso até a Fazenda Miraflores e até um ponto central elevado no PA Amaralina para posterior distribuição até os pontos de consumo. Não foram consideradas as tubulações necessárias para alcançar os possíveis consumidores. Para tais estruturas, devem ser concebidas soluções técnicas e financeiras para a distribuição até os pontos de consumo
- A Variante 3 considerou transporte da água por gravidade até a Fazenda Miraflores e até um reservatório posicionado na divisa do terreno do PA Amaralina, próximo à ETE Vitória da Conquista. Além de não considerar as estruturas necessárias para a distribuição aos potenciais consumidores do PA Amaralina, a variante não considera bombeamento da água de reúso e, portanto, fornece uma pressão de chegada inferior a 10 mca nos dois pontos de chegada da tubulação. Caso opte-se por esta variante, devem ser elaboradas soluções técnicas e financeiras para as estruturas de distribuição e deve-se validar a pressão necessária.

Os custos apresentados ao longo deste estudo são parametrizados e diretamente dependentes da vazão de projeto. A confirmação das demandas por reúso na Fazenda Miraflores e, principalmente, no PA Amaralina, podem alterar tanto o CAPEX quanto o OPEX estimados e, com isso, os custos por metro cúbico de água de

reúso. Adicionalmente, o Estudo de Viabilidade poderá trazer novas alternativas de concepção que também resultem em mudanças nos custos. As estimativas aqui apresentadas são consideradas adequadas para as premissas do estudo de caso e aderente às práticas da AACE Internacional.

Além das necessidades de caracterização de demanda e necessidades técnicas para a viabilização do reúso, é importante ressaltar os aspectos institucionais e de relacionamento público inerentes a projetos de reúso. O presente estudo de caso englobou apenas aspectos técnicos relacionados a esta solução. A participação dos potenciais consumidores é fundamental para a compreensão das necessidades do projeto. Durante etapas posteriores, recomenda-se conversas com representantes e moradores do PA Amaralina e com o proprietário da Fazenda Miraflores. O trabalho de divulgação de informações e educação da população é essencial para a construção de uma percepção pública favorável à utilização do reúso agrícola.

3.3 Resumo Técnico

Na Tabela 16, as principais características técnicas do conceito são resumidas para comparação.

Tabela 16. Resumo dos estudos de caso

Aspecto	Reúso para Desenvolvimento no Semiárido
	ETE Vitória da Conquista
	Variante 1 Variante 2 Variante 3
Definição do conceito	Reúso agrícola restrito para irrigação de culturas: Linha de distribuição de água de reúso para os consumidores (Fazenda Miraflores e Projeto de Assentamento Amaralina)
Vazão disponível	307 L/s
Demanda	49,3 L/s Fazenda Miraflores = 0,45 L/s PA Amaralina = 48,8 L/s
Qualidade	Critério de qualidade (agrícola restrito) Cter. < 10 ⁴ Monitoramento do efluente tratado Cter = 4,4 x 10 ⁶
Monitoramento para o reúso	Necessário desenvolver plano de monitoramento mensal de Cter. e anual de ovos de helmintos

Aspecto	Reúso para Desenvolvimento no Semiárido		
	ETE Vitória da Conquista		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Tratamento	DAFA + Tanque de Aeração + Decantador Secundário + Tanque de Desinfecção Necessários ajustes operacionais na etapa de desinfecção		
Complementação tecnológica	Tanque de desinfecção: Hipoclorito de Sódio Volume tanque = 90 m ³ Dosagem = 10 mg/L Tempo de contato = 30 min Consumo NaClO = 43 kg/d		
Distribuição	Linha de distribuição Material = PVC Extensão = 20.203 m Diâmetros = 50, 75, 100, 150, 200 e 250 mm Estação Elevatória (1+1R) Q operação = 44,5 L/s AMT = 40,5 mca P consumida = 51 kW	Linha de distribuição Material = PVC Extensão = 3.949 m Diâmetros = 50 e 250 mm Estação Elevatória (1+1R) Q operação = 50,5 L/s AMT = 19,7 mca P consumida = 19,5 kW	Linha de distribuição Material = PVC Extensão = 1.538 m Diâmetros = 75 e 250 mm
Reservação	Reservatório na ETE Vitória da Conquista Volume = 1.420 m ³ Detenção = 8 h	Reservatório no centro do PA Amaralina Volume = 1.410 m ³ Detenção = 8 h	Reservatório na divisa do PA Amaralina Volume = 1.410 m ³ Detenção = 8 h
CAPEX	R\$ 21.960.564	R\$ 6.738.565	R\$ 2.490.115
OPEX	R\$ 305.160,69/ano	R\$ 166.241/ano	R\$ 26.784/ano
Custo por m³	R\$ 2,01 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos)	R\$ 0,68 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos)	R\$ 0,22 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos)

Nota: as Variantes 2 e 3 para o aproveitamento de água de reúso da ETE Vitória da Conquista não consideram a distribuição até os pontos de consumo do PA Amaralina. Caso sejam selecionadas, o Estudo de Viabilidade deve contemplar soluções técnicas e financeiras para a distribuição..

3.4 Benefícios e Obstáculos

Os benefícios esperados da implementação do conceito, bem como os obstáculos a serem superados, estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Principais benefícios e obstáculos esperados para cada Estudo de Caso avaliado

Estudo de Caso	Benefícios esperados	Obstáculos a serem superados
ETE Vitória da Conquista	• Aumento da produção agrícola familiar no PA Amaralina • Desenvolvimento econômico e social da região • Aproximação da Embasa com as famílias residentes no PA Amaralina, fortalecendo o relacionamento público. • Ganhos intangíveis em imagem com consumidores e órgãos públicos • Possível subsídio de órgãos públicos para a implementação do projeto	• Elevada necessidade de participação social e articulação de partes interessadas • Necessidade de caracterização de culturas e solos para refinamento de demandas, critérios de qualidade e monitoramento • Elevada complexidade técnica, necessitando de soluções para distribuição da água de reúso aos vários consumidores do PA Amaralina, o que encarece o conceito.

4 Conclusões e Recomendações

O conceito Reúso na ETE Vitória da Conquista se destaca pelos benefícios sociais e econômicos que pode trazer às famílias que vivem no PA Amaralina. Com o reúso, a produção agrícola poderá ser irrigada, aumentando sua produtividade e trazendo ganhos econômicos e de qualidade de vida à população. No entanto, a distribuição ao longo do terreno requer a instalação de uma estação elevatória e mais de 20 quilômetros de tubulações, apresentando maior complexidade técnica, financeira e de articulação de partes interessadas.

Com base nas análises apresentadas, o desenvolvimento do projeto-piloto na **ETE Vitória da Conquista** é relevante, devido ao potencial de benefícios sociais, econômicos e ambientais oriundos do reúso para irrigação de agricultura familiar no semiárido. A seleção da proposta na **Convocatória Ideias em Ação 2020 – Categoria Desafios** do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) colaborará na viabilidade do conceito, servirá como exemplo para outros empreendimentos e colaborar no direcionamento de ações para suprir carências existentes no desenvolvimento de projetos de reúso no estado da Bahia.

Assim, é necessário identificar e avaliar de forma detalhada os potenciais usuários dentro do PA Amaralina, considerando as variantes de encaminhamento da água de reúso produzida já avaliadas neste estudo preliminar, principalmente após contato com os potenciais consumidores em uma etapa posterior de estudo de viabilidade, diante das premissas e alto custo envolvido para este estudo de caso, para seleção da melhor variante de distribuição da água de reúso produzida, a fim de viabilizar o projeto, principalmente em relação à sua viabilidade financeira e econômica.

5 Referências Técnicas

- AACE. Cost estimate classification system – as applied in engineering, procurement, and construction for the process industries. AACE International. Estados Unidos, 2016.
- ANA, 2010. ATLAS Brasil de Abastecimento Urbano de Água. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília.
- ANA, 2016. Balanço Hídrico Quali-Quantitativo. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>. 2016.
- ANA, 2017. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília, 2017.
- ANA, 2017. Atlas Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada. Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente.
- ANA, 2020. Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017). 2020.
- BAHIA. Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. 2014.
- BAHIA. Decreto Estadual nº 14.024, de 06 de junho de 2012. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que instituiu a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e da Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2012
- BAHIA. Lei nº 11.612 de 08 de outubro de 2009. Da Política Estadual de Recursos Hídricos. 2009
- BAHIA. Resolução CONERH nº 01, de 22 de março de 2005. Aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia - PERH-BA. 2005.
- BAHIA. Resolução CONERH nº. 75, de 29 de julho de 2010. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. 2010.
- BAHIA. Resolução CONERH nº. 78, de 26 de agosto de 2010. Aprova o Regimento Interno do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2010.
- BRASIL. 2005. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.
- BRASIL. ABNT NBR 16782. Conservação de água em edificações — Requisitos, procedimentos e diretrizes. 2019.
- BRASIL. ABNT NBR 16783. Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. 2019
- BRASIL. ABNT NBR nº 13.969/1997. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997.
- BRASIL. ABNT NBR nº 9648:1986. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento
- BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
- BRASIL. FIESP/CIESP, 2004. Conservação e Reúso de água, Manual de orientações para o setor industrial, 2004.
- BRASIL. FIESP/ÚNICA/CTC/ANA, 2009. Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética, 2009.
- BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências.
- BRASIL. Lei nº 12.651/2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012.

- BRASIL. Portaria MS nº 2.914/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.
- BRASIL. Resolução CNRH nº 121/2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. 2010.
- BRASIL. Resolução CNRH nº 140/2012. Estabelece critérios gerais para outorga de lançamento de efluentes com fins de diluição em corpos de água superficiais. 2012.
- BRASIL. Resolução CNRH nº 153/2013. Estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território Brasileiro. 2013.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 274/2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. 2000.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 396/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 2008.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. 2009.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 430/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. 2011.
- BRASIL. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. 2005.
- BRASIL. SindusCon/FIESP/ANA, 2005. Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, 2005.
- CH2M, 2016. Estudo de Concepção dos Sistemas de Desinfecção das ETEs da Região Metropolitana de Recife e Goiana, Relatório Final. Elaborado para Odebrecht Ambiental em 2016.
- CH2M, 2018. Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil, PRODUTO VI, VII, VIII e IX. Para: Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura; acordo de Empréstimo Nº 8074-BR – Banco Mundial.
- CNI, 2017. Reúso de Efluentes: Metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial na RMSP, 2017.
- CNI, 2019. Reúso de efluentes para abastecimento industrial: Avaliação da oferta e da demanda nos Estados do Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. 2019.
- EMBRAPA. Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido - Engorda de Bovinos em Pastagens Irrigadas. 2005.
- IICA. Geoprocessamento e Cadastramento de Propriedades Rurais do Oeste da Bahia. Brasília, 2010.
- INCRA. Paineis de Assentamentos. Disponível em: <http://painel.incra.gov.br/sistemas/index.php>. 2020.
- INEMA. Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH. 2012.
- JIMENEZ e ASANO, 2008. Water reclamation and reuse around the world. In B. Jimenez and T. Asano, eds., Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs. London: IWA Publishing, p. 3-26. UK, 2008.
- JORDÃO e PESSÔA, 2017. Tratamento de Esgotos Domésticos. Rio de Janeiro: ABES, 8ed., 916p. 2017.
- LAVRADOR FILHO, José; NUCCI, Nelson Luiz Rodrigues. Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. 1987. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- METCALF & EDDY/AECOM, 2007. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. McGraw Hill. New York, NY, USA, 2007.
- METCALF & EDDY/AECOM, 2016. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos; tradução Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa, porto Alegre, Brasil, 2016
- MIERZWA, J. C.; HESPAHOL, I. Água na Indústria – Uso Racional e Reúso, Oficina de Textos, São Paulo, 2005.

- PROSAB. Reúso das Águas de Esgoto Sanitário, Inclusive Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento para esse Fim. 2006.
- SÃO PAULO. Resolução Conjunta SES/SMA nº 01/2020. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. 2020.
- STATE OF CALIFORNIA-HEALTH AND HUMAN SERVICES AGENCY. Guidelines for the Preparation of An Engineering Report for the Production, Distribution and Use Of Recycled Water. 2001
- TSUTIYA, M. Abastecimento de Água – 3ª edição. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643. São Paulo, 2006.
- USEPA. Unites States Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-04/108 Washington, DC, USA. 450p. 2004.
- USEPA. Unites States Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse. EPA/600/R-12/618. Washington, DC, USA. 2012;
- USEPA. Unites States Environmental Protection Agency. Process Design Manual: Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents. No. EPA/625/R-06/016, September 2006.
- VON SPERLING, M. Lagoas de Estabilização. 2ª ed. DESA-UFMG. 2002.
- VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. IWA Publishing, London, UK, 2005.
- WAHMAN, D. "Chlorinated Cyanurates: Review of Water Chemistry and Associated Drinking Water Implications." Journal American Water Works Association vol. 110.2018.
- WATEREUSE ASSOCIATION. Manual of Practice - How to Develop a Water Reuse Program.2009.
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Wastewater Use in Agriculture. V.2. Geneva, Switzerland. 218p. 2006.

ANEXO I. MEMORIAL DE CÁLCULO – ESTUDO DE CASO ETE VITÓRIA DA CONQUISTA

CÁLCULO DE CAPEX

SISTEMA DE TRATAMENTO ADICIONAL PARA ÁGUA DE REÚSO

Conforme mencionado na Seção 3.2.1.3, o sistema de tratamento adicional para o projeto de reúso na ETE Vitória da Conquista será composto por um tanque de desinfecção com adição de hipoclorito de sódio 12%.

As informações de base para o cálculo estimado do volume mínimo do tanque de desinfecção estão resumidas na Tabela 18.

Tabela 18. Cálculo do volume mínimo do tanque de desinfecção – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Produto	Concentração	Dosagem	Vazão	Tempo de contato	Volume mínimo	Consumo	Volume de armazenamento
Hipoclorito de sódio	12%	10 mg/L	49,28 L/s	30 min	90 m³	43 kg/dia	2,5 m³

As estimativas de custos de investimentos referentes à desinfecção incluem a construção do reservatório com finalidade de tanque de contato, do tanque de armazenamento de químicos, das baias de contenção, das bombas dosadoras e tubulações de dosagem. O cálculo foi baseado na curva de custo apresentadas no Produto 2 deste estudo, sendo o ano base 2010:

$$\text{Custo Desinfecção (R\$)} = 1,3 * \left\{ \left[\text{Volume(m}^3\text{)} \times 448 \times \left(\frac{\text{Volume(m}^3\text{)}}{500} \right)^{-0,37} \right] + [\text{Volume(m}^3\text{)}]^{1,465} \right\}$$

Com base na curva de CAPEX apresentada, foi possível estimar um custo de **R\$ 189.432** (corrigido para 2020 com base no INCC acumulado de 89,8%) para o processo de desinfecção, para a capacidade de 90 m³.

SISTEMAS DE BOMBEAMENTO, DISTRIBUIÇÃO E RESERVAÇÃO

1. Variante 1. Distribuição a todos os possíveis consumidores do PA Amaralina identificados previamente por imagens de satélite

Para os cálculos de dimensionamento dos sistemas de reservação, bombeamento e distribuição de água de reúso, foi utilizada a vazão média de 49,3 L/s de efluente tratado a ser encaminhado da ETE Vitória da Conquista à Fazenda Miraflores e ao PA Amaralina. Para essa variante, o traçado da rede foi proposto com base em imagens de satélites, seguindo o traçado viário e procurando atender ao maior número possível de residências identificadas.

Para a Fazenda Miraflores, foi considerado um consumo pontual de 0,45 L/s. O consumo total estimado do PA Amaralina foi de 48,8 L/s. O consumo total foi distribuído uniformemente pela extensão total do traçado proposto para o PA Amaralina (19,46 km), resultando na vazão de marcha de 2,559 L/s/km. Os diâmetros foram determinados de modo a não ultrapassar as velocidades máximas indicadas na Tabela 19. Na Figura 16 está apresentado o traçado da rede de distribuição proposta, com indicação dos diâmetros das tubulações.

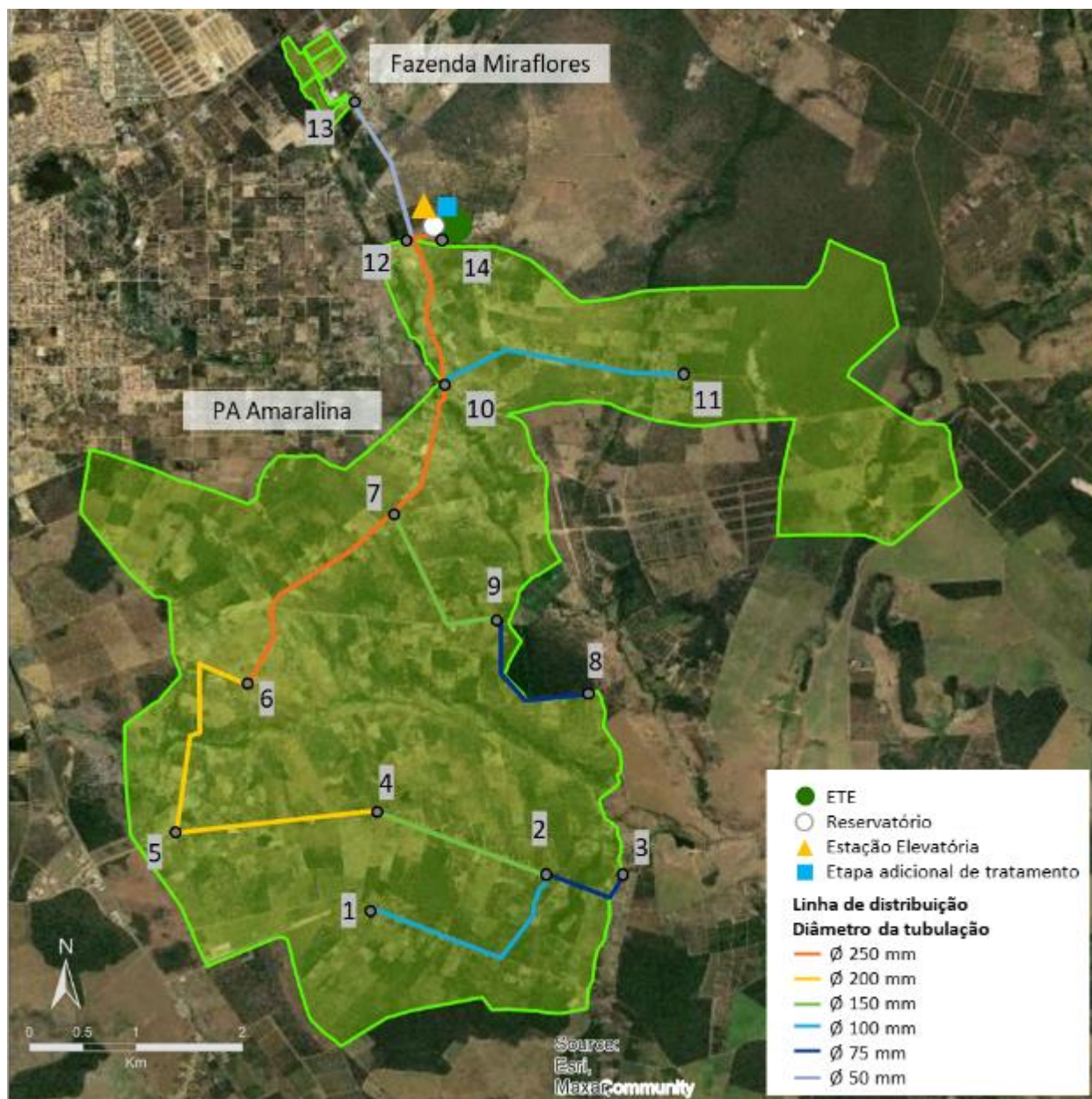
As elevações altimétricas foram estimadas com base no perfil de elevação disponível do *software* Google Earth. Em etapas posteriores do projeto, será necessário obter curvas de nível com maior precisão do terreno por onde se deseja fazer a distribuição, para ajustar o dimensionamento.

Tabela 19. Vazões e velocidades máximas por diâmetro

Diâmetro (mm)	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (L/s)
50	0,50	1,0
75	0,50	2,2
100	0,60	4,7
150	0,80	14,1
200	0,90	28,3
250	1,10	53,9
300	1,20	84,3
400	1,40	176,0

Fonte: adaptado de Tsutyia, 2006

Figura 16. Estruturas de reservação, bombeamento e distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)



Após o dimensionamento das tubulações, foi determinada a perda de carga de cada trecho, considerando tubulações de PVC. A partir das perdas de carga e dos desníveis geométricos, foi determinada a pressão necessária na ETE para atender a todos os consumidores, garantindo 10 metros de coluna d'água de pressão ao consumidor mais distante. Os resultados dos dimensionamentos estão apresentados na Tabela 20. Os trechos indicados são referentes aos segmentos apresentados na Figura 16, sendo os pontos numerados a partir do ponto mais distante até a ETE.

Tabela 20. Dimensionamento da rede de distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)

Informação	Unidade	Trecho												
		2-1	2-3	4-2	5-4	6-5	7-6	9-8	7-9	10-7	10-11	12-10	12-13	14-12
Extensão	m	216 1	853	167 2	182 5	212 9	221 5	144 2	164 3	142 5	229 5	141 9	728	396
Vazão	a jusante	L/s	0,00	0,00	7,71	11,9 9	16,6 6	22,1 1	0,00	3,69	35,6 8	0,00	45,2 0	0,45 49,2 8
	em marcha	L/s	5,53	2,18	4,28	4,67	5,45	5,67	3,69	4,20	3,65	5,87	3,63	0,00
	a montante	L/s	5,53	2,18	11,9 9	16,6 6	22,1 1	27,7 8	3,69	7,90	39,3 2	5,87	48,8 3	0,45 49,2 8
	fictícia	L/s	2,77	1,09	9,85	14,3 3	19,3 9	24,9 5	1,85	5,79	37,5 0	2,94	47,0 1	0,45 49,2 8
Diâmetro	mm	100	75	150	200	200	250	75	150	250	100	250	50	250
Velocidade	m/s	0,35	0,25	0,56	0,46	0,62	0,51	0,42	0,33	0,76	0,37	0,96	0,23	1,00
Material	-	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC
Coeficiente de Hazen Williams	-	135	125	140	140	140	140	125	140	140	135	140	125	140
Perda de carga total	m	3,61	1,20	3,81	2,05	4,18	2,34	5,34	1,40	3,19	4,29	4,83	1,45	1,47
Cota piezométrica	a montante	m	881,61	878,00	885,42	887,46	891,64	893,98	892,58	893,98	897,17	901,46	906,29	906,29
	a jusante	m	878,00	876,80	881,61	885,42	887,46	891,64	887,24	892,58	893,98	897,17	901,46	904,84
Cota do terreno	a montante	m	845,00	845,00	853,00	857,00	825,00	858,00	848,00	858,00	837,00	837,00	857,00	857,00
	a jusante	m	868,00	838,00	845,00	853,00	857,00	825,00	848,00	848,00	858,00	872,00	837,00	861,00
Pressão disponível	a montante	m	36,61	33,00	32,42	30,46	66,64	35,98	44,58	35,98	60,17	64,46	49,29	49,29
	a jusante	m	10,00	38,80	36,61	32,42	30,46	66,64	39,24	44,58	35,98	25,17	64,46	43,84

Os custos de capital das tubulações foram estimados com base nos custos unitários apresentados no Produto 2. Na Tabela 21 estão apresentados os custos unitários para o ano base 2010, custos corrigidos para 2020 a partir do INCC acumulado no período de 89,8%, extensões totais por diâmetro e custo total estimado.

Tabela 21. Estimativa de CAPEX de rede de distribuição - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista (Variante 1)

Diâmetro (mm)	Custo unitário (R\$/m) ano base 2010	Custo unitário (R\$/m) ano base 2020	Extensão (m)	Custo (R\$)	
50	96,67	183,58	728	R\$	133.573
75	314,76	597,41	2.295	R\$	1.371.066
100	340,34	645,97	4.456	R\$	2.878.421
150	430,95	817,94	3.315	R\$	2.711.481
200	563,14	1.068,84	3.954	R\$	4.226.192
250	727,13	1.380,09	5.455	R\$	7.528.406
Total			20.203	R\$	18.849.140

A partir do dimensionamento apresentado na Tabela 20, foi determinada a necessidade de **45,8 metros** de pressão disponível na saída da ETE para ser possível atender a todos os consumidores. Para superar a perda de carga na distribuição e o desnível geométrico, foi dimensionado um sistema de bombeamento. Foi traçada a curva de vazão por altura manométrica do sistema, por meio de alterações sucessivas da taxa de vazão por hectare, determinando a pressão necessária na saída da ETE para cada ponto.

Em seguida, foi selecionada uma bomba comercialmente disponível cuja curva atendesse à vazão e altura manométrica de projeto, com uma eficiência relativamente elevada. Foi selecionada preliminarmente uma bomba centrífuga horizontal, da marca KSB, modelo KWPK 80-250 2900 rpm Ø 200 mm. Não é imprescindível que esta bomba seja utilizada no projeto, e o tipo e modelo de bomba deverão ser revisados em etapas futuras do projeto, após serem consolidadas as demandas e características específicas. As curvas do sistema, da bomba, e a curva de potência da bomba estão apresentadas na Figura 17, bem como o ponto de operação e a potência de operação para este ponto. A Tabela 22 resume as informações de operação da bomba.

Figura 17. Curvas características do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)

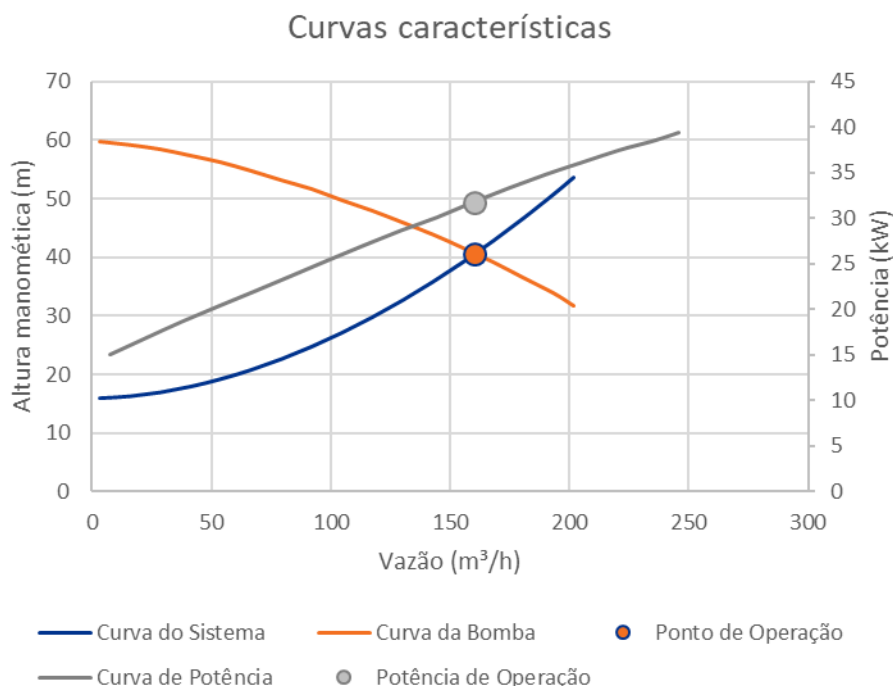


Tabela 22. Informações operacionais da bomba – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)

Informação	Unidade	Valor
Vazão de operação	m³/h	160,18
	L/s	44,50
Altura manométrica	Mca	40,56
Potência elétrica	kW	31,80
Eficiência do rotor	%	67%
Eficiência do motor	%	93%
Potência consumida	kW	51,04
Arranjo	Unidades	1 + 1 Reserva

Para a estimativa de CAPEX do sistema de bombeamento, foi utilizada a curva de custo obtida com base nas estimativas da Embasa, já corrigida para o ano base 2020, também apresentada no Produto 2.

$$\text{Custo Elevatória (R\$)} = 55,116 \times \text{Vazão (L/s)}^{0,6288}$$

A partir desta estimativa, o custo para uma estação elevatória de 44,5 L/s foi de **R\$ 585.936**.

Foi pré-dimensionado um reservatório para o tempo de detenção de 8 horas (um terço de um dia). Considerando a vazão de 49,3 L/s, a capacidade necessária para este tempo de detenção foi de 1420 m³.

Para a estimativa de custos do reservatório de água de reúso, também foi utilizada a curva desenvolvida pela SABESP e apresentada nos estudos da CNI (2017, 2019). A curva utilizada estima o custo com base no volume do reservatório, com ano base 2010. O custo calculado foi corrigido pelo INCC acumulado no período de 89,8%.

$$\text{Custo Reservatório (R\$)} = \left[\text{Volume (m}^3\text{)} \times 448 \times \left(\frac{\text{Volume (m}^3\text{)}}{500} \right)^{-0,37} \right] + \text{Volume (m}^3\text{)}^{1,465}$$

Esta estimativa resultou no custo de **R\$ 899,432**.

Para o Estudo de Viabilidade, recomenda-se que seja considerado, além do volume, o material do reservatório e a posição do tanque em relação ao terreno, além das condicionantes geotécnicas que interferem na definição das fundações. No caso desse estudo de caso, o reservatório estimado é caracterizado por execução em concreto armado, semi-enterrado.

2. Variante 2. Transporte e reservação da água de reúso até um ponto central elevado dentro do PA Amaralina para posterior distribuição até os pontos de consumo

Para os cálculos de dimensionamento dos sistemas de reservação, bombeamento e distribuição de água de reúso, foi utilizada a vazão média de 49,3 L/s de efluente tratado a ser encaminhado da ETE Vitória da Conquista à Fazenda Miraflores e ao PA Amaralina. Para essa variante, o traçado da rede foi proposto com base em imagens de satélites, seguindo o traçado viário até um reservatório localizado em um ponto central elevado do PA Amaralina. A posição do reservatório foi selecionada de modo a localizá-lo em um ponto elevado do terreno, para viabilizar a distribuição por gravidade do reservatório aos consumidores. Para tanto, foi utilizado o perfil de elevação disponível abertamente pelo Google Earth.

Para a Fazenda Miraflores, foi considerado um consumo pontual de 0,45 L/s. O consumo total estimado do PA Amaralina foi de 48,8 L/s.

Os diâmetros das tubulações da rede de distribuição foram determinados de modo a não ultrapassar as velocidades máximas indicadas na Tabela 23. Na Figura 18 está apresentado o traçado da rede de distribuição proposta, com indicação dos diâmetros das tubulações.

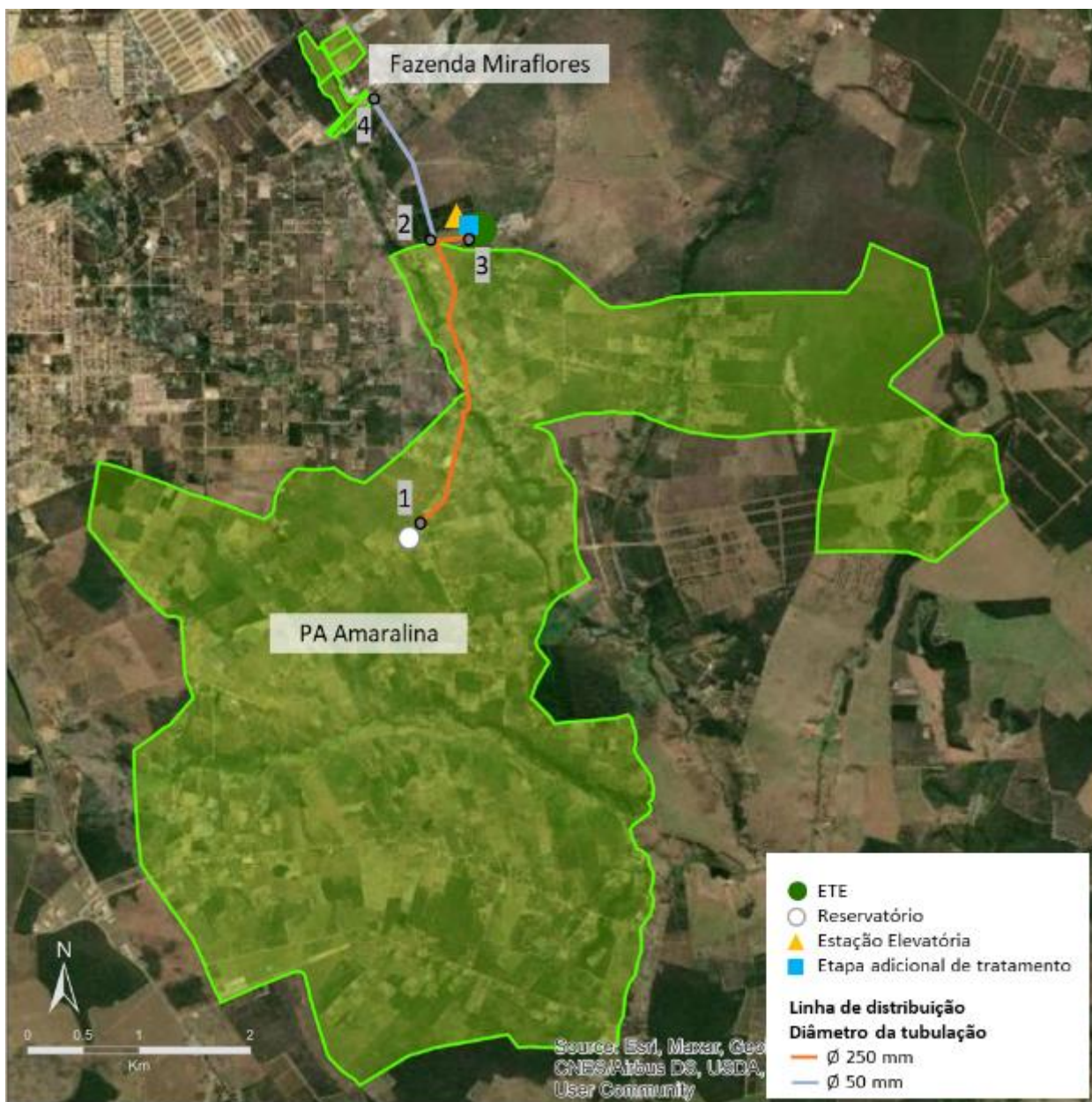
As elevações altimétricas foram estimadas com base no perfil de elevação disponível do *software* Google Earth. Em etapas posteriores do projeto, será necessário obter curvas de nível com maior precisão do terreno por onde se deseja fazer a distribuição, para ajustar o dimensionamento.

Tabela 23. Vazões e velocidades máximas por diâmetro

Diâmetro (mm)	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (L/s)
50	0,50	1,0
75	0,50	2,2
100	0,60	4,7
150	0,80	14,1
200	0,90	28,3
250	1,10	53,9
300	1,20	84,3
400	1,40	176,0

Fonte: adaptado de Tsutyia, 2006

Figura 18. Estruturas de reservação, bombeamento e distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)



Após o dimensionamento das tubulações, foi determinada a perda de carga de cada trecho, considerando tubulações de PVC. A partir das perdas de carga e dos desníveis geométricos, foi determinada a pressão necessária na ETE para atender os dois consumidores, garantindo 10 metros de coluna d'água de pressão no reservatório localizado no PA Amaralina. Os resultados dos dimensionamentos estão apresentados na Tabela 24. Os trechos indicados são referentes aos segmentos apresentados na Figura 18, sendo os pontos numerados a partir do ponto mais distante até a ETE.

Tabela 24. Dimensionamento da rede de distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)

Informação		Unidade	Trecho		
			2-1	2-4	3-2
Extensão		m	2825	728	3966
Vazão	a jusante	L/s	48,83	0,45	49,29
	em marcha	L/s	0	0	0
	a montante	L/s	48,83	0,45	49,28
	fictícia	L/s	48,83	0,45	49,28
Diâmetro		mm	250	50	250
Velocidade		m/s	0,99	0,23	1,00
Material		-	PVC	PVC	PVC
Coeficiente de Hazen Williams		-	140	125	140
Perda de carga total		m	10,32	1,45	1,47
Cota piezométrica	a montante	m	876,32	876,32	877,79
	a jusante	m	866,00	874,87	876,32
Cota do terreno	a montante	m	857,00	857,00	862,00
	a jusante	m	856,00	861,00	857,00
Pressão disponível	a montante	m	19,32	19,32	15,79
	a jusante	m	10,00	13,87	3,53

Os custos de capital das tubulações foram estimados com base nos custos unitários apresentados no Produto 2. Na Tabela 25 estão apresentados os custos unitários para o ano base 2010, custos corrigidos para 2020 a partir do INCC acumulado no período de 89,8%, extensões totais por diâmetro e custo total estimado.

Tabela 25. Estimativa de CAPEX de rede de distribuição - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista (Variante 2)

Diâmetro (mm)	Custo unitário (R\$/m) ano base 2010	Custo unitário (R\$/m) ano base 2020	Extensão (m)	Custo (R\$)	
50	96,67	183,58	728	R\$	133.573
250	727,13	1.380,09	3.221	R\$	4.445.279
Total			3.949	R\$	4.578.852

A partir do dimensionamento apresentado na Tabela 24, foi determinada a necessidade de **15,8 metros** de pressão disponível na saída da ETE para ser possível levar a água de reúso ao reservatório localizado no PA Amaralina. Para superar a perda de carga na distribuição e o desnível geométrico, foi dimensionado um sistema de bombeamento. Foi traçada a curva de vazão por altura manométrica do sistema, por meio de alterações sucessivas da taxa de vazão por hectare, determinando a pressão necessária na saída da ETE para cada ponto.

Em seguida, foi selecionada uma bomba comercialmente disponível cuja curva atendesse à vazão e altura manométrica de projeto, com uma eficiência relativamente elevada. Foi selecionada preliminarmente uma

bomba centrífuga horizontal, da marca KSB, modelo KWPK 100-403 1450 rpm Ø 280 mm. Não é imprescindível que esta bomba seja utilizada no projeto, e o tipo e modelo de bomba deverão ser revisados em etapas futuras do projeto, após serem consolidadas as demandas e características específicas. As curvas do sistema, da bomba, e a curva de potência da bomba estão apresentadas na Figura 19, bem como o ponto de operação e a potência de operação para este ponto. A Tabela 26 resume as informações de operação da bomba.

Figura 19. Curvas características do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)

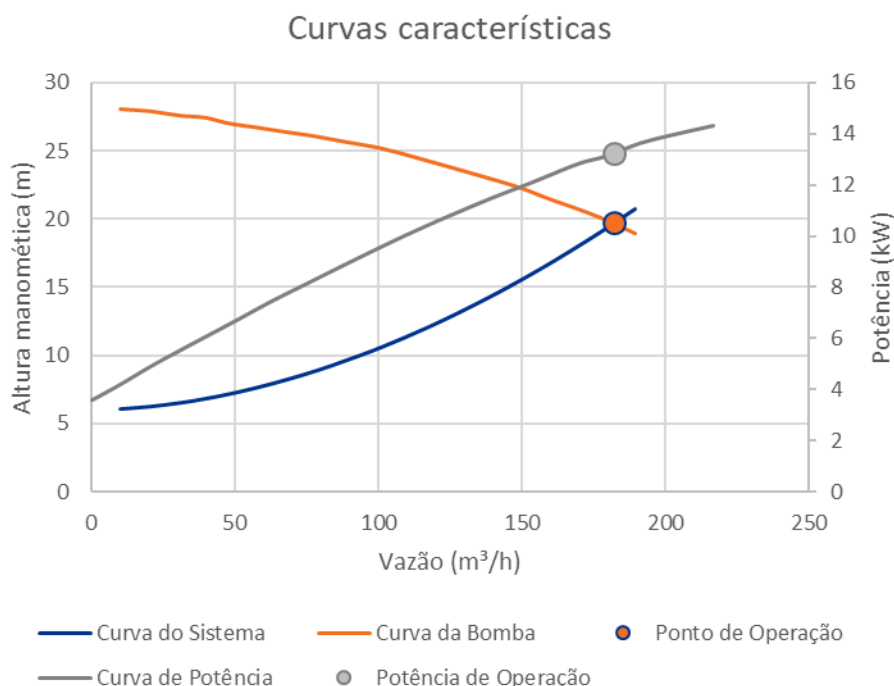


Tabela 26. Informações operacionais da bomba – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)

Informação	Unidade	Valor
Vazão de operação	m³/h	182,04
	L/s	50,57
Altura manométrica	Mca	19,73
Potência elétrica	kW	13,22
Eficiência do rotor	%	73,5%
Eficiência do motor	%	93%
Potência consumida	kW	19,35
Arranjo	Unidades	1 + 1 Reserva

Para a estimativa de CAPEX do sistema de bombeamento, foi utilizada a curva de custo obtida com base nas estimativas da Embasa, já corrigida para o ano base 2020, também apresentada no Produto 2.

$$\text{Custo Elevatória (R\$)} = 55,116 \times \text{Vazão (L/s)}^{0,6288}$$

A partir desta estimativa, o custo para uma estação elevatória de 50,6 L/s foi de **R\$ 634.513**

Foi pré-dimensionado um reservatório para o tempo de detenção de 8 horas (um terço de um dia). Considerando a vazão de 48,8 L/s, a capacidade necessária para este tempo de detenção foi de 1410 m³.

Para a estimativa de custos do reservatório de água de reúso, também foi utilizada a curva desenvolvida pela SABESP e apresentada nos estudos da CNI (2017, 2019). A curva utilizada estima o custo com base no volume do reservatório, com ano base 2010. O custo calculado foi corrigido pelo INCC acumulado no período de 89,8%.

$$Custo\ Reservatório\ (R\$) = \left[Volume\ (m^3) \times 448 \times \left(\frac{Volume\ (m^3)}{500} \right)^{-0,37} \right] + Volume\ (m^3)^{1,465}$$

Esta estimativa resultou no custo de **R\$ 894.926**

Para o Estudo de Viabilidade, recomenda-se que seja considerado, além do volume, o material do reservatório e a posição do tanque em relação ao terreno, além das condicionantes geotécnicas que interferem na definição das fundações. No caso desse estudo de caso, o reservatório estimado é caracterizado por execução em concreto armado, semi-enterrado.

3. Variante 3. Transporte e reservação da água de reúso até a divisa do terreno do PA Amaralina, próximo à ETE Vitória da Conquista.

Para os cálculos de dimensionamento dos sistemas de reservação, bombeamento e distribuição de água de reúso, foi utilizada a vazão média de 49,3 L/s de efluente tratado a ser encaminhado da ETE Vitória da Conquista à Fazenda Miraflores e ao PA Amaralina. Para a Fazenda Miraflores, foi considerado um consumo pontual de 0,45 L/s. O consumo total estimado do PA Amaralina foi de 48,8 L/s.

Para essa variante, o traçado da rede foi proposto com base em imagens de satélites, seguindo o traçado viário até um reservatório em um ponto na divisa do terreno do PA Amaralina, próximo à ETE. O atendimento da Fazenda Miraflores foi concebido separadamente do transporte ao reservatório, por meio de duas tubulações separadas. Tal opção foi selecionada com o intuito de viabilizar o transporte por gravidade, sem a necessidade de uma estação elevatória.

Os diâmetros das tubulações da rede de distribuição foram determinados de modo a não ultrapassar as velocidades máximas indicadas na Tabela 27. Na Figura 20 está apresentado o traçado da rede de distribuição proposta, com indicação dos diâmetros das tubulações.

As elevações altimétricas foram estimadas com base no perfil de elevação disponível do *software* Google Earth. Em etapas posteriores do projeto, será necessário obter curvas de nível com maior precisão do terreno por onde se deseja fazer a distribuição, para ajustar o dimensionamento.

Tabela 27. Vazões e velocidades máximas por diâmetro

Diâmetro (mm)	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (L/s)
50	0,50	1,0
75	0,50	2,2
100	0,60	4,7
150	0,80	14,1
200	0,90	28,3
250	1,10	53,9
300	1,20	84,3
400	1,40	176,0

Fonte: adaptado de Tsutyia, 2006

Figura 20. Estruturas de reservação, bombeamento e distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 3)



Após o dimensionamento das tubulações, foi determinada a perda de carga de cada trecho, considerando tubulações de PVC. A partir das perdas de carga e dos desníveis geométricos, foi determinada a pressão necessária na ETE para atender os dois consumidores. Os resultados dos dimensionamentos estão apresentados na Tabela 28. Os trechos indicados são referentes aos segmentos apresentados na Figura 20.

Tabela 28. Dimensionamento da rede de distribuição – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 3)

Informação	Unidade	Trecho	
		4-3	2-1
Extensão	m	414	1.124
Vazão	a jusante	L/s	48,83
	em marcha	L/s	0
	a montante	L/s	48,83
	fictícia	L/s	48,83
Diâmetro	mm	250	75
Velocidade	m/s	0,99	0,10
Material	-	PVC	PVC
Coeficiente de Hazen Williams	-	140	125
Perda de carga total	m	1,51	0,31
Cota piezométrica	a montante	m	862,00
	a jusante	m	860,49
Cota do terreno	a montante	m	862,00
	a jusante	m	856,00
Pressão disponível	a montante	m	0,00
	a jusante	m	4,49

Os custos de capital das tubulações foram estimados com base nos custos unitários apresentados no Produto 2. Na Tabela 29 estão apresentados os custos unitários para o ano base 2010, custos corrigidos para 2020 a partir do INCC acumulado no período de 89,8%, extensões totais por diâmetro e custo total estimado.

Tabela 29. Estimativa de CAPEX de rede de distribuição - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista (Variante 3)

Diâmetro (mm)	Custo unitário (R\$/m) ano base 2010	Custo unitário (R\$/m) ano base 2020	Extensão (m)	Custo (R\$)	
75	314,76	597,41	1.124	R\$	671.494
250	727,13	1.380,09	414	R\$	571.358
Total			3.949	R\$	1.242.852

Conforme apresentado na Tabela 28, para a Fazenda Miraflores, foi considerada uma tubulação de 75 mm, fornecendo em torno de 5,7 metros de coluna d'água na chegada da fazenda. Para o PA Amaralina, foi considerada uma tubulação de 250 mm, fornecendo em torno de 4,5 metros de coluna d'água na chegada do reservatório. Nos dois casos, não foi possível fornecer 10 mca nos pontos finais da distribuição, dadas as premissas consideradas. Caso verifique-se a necessidade de atingir esta pressão, poderá ser necessário considerar uma estação elevatória.

Foi pré-dimensionado um reservatório localizado na divisa do terreno do PA Amaralina para o tempo de detenção de 8 horas (um terço de um dia). Considerando a vazão de 48,8 L/s, a capacidade necessária para este tempo de detenção foi de 1410 m³.

Para a estimativa de custos do reservatório de água de reúso, também foi utilizada a curva desenvolvida pela SABESP e apresentada nos estudos da CNI (2017, 2019). A curva utilizada estima o custo com base no volume do reservatório, com ano base 2010. O custo calculado foi corrigido pelo INCC acumulado no período de 89,8%.

$$Custo\ Reservatório\ (R\$) = \left[Volume\ (m^3) \times 448 \times \left(\frac{Volume\ (m^3)}{500} \right)^{-0,37} \right] + Volume\ (m^3)^{1,465}$$

Esta estimativa resultou no custo de **R\$ 894.926**

Para o Estudo de Viabilidade, recomenda-se que seja considerado, além do volume, o material do reservatório e a posição do tanque em relação ao terreno, além das condicionantes geotécnicas que interferem na definição das fundações. No caso desse estudo de caso, o reservatório estimado é caracterizado por execução em concreto armado, semi-enterrado.

CAPEX TOTAL

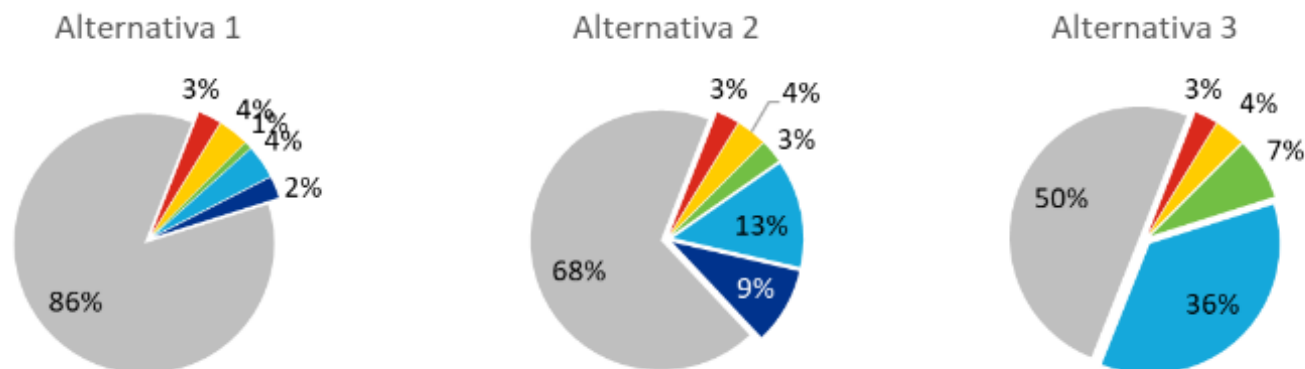
Adicionalmente aos custos construtivos, foram consideradas estimativas de 3% sobre o custo construtivo para custos de projetos de engenharia, licenciamento e aspectos legais; e 4% sobre o custo construtivo para custos de gerenciamento de construção e administração. Na Tabela 30, está indicado o CAPEX total considerado para cada variante e a composição relativa do CAPEX por item considerado está indicada na Figura 21.

Tabela 30. Estimativa de CAPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Especificação	Custo (R\$)	Especificação	Custo (R\$)	Especificação	Custo (R\$)
Nova etapa de desinfecção	90 m³	R\$ 189.432	90 m³	R\$ 189.432	90 m³	R\$ 189.432
Reservatório	1420 m³	R\$ 899.383	1410 m³	R\$ 894.926	1410 m³	R\$ 894.926
Estação Elevatória	44,50 L/s	R\$ 585.936	50,5 L/s	R\$ 634.513	-	R\$ -
Linha de distribuição	20,2 km Ø 50 a 250 mm	R\$ 18.849.140	4,0 km Ø 50 e 250 mm	R\$ 4.578.851	1,5 km Ø 75 e 250 mm	R\$ 1.242.852
Subtotal - itens construtivos		R\$ 20.523.892		R\$ 6.297.724		R\$ 2.327.211
Engenharia, Licenciamento e Aspectos Legais	3%	R\$ 615.716	3%	R\$ 188.931	3%	R\$ 69.816
Gerenciamento de Construção e Administração	4%	R\$ 820.955	4%	R\$ 251.908	4%	R\$ 93.088
Subtotal - itens não construtivos		R\$ 1.436.672		R\$ 440.840		R\$ 162.904
Total CAPEX		R\$ 21.960.564		R\$ 6.738.565		R\$ 2.490.115
CAPEX - 50%		R\$ 10.980.282		R\$ 3.369.282		R\$ 1.245.057
CAPEX + 100%		R\$ 43.921.129		R\$ 13.477.130		R\$ 4.980.231

Figura 21. Composição do CAPEX estimado - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista

- Nova Desinfecção
- Reservatório
- Estação Elevatória
- Linha de Distribuição
- Engenharia, Licenciamento e Aspectos Legais
- Gerenciamento de Construção e Administração



CÁLCULO DE OPEX

SISTEMA DE TRATAMENTO ADICIONAL PARA ÁGUA DE REÚSO

Para a estimativa de custo operacional do sistema de tratamento adicional foram utilizados os custos unitários de produtos químicos para desinfecção, ano base de 2016 (CH2M, 2016). Foi considerado Hipoclorito de Sódio 12% com dosagem de 10 mg/L, (consumo de 43 kg/dia), a um custo de R\$ 1,40/kg, resultando em um custo anual de operação de **R\$ 26.784 por ano** (corrigido para 2020 com base no INCC acumulado de 23,1%).

SISTEMA DE BOMBEAMENTO

1. Variante 1. Distribuição a todos os possíveis consumidores do PA Amaralina identificados previamente por imagens de satélite

O cálculo do consumo energético dos sistemas de bombeamento teve como base a potência estimada dos equipamentos, as horas de operação por dia, os dias de operação por ano e o custo de R\$ 0,43828/kWh (ano base 2017), considerado no estudo da CNI (2017). A Tabela 31 apresenta o custo de energia elétrica estimado para a variante, corrigido para o ano base de 2020 pelo INCC acumulado de 16%.

Tabela 31. Estimativa de OPEX para energia elétrica – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)

	Potência Consumida [kWh]	Horas/dia	Dias/ano	Custo unitário [R\$/kWh]	Custo Anual ⁽¹⁾
Bomba centrífuga horizontal	51,04	24	365	0,44	R\$ 227.298

¹ Corrigido para 2020 com base no INCC acumulado

Para a estimativa de custo de manutenção do sistema de bombeamento, foram considerados os valores apresentados no estudo da CNI (2017) de R\$ 0,01/m³ e um adicional de R\$ 2.500/mês por funcionário de operação (ano base de 2017). As informações de base para o cálculo estão resumidas na Tabela 32. O custo foi corrigido para 2020 com base no INCC acumulado de 16,0%.

Tabela 32. Estimativa de OPEX para manutenção do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 1)

	Vazão bombeada [L/s]	Volume bombeado anual (m³)	Custo unitário [R\$/m³]	Número de funcionários	Custo mensal funcionário	Custo Anual ⁽¹⁾
Manutenção	44,5	1.403.217	0,01	1	R\$ 2.500	R\$ 51.077

¹ Corrigido para 2020 com base no INCC acumulado

2. Variante 2. Transporte e reservação da água de reúso até um ponto central elevado dentro do PA Amaralina para posterior distribuição até os pontos de consumo

Assim como para a variante 1, o cálculo do consumo energético dos sistemas de bombeamento teve como base a potência estimada dos equipamentos, as horas de operação por dia, os dias de operação por ano e o custo de R\$ 0,43828/kWh (ano base 2017), considerado no estudo da CNI (2017). A Tabela 33 apresenta o custo de energia elétrica estimado para a variante, corrigido para o ano base de 2020 pelo INCC acumulado de 16%.

Tabela 33. Estimativa de OPEX para energia elétrica – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)

	Potência Consumida [kWh]	Horas/dia	Dias/ano	Custo unitário [R\$/kWh]	Custo Anual ⁽¹⁾
Bomba centrífuga horizontal	19,3	24	365	0,44	R\$ 86.159

¹ Corrigido para 2020 com base no INCC acumulado

Para a estimativa de custo de manutenção do sistema de bombeamento, foram considerados os valores apresentados no estudo da CNI (2017) de R\$ 0,01/m³ e um adicional de R\$ 2.500/mês por funcionário de operação (ano base de 2017). As informações de base para o cálculo estão resumidas na Tabela 34. O custo foi corrigido para 2020 com base no INCC acumulado de 16,0%.

Tabela 34. Estimativa de OPEX para manutenção do sistema de bombeamento – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista (Variante 2)

	Vazão bombeada [L/s]	Volume bombeado anual (m ³)	Custo unitário [R\$/m ³]	Número de funcionários	Custo mensal funcionário	Custo Anual ⁽¹⁾
Manutenção	50.57	1.594.650	0,01	1	R\$ 2.500	R\$ 53,298

¹ Corrigido para 2020 com base no INCC acumulado

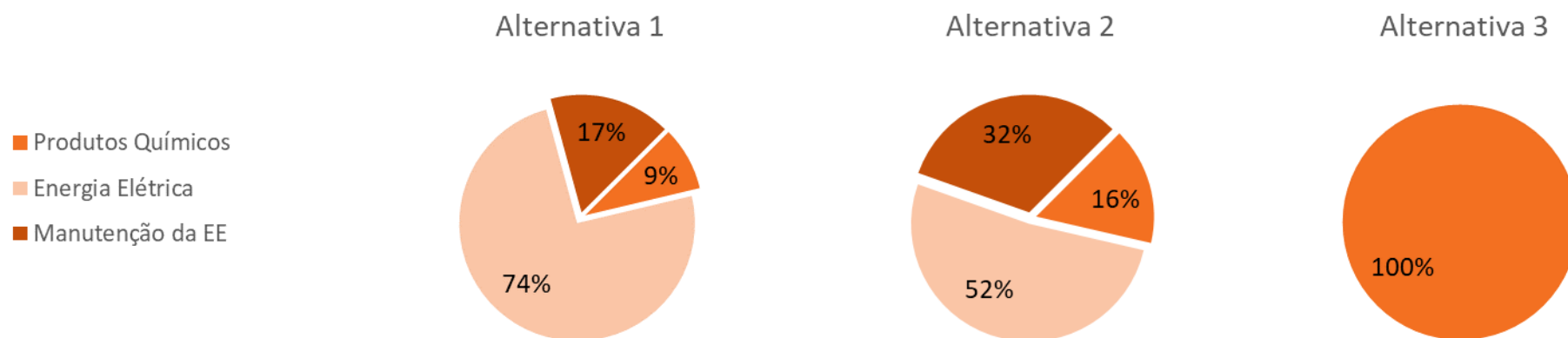
OPEX TOTAL

Na Tabela 35, está indicado o OPEX total considerado para cada variante e a composição relativa do OPEX por item considerado está indicada na Figura 22.

Tabela 35. Estimativa de OPEX Classe 5 - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista

Item	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Especificação	Custo (R\$/ano)	Especificação	Custo (R\$/ano)	Especificação	Custo (R\$/ano)
Produtos Químicos	43 kg/dia	R\$ 26.784	43 kg/dia	R\$ 26.784	43 kg/dia	R\$ 26.784
Energia Elétrica	51 kwh 24 h/d 365 d/ano	R\$ 227.298	19 kwh 24 h/d 365 d/ano	R\$ 86.159	-	R\$ -
Manutenção da Elevatória	1.403.217 m³/ano + 1 funcionário	R\$ 51.077	1.594.650 m³/ano + 1 funcionário	R\$ 53.297	-	R\$ -
Total OPEX		R\$ 305.160		R\$ 166.241		R\$ 26.784
<i>OPEX - 50%</i>		<i>R\$ 152.580</i>		<i>R\$ 83.120</i>		<i>R\$ 13.392</i>
<i>OPEX + 100%</i>		<i>R\$ 610.321</i>		<i>R\$ 332.483</i>		<i>R\$ 53.569</i>

Figura 22. Composição do OPEX estimado - Estudo de Caso 1 - ETE Vitória da Conquista



ANUALIZAÇÃO DOS CUSTOS

Para a estimativa dos custos marginais da água de reúso foram considerados os custos de CAPEX e OPEX anualizados para 10, 20 e 30 anos, considerando 5% de inflação ao ano. A Tabela 36 resume os cálculos considerados para estimar o custo por metro cúbico para os três cenários de anualização considerados para cada variante.

Tabela 36. Anualização de custos e estimativa de custo por metro cúbico – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item		Variante 1			Variante 2			Variante 3		
		10 Anos	20 Anos	30 Anos	10 Anos	20 Anos	30 Anos	10 Anos	20 Anos	30 Anos
CAPEX (R\$)		21.960.564	21.960.564	21.960.564	6.738.565	6.738.565	6.738.565	2.490.116	2.490.116	2.490.116
OPEX (R\$/ano)		305.160	305.160	305.160	166.242	166.242	166.242	26.785	26.785	26.785
Inflação (% a.a.)		5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Desembolso Total (R\$)	CAPEX	27.373.506	32.741.706	38.109.910	8.399.517	10.046.742	11.693.967	3.103.891	3.712.593	4.321.296
	OPEX	3.925.464	10.319.631	20.735.055	2.138.470	5.621.812	11.295.808	344.548	905.781	1.819.971
	CAPEX + OPEX	31.298.967	43.061.338	58.844.966	10.537.987	15.668.553	22.989.775	3.448.439	4.618.375	6.141.266
Desembolso Médio Anual (R\$/ano)	CAPEX	2.737.350	1.637.085	1.270.330	839.952	502.337	389.799	310.389	185.630	144.043
	OPEX	392.546	515.981	691.168	213.847	281.091	376.527	34.455	45.289	60.666
	CAPEX + OPEX	3.129.896	2.153.066	1.961.498	1.053.799	783.428	766.326	344.844	230.919	204.709
Volume Anual (m³)		1.554.181	1.554.181	1.554.181	1.554.181	1.554.181	1.554.181	1.554.181	1.554.181	1.554.181
Custo médio por m³ (R\$/m³)	CAPEX	1,76	1,05	0,82	0,54	0,32	0,25	0,20	0,12	0,09
	OPEX	0,25	0,33	0,44	0,14	0,18	0,24	0,02	0,03	0,04
	CAPEX + OPEX	2,01	1,39	1,26	0,68	0,5	0,49	0,22	0,15	0,13

