



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica & Escola de Química  
Programa de Engenharia Ambiental

Marcela Fernandes Pieroni

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE REÚSO EM  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: Estudo de Caso para a Zona Oeste  
do Rio de Janeiro.

Rio do Janeiro

2016



UFRJ

Marcela Fernandes Pieroni

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE REÚSO EM  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: Estudo de Caso para a Zona Oeste  
do Rio de Janeiro.

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Engenharia Ambiental,  
Escola Politécnica & Escola de Química,  
da Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Monica Pertel  
Coorientadora: Iene Christie Figueiredo

Rio de Janeiro  
2016

Pieroni, Marcela Fernandes

Avaliação da Viabilidade de Implantação de Unidades de Reúso em Estações de Tratamento de Esgoto: Estudo de Caso para a Zona Oeste do Rio de Janeiro. / Marcela Fernandes Pieroni. – 2016.

112 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2015.

Orientadora: Monica Pertel;

Coorientadora: Iene Christie Figueiredo

1. Água de Reúso. 2. Sistema de Esgotamento Sanitário. 3. Estação de Tratamento de Esgoto. I. Pertel, Monica. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Avaliação da Viabilidade de Implantação de Unidades de Reúso em Estações de Tratamento de Esgoto: Estudo de Caso para



UFRJ

Marcela Fernandes Pieroni

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE REÚSO EM  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: Estudo de Caso para a Zona Oeste  
do Rio de Janeiro.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

---

Ana Silva Pereira Santos, D. Sc., UERJ

---

Fabiana Valéria da Fonseca, D. Sc., EQ/UFRJ

---

Isaac Volschan Junior, D.Sc., DRHIMA - EP/UFRJ

Rio de Janeiro  
2016

*À minha família, que mesmo distante, permaneceu presente em todas as fases de minha vida, oferecendo-me apoio, incentivo e amor incondicionais.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família pela paciência, apoio e carinho durante toda a trajetória da minha vida.

Agradeço às minhas orientadoras do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da UFRJ, Professora Monica Pertel e Iene Christie pelo apoio e incentivo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos Professores do Programa de Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ) Isaac Volshan, Lídia Yokoyama e Juacyara Campos pelo apoio ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à equipe do Labtare da UFRJ, em especial, ao técnico Leandro Matosinho e às alunas Nathalia Oliveira e Luana pelo apoio durante os experimentos práticos.

Agradeço à minha empresa Foz Águas 5 que me propiciou o ingresso no curso de mestrado. Em especial, aos profissionais Teresa Cordeiro, Gabriel Roberti, Leonardo Righeto, Euvaldo Ramos e Cláudio Guilherme, que de alguma forma contribuíram para o trabalho e me incentivaram na trajetória do curso.

Aos colegas com os quais convivo na minha vida profissional por acreditarem no meu trabalho.

## RESUMO

PIERONI, Marcela Fernandes. Avaliação da Viabilidade de Implantação de Unidades de Reúso em Estações de Tratamento de Esgoto - Estudo de Caso para a Zona Oeste do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da prática de reúso para três diferentes estações de tratamento de esgoto (ETE) localizadas na zona oeste do Rio de Janeiro. Para a ETE Santa Cruz, o estudo propõe avaliar a viabilidade econômica de implantação de uma Estação de Água de Reúso (ETAR) para fornecer água a um polo industrial; Para a ETE Deodoro, o estudo propõe avaliar a capacidade atual da ETAR existente e a necessidade de ampliação da mesma para o atendimento da demanda da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb), que em contrapartida, receberia a disposição de lodo e dos resíduos das ETEs em seu aterro sanitário; Já para a ETE Sepetiba, o estudo avalia a implantação de uma ETAR, considerando dois cenários para a demanda de água: o primeiro apenas para o atendimento dos serviços de operação e manutenção das redes de esgoto; e o segundo para o atendimento destes serviços e também de parte da demanda da Comlurb. Os resultados demonstraram que, para a ETAR de Santa Cruz, a tarifa a ser empregada para a venda da água foi calculada em R\$ 6,31 por m<sup>3</sup>, para o atendimento de uma taxa interna de retorno (TIR) de 16%. O VPL obtido foi de R\$ 13.677.662,42 e o *Payback* do investimento de aproximadamente 7 anos. Para a ETAR Sepetiba, o primeiro cenário demonstrou uma economia de água de 540 m<sup>3</sup> por mês, o que representa um ganho mensal de R\$ 10.033,20 e proporciona um *Payback* de investimento de 33 meses. Para a ETAR Deodoro, a análise dos resultados foi feita em conjunto com o segundo cenário da ETAR Sepetiba, já que para esta situação, ambas forneceria água de reúso a Comlurb. Para a demanda mensal da Comlurb de 2.352 m<sup>3</sup>, o custo mensal de fornecimento seria de R\$ 12.654,81. Este valor seria revertido em crédito para a disposição de lodo e resíduos das ETEs no aterro sanitário da Comlurb. O *Payback* dos investimentos das ETARs seria de cerca de 12 meses.

Palavras-chave: Água de reúso; Sistema de Esgotamento Sanitário; Estação de Tratamento de Esgoto.

## ABSTRACT

PIERONI, Marcela Fernandes. Avaliação da Viabilidade de Implantação de Unidades de Reúso em Estações de Tratamento de Esgoto - Estudo de Caso para a Zona Oeste do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

This study aimed to evaluate the economic viability of reuse practice for three different Waste Water Treatment Plants (WWTP) located in the West Zone of Rio de Janeiro. For WWTP Santa Cruz, the study evaluate the economic viability of implementing a Reuse Water Plant (RWP) to provide water supply to an industrial complex; For WWTP Deodoro, the study evaluate the current capacity of the existing RWP and the need for expansion to provide reuse water to the Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb), which in turn, would accept the disposal of sludge and waste in its landfill; For WWTP Sepetiba, the study evaluate the implementation of a RWP, considering two scenarios for the water demand: the first scenario would provide water only for operation and maintenance services of sewage networks; and the second scenario would provide water for these services and also for a part of the Comlurb demand. The results demonstrated for RWP Santa Cruz that the reuse water tax was valued at R\$ 6.31 per m<sup>3</sup>, for a Internal Rate of Return (IRR) set at 16%. Net Present Value (NPV) obtained was R\$ 13,677,662.42 and the investment payback would happened around 7 years. For RWP Sepetiba, the first scenario showed a saving of 540 m<sup>3</sup> of water per month, which means a gain of R\$ 10,033.20 and provides an investment Payback of 33 months. For RWP Deodoro, the results analysis were made jointly with the second scenario of RWP Sepetiba, as to this situation, both would provide reuse water to Comlurb. For a monthly Comlurb demand of 2,352 m<sup>3</sup>, the provision of cost would be R\$ 12.654,81. This value would be reverted in credit for the disposal of sludge and waste from WWTPs to the Comlurb landfill. The Payback of the RWP Deodoro and Sepetiba investment would be about 12 months.

Key-Words: Water Reuse; Sewage System; Waste Wate Treatment Plant.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Nível de estresse hídrico para o ano de 2040, considerando o cenário de consumo atual de água. Fonte: <i>World Resources Institute</i> , (2015). .....	16
Figura 2: Aquapolo. Fonte: TAE, 2011. ....	49
Figura 3: Município do Rio de Janeiro dividido nas áreas de planejamento e as ETEs selecionadas para estudo. ....	54
Figura 4: a) ETAR de Deodoro (à esquerda); b) Reservatórios da ETAR de Deodoro (à direita). ....	55
Figura 5: a) ETE Santa Cruz (à esquerda); b) ETAR Santa Cruz (à direita). ....	60
Figura 6: a) Filtro disco (à esquerda); b) Fluxo de funcionamento da membrana (à direita). ....	65
Figura 7: Skid de membrana de ultrafiltração. ....	66
Figura 8: Caminhamento da linha de recalque da ETE ao Polo Industrial. ....	70
Figura 9: Ilustração do skid de tratamento para água de reúso. Fonte: Proposta fornecedor. ....	85
Figura 10: Layout da ETAR de Sepetiba; a) Cenário 1 (à esquerda); b) Cenário 2 (à direita). ....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Crescimento da População Mundial (1950 – 2050).....	18
Tabela 2: Contribuição de esgoto por tipo de prédio e ocupante. ....	20
Tabela 3: Características típicas de sólidos no esgoto bruto. ....	21
Tabela 4: Métodos de determinação da matéria orgânica no esgoto.....	23
Tabela 5: Valores típicos de parâmetros químicos.....	25
Tabela 6: Principais microrganismos .....	25
Tabela 7: Tipos de tratamentos secundários, qualidade média do efluente e eficiência média de remoção de poluentes.....	29
Tabela 8: Classes de água de reúso e padrões de qualidade segundo NBR 13969/97.....	38
Tabela 9: Recomendação mínima para monitoramento microbiológico para o uso de água residuária na agricultura.....	39
Tabela 10: Diretrizes da USEPA para reúso urbano. ....	40
Tabela 11: Diretrizes PROSAB para reúso urbano <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> .....	40
Tabela 12: Parâmetros de qualidade da água relacionados ao reúso industrial.....	41
Tabela 13: Parâmetros de qualidade da água importantes para água de resfriamento.....	43
Tabela 14: Parâmetros de qualidade para água de reúso com aplicação em torres de resfriamento. ....	46
Tabela 15: Resumo das informações das ETEs em estudo.....	57
Tabela 16: Dimensionamento poço de sucção.....	61
Tabela 17: Dimensões das estruturas de concreto do poço de sucção de esgoto tratado.....	61
Tabela 18: Percentual de material escavado segundo a categoria de solo. ....	62
Tabela 19: Parâmetros a serem atendidos pelo tratamento na ETAR.....	64
Tabela 20: Especificações técnicas da membrana.....	65
Tabela 21: Dimensionamento da obra civil da unidade de tratamento.....	67
Tabela 22: Dimensionamento da obra civil do reservatório.....	68
Tabela 23: Dimensionamento do poço de sucção de água de reúso.....	69
Tabela 24: Dimensões das estruturas de concreto da estação elevatória.....	69
Tabela 25: Dimensionamento da casa de medição.....	72
Tabela 26: Características de operação e dosagem de produto químico para a ETAR de Santa Cruz.....	73
Tabela 27: Característica de operação das bombas da ETAR de Santa Cruz.....	74
Tabela 28: Tarifas de energia vigentes para média tensão.....	74
Tabela 29: Demanda de água de reúso pela Comlurb.....	77
Tabela 30: Demanda de água de reúso previsto para a ETAR de Deodoro.....	78
Tabela 31: Dados para dimensionamento das obras civis da ETAR de Deodoro.....	80
Tabela 32: Características de operação e dosagem de produto químico para a ETAR de Deodoro.....	81
Tabela 33: Característica das bombas da ETAR.....	81
Tabela 34: Produção de Resíduo Sólido nas ETEs da AP5.....	82
Tabela 35: Quantidade de sólidos grosseiros removidos em função do espaçamento entre barras... ..	83

Tabela 36: Remoção de areia segundo várias referências brasileiras. ....	83
Tabela 37: Demanda de água de reúso para a ETAR de Sepetiba. ....	84
Tabela 38: Dados para dimensionamento das obras civis da ETAR de Sepetiba. ....	86
Tabela 39: Características de operação e dosagem de produto químico da ETAR de Sepetiba. ....	87
Tabela 40: Tempo de operação da ETAR de Sepetiba. ....	87
Tabela 41: Característica das bombas da ETAR de Sepetiba. ....	88
Tabela 42: Tarifa de água para a categoria comercial. ....	88
Tabela 44: Custos de investimento do poço de sucção de esgoto tratado da ETAR de Santa Cruz. .	91
Tabela 45: Custos de investimento para a unidade de tratamento da ETAR de Santa Cruz. ....	92
Tabela 46: Custos de investimento para o reservatório de água de reúso da ETAR de Santa Cruz. .	93
Tabela 47: Custos de investimento para a elevatória e linha de recalque da ETAR de Santa Cruz. ..	93
Tabela 48: Custos de investimento para a casa de medição. ....	94
Tabela 49: Resumo dos custos de investimentos para a ETAR de Santa Cruz. ....	95
Tabela 50: Custos de Operação de Manutenção da ETAR de Santa Cruz. ....	96
Tabela 51: Análise de viabilidade dos investimentos para a ETAR de Santa Cruz. ....	98
Tabela 52: Resultado do cálculo de tarifa de água para a ETAR de Santa Cruz. ....	99
Tabela 53: Comparação entre os resultados obtidos no tratamento de água de reúso em Bora Bora com os limites desejados pela ETAR de Santa Cruz. ....	101
Tabela 54: Custos de investimento para ampliação da ETAR de Deodoro. ....	103
Tabela 55: Custos mensais de OPEX para ETAR de Deodoro. ....	104
Tabela 56: Custos mensais com a disposição dos resíduos sólidos e lodo das ETEs em operação. ....	104
Tabela 57: Custo mensal de disposição de lodo para o Nereda da ETE Deodoro. ....	105
Tabela 58: Custo mensal de disposição de RS para o Nereda da ETE Deodoro. ....	105
Tabela 59: Custos totais com a disposição de lodo e resíduos sólidos das ETEs da zona oeste. ....	105
Tabela 60: Custos de investimentos para implantação da ETAR de Sepetiba. ....	106
Tabela 61: Custos mensais de OPEX para ETAR de Deodoro. ....	107
Tabela 62: Resultado do estudo de viabilidade de implantação da ETAR de Sepetiba (Cenário 1) .	107
Tabela 63: Custos de operação e manutenção das ETARs de Deodoro e Sepetiba. ....	108
Tabela 64: Análise de viabilidade dos investimentos para a ETAR de Deodoro e Sepetiba. ....	110
Tabela 65: Resultado do cálculo de tarifa de água para as ETARs de Deodoro e Sepetiba. ....	111
Tabela 66: Resultados finais da viabilidade das ETARs de Deodoro e Sepetiba. ....	112
Tabela 67: Tabela resumo de resultados das ETARs. ....	113

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Disponibilidade e consumo de água .....	16
2.2	Geração de esgoto .....	18
2.2.1	Características Físicas dos Esgotos .....	21
2.2.2	Características Químicas dos Esgotos .....	22
2.2.3	Características Biológicas dos Esgotos .....	25
2.2.4	Tratamento de Esgoto .....	27
2.3	Água de reúso .....	30
2.3.1	Conceito e Tipos.....	30
2.3.2	Aplicações do Reúso de Água.....	32
2.3.2.1	Reúso para Fins Urbanos não Potáveis .....	33
2.3.2.2	Reúso Industrial .....	35
2.3.3	Critérios de Qualidade para Reúso.....	37
2.3.3.1	Critérios de Qualidade para Reúso Urbano.....	39
2.3.3.2	Critérios de Qualidade para Reúso Industrial .....	41
2.3.3.2.1	Água de Reúso para Resfriamento.....	42
2.3.3.2.2	Padrões de Qualidade para Água de Resfriamento .....	45
2.4	Estudos de Caso .....	47
2.4.1	Usos Industriais de Água de Reúso no Condado de Los Angeles, Califórnia..	47
2.4.2	Aquapolo, São Paulo - Brasil .....	48
2.4.3	Projeto São Caetano - SP.....	49
2.4.4	ETE Penha e ETE Alegria – Rio de Janeiro.....	50
2.5	Análise Econômico-Financeira.....	51
2.5.1	Taxa Mínima de Atratividade .....	51
2.5.2	Valor Presente Líquido .....	51
2.5.3	Taxa Interna de Retorno.....	52
2.5.4	<i>Payback</i> .....	53
2.6	Descrição das ETEs de Estudo .....	53
2.6.1	ETE Santa Cruz.....	54
2.6.2	ETE Deodoro.....	55
2.6.3	ETE Sepetiba .....	56
3	METODOLOGIA.....	57
3.1	Estação de Água de Reúso da ETE Santa Cruz.....	59
3.1.1	Custos de capital ou investimento para a ETAR Santa Cruz (CAPEX) .....	60

3.1.1.1	Coleta de esgoto tratado.....	60
3.1.1.2	Unidade de Tratamento de Reúso da ETAR de Santa Cruz.....	63
3.1.1.3	Reservatório.....	67
3.1.1.4	Estação elevatória de água de reúso e linha de recalque .....	68
3.1.2	Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Santa Cruz .....	72
3.1.3	Estudo da tarifa a ser empregada e avaliação da viabilidade da ETAR de Santa Cruz	74
3.2	Estação de Água de Reúso da ETE Deodoro .....	76
3.2.1	Custos de ampliação da reservação para a ETAR de Deodoro (CAPEX).....	79
3.2.2	Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Deodoro .....	80
3.3	Geração de Resíduos Sólidos e Lodo das ETEs .....	82
3.4	Estação de Água de Reúso na ETE Sepetiba.....	83
3.4.1	Custos de capital ou investimento para a ETAR de Sepetiba (CAPEX) .....	84
3.4.2	Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Sepetiba .....	86
3.4.3	Avaliação da viabilidade da ETAR de Sepetiba .....	88
3.5	Avaliação da viabilidade para ETAR Deodoro e ETAR de Sepetiba .....	89
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	91
4.1	Estação de Água de Reúso da ETE Santa Cruz.....	91
4.1.1	Custos de capital ou investimento (CAPEX) para a ETAR de Santa Cruz .....	91
4.1.2	Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Santa Cruz .....	95
4.1.3	Avaliação da viabilidade para a ETAR de Santa Cruz .....	97
4.2	Estação de Água de Reúso da ETE Deodoro .....	102
4.2.1	Custos de capital ou investimento (CAPEX) para a ETAR Deodoro .....	102
4.2.2	Custos de Operação e Manutenção para a ETAR de Deodoro (CAPEX) .....	104
4.3	Custos com a Geração de Resíduos Sólidos e Lodo das ETEs.....	104
4.4	Estação de Água de Reúso da ETE Sepetiba.....	106
4.4.1	Custos de capital ou investimento (CAPEX) para a ETAR de Sepetiba .....	106
4.4.2	Custos de Operação e Manutenção (OPEX) para a ETAR de Sepetiba .....	106
4.4.3	Avaliação da viabilidade para a ETAR de Sepetiba .....	107
4.5	Avaliação da viabilidade para a ETAR Deodoro e ETAR de Sepetiba .....	107
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
6	RECOMENDAÇÕES .....	116
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

## 1 INTRODUÇÃO

O panorama atual no que diz respeito à gestão dos recursos hídricos enfrenta sérios problemas quanto à compatibilização entre a crescente demanda de água e a disponibilidade deste recurso natural. O Brasil é um país privilegiado neste aspecto, pois em seu território se localizam as mais extensas bacias hidrográficas do planeta. Entretanto, muitas delas estão distantes dos principais centros populacionais e industriais do país, o que ocorre também com as maiores potências mundiais, que demandam água em quantidade cada vez maiores (MANCUSO & SANTOS, 2003). Além do fator geográfico e das variações sazonais relacionadas ao ciclo hidrológico da água, a disponibilidade hídrica tem sido prejudicada pela poluição e deterioração dos mananciais, seja pela falta de controle, seja pela falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição final de esgotos e disposição adequada de resíduos sólidos. Em consequência, a produção de água de boa qualidade, dentro de padrões mundiais de potabilidade, torna-se cada vez mais onerosa, induzindo-se a priorização do abastecimento para consumo humano.

Segundo dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2016), as principais atividades relacionadas ao consumo de água são agricultura, indústria e o uso doméstico, que inclui o consumo humano e serviços urbanos (hospitais, creches, escolas, parques, centros esportivos, entre outros). No Brasil, a proporção de consumo é 60% para agricultura, 17% para indústria e 20% para o uso doméstico (FAO, 2016). A tendência é que a parcela do uso doméstico seja cada vez mais priorizada, em detrimento de outros usos como o industrial.

Em face aos problemas de disponibilidade de água, vem crescendo em todo o mundo a consciência em torno da importância de seu uso racional. As condições de disponibilidade de água doce no planeta, a distribuição desigual na extensão territorial, o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização, a poluição dos corpos hídricos e as mudanças climáticas são fatores que incentivam a busca por alternativas para um uso mais eficiente deste recurso.

Neste contexto, a água de reúso para aplicações menos nobres se tornou uma opção atrativa para prover a conservação e o aumento da disponibilidade dos recursos hídricos, pois pode substituir a água potável para usos que requerem um nível de qualidade menos restritiva. O reúso de água consiste no reaproveitamento de determinada água que já foi insumo para alguma atividade humana. O tipo de

tratamento a ser empregado dependerá dos padrões e critérios de qualidade pretendidos para a sua reutilização. Assim, a prática do reúso ao mesmo tempo que diminui a demanda por água potável do sistema público e a retirada de água das fontes naturais (rios, lagos, lençóis freáticos, etc), promove o tratamento e a reciclagem de esgoto e efluentes diversos, que deixam de ser fontes poluidoras dos sistemas hídricos.

A utilização de efluentes de Estações Municipais de Tratamento de Esgotos, especialmente para os usos urbano e industrial, trouxeram para os planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos um importante instrumento, uma nova fonte de recurso ou substituição de fonte, para complementar a disponibilidade hídrica existente.

Com base no exposto sobre a escassez hídrica e a busca de alternativas para o reaproveitamento de água, este trabalho se propõe a estudar três Estações de Tratamento de Esgoto na zona oeste do Rio de Janeiro, com vistas a implantação e/ou ampliação de unidades de reúso de água. A motivação do trabalho constitui-se em três vertentes principais: econômica, social e ambiental. Na vertente econômica, os benefícios estão relacionados a diminuição dos custos com a substituição da água potável pela água de reúso para atividades de fins menos nobres. Na vertente social, os benefícios são verificados na cadeia produtiva, que ganha com a ampliação das oportunidades de negócios para as empresas fornecedoras de equipamentos e serviços, além dos funcionários envolvidos (empregos diretos e indiretos). No meio ambiente, a solução impacta positivamente na redução de pressão sobre a captação de água bruta e, claro, na preservação dos recursos hídricos voltados para o consumo da população.

O trabalho compreendeu o estudo de três ETEs, a saber:

- ETE Santa Cruz, através da avaliação da viabilidade de implantação de uma ETAR para fornecimento de água industrial ao polo industrial de Santa Cruz;
- ETE Deodoro, através da avaliação da capacidade de fornecimento de água de reúso produzida na ETAR existente à Comlurb, em troca da disposição de resíduo e lodo no aterro sanitário;
- ETE Sepetiba, através da avaliação da viabilidade de implantação de uma ETAR, nos mesmos moldes da ETE Deodoro, para utilização pela operação e pela equipe de execução de obras de esgotamento sanitário, bem como a

avaliação da viabilidade de disponibilização de água de reúso à Comlurb, em troca da disposição de resíduo e lodo desta ETE no aterro sanitário;

### **Objetivos Gerais**

Avaliar a viabilidade econômica do reúso industrial e urbano não potável para estações de tratamento de esgoto localizadas na zona oeste do Rio de Janeiro.

### **Objetivos Específicos**

- Levantar os custos de investimentos para implantação da unidade de reúso da ETE de Santa Cruz visando abastecimento industrial em sistema de resfriamento;
- Levantar os custos de investimentos para implantação e ampliação das unidades de reúso da ETE Deodoro e ETE Sepetiba para fins urbanos não potáveis;
- Estimar os custos de operação e manutenção das unidades de reúso a serem implantadas/ampliadas;
- Quantificar a geração de lodo e resíduos pelas ETEs em operação na zona oeste e levantar os custos de disposição destes resíduos;
- Avaliar a viabilidade de implantação do sistema de reúso na ETE Santa Cruz, considerando o fornecimento de água de resfriamento ao Distrito Industrial de Santa Cruz;
- Avaliar a viabilidade de implantação dos sistemas de reúso nas ETEs Deodoro e Sepetiba, considerando o retorno com a negociação de disposição dos resíduos das ETEs em troca da disponibilidade de água de reúso a Comlurb.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Disponibilidade e consumo de água

Apesar de o planeta constituir-se primordialmente de água, a maior parte deste recurso encontra-se nos mares e oceanos (cerca de 78%) como água salgada, restando uma pequena parcela de água doce. A água doce, por sua vez, encontra-se, em sua maior parte, em forma de gelo nas calotas polares, restando menos de 1% da quantidade de água do planeta acessível para o consumo.

Não só a água disponível para o consumo humano representa uma parcela ínfima da quantidade de água total no planeta, mas também a sua distribuição varia consideravelmente ao longo da extensão territorial em função de condições geográficas e hidrológicas, ocasionando grande disponibilidade em alguns países enquanto que em outros, escassez hídrica severa.

A Figura 1 apresenta um estudo realizado pelo *World Resources Institute* sobre o nível de estresse hídrico projetado para 2040 em todos os países. Os níveis são categorizados pela taxa de retirada de água e a sua respectiva disponibilidade. A categoria baixa corresponde a uma taxa de até 10%; a categoria baixa a médio a uma taxa de 10 a 20%; a categoria média a alta a uma taxa de 20 a 40%; a categoria alta a uma taxa de 40 a 80%; e a categoria extremamente alta a uma taxa acima de 80%.

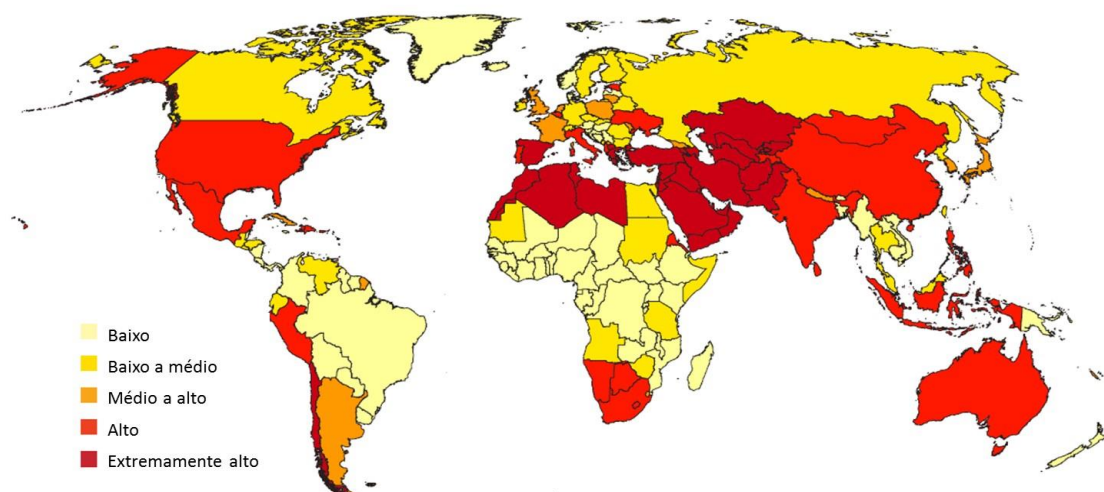


Figura 1: Nível de estresse hídrico para o ano de 2040, considerando o cenário de consumo atual de água. Fonte: *World Resources Institute*, (2015).

As mudanças climáticas também merecem destaque acerca do tema de disponibilidade de água, já que exercem influência direta sobre o balanço hídrico no planeta. As alterações dos padrões climáticos provocam mudanças nos regimes de chuvas e o aumento de temperatura, afetando a recarga dos mananciais, o aumento da evaporação através dos solos e superfícies e o aumento da transpiração vegetal. Chuvas fortes, grandes secas e ondas intensas de calor ou frio são alguns eventos resultantes das mudanças climáticas que afetam diretamente a oferta de água no mundo (WWAP, 2014, 2015b).

Em paralelo aos efeitos da mudança climática, o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização e o aumento da produção e consumo geraram um aumento excessivo na demanda por água. As áreas urbanas do mundo, particularmente aquelas de países em desenvolvimento, devem absorver essa população em crescimento, refletindo em aumento na demanda por água potável, saneamento, energia elétrica, entre outros serviços que requerem água para sua produção e distribuição (USEPA, 2012; WWAP, 2014, 2015b).

Na década de 50, a população mundial crescia, em média, 49 milhões de habitantes por ano. Na década de 70, este crescimento passou para 75 milhões de habitantes por ano e, hoje, esse número atinge a marca de 83 milhões. A população mundial está contabilizada em 7,3 bilhões de habitantes em 2015 e a previsão é que, até 2050, este número ultrapasse os 9 bilhões (FAO, 2015).

A Tabela 1 apresenta o crescimento da população mundial desde a década de 50 até os dias atuais, bem como a projeção desta população até 2050. As informações foram obtidas a partir da base de dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2015).

Tabela 1: Crescimento da População Mundial (1950 – 2050)

<b>População</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>
África	228.901.720	284.887.150	365.625.900	477.965.130	631.614.300	814.063.150
Américas	340.458.780	425.356.910	519.522.340	619.252.000	727.521.830	840.614.070
Ásia	1.394.017.760	1.686.697.620	2.120.430.020	2.625.583.620	3.202.474.690	3.714.469.830
Europa	549.089.110	605.618.570	657.221.450	693.859.440	721.086.310	726.407.450
Oceania	12.681.950	15.783.580	19.687.990	22.972.280	26.970.560	31.067.620
<b>Total Geral</b>	<b>2.525.149.320</b>	<b>3.018.343.830</b>	<b>3.682.487.700</b>	<b>4.439.632.470</b>	<b>5.309.667.690</b>	<b>6.126.622.120</b>
<b>População</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
África	1.044.106.860	1.186.178.280	1.340.103.340	1.679.301.150	2.063.029.910	2.477.536.320
Américas	943.952.110	992.224.600	1.037.770.670	1.117.344.650	1.176.848.410	1.217.360.950
Ásia	4.169.860.390	4.393.296.010	4.598.426.260	4.922.829.660	5.143.850.430	5.266.848.430
Europa	735.394.900	738.442.070	739.725.260	733.929.350	721.355.390	706.792.820
Oceania	36.410.780	39.331.130	42.131.270	47.361.250	52.149.840	56.609.460
<b>Total Geral</b>	<b>6.929.725.040</b>	<b>7.349.472.090</b>	<b>7.758.156.800</b>	<b>8.500.766.060</b>	<b>9.157.233.980</b>	<b>9.725.147.980</b>

Fonte: *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2015)*.

Os processos de crescimento e desenvolvimento, além de aumentarem a demanda por água potável, contribuiriam para a poluição dos recursos hídricos, diminuindo a sua disponibilidade e comprometendo os ecossistemas e o ciclo hidrológico.

Os principais problemas relacionados com a qualidade da água são causados por poluição proveniente de áreas agrícolas, efluentes industriais e despejo de esgoto doméstico sem tratamento. A poluição por fontes agrícolas ocorre devido ao uso de pesticidas, herbicidas, fertilizantes e agrotóxicos. Além dos problemas de toxicidade, causados por pesticidas e herbicidas, deve-se ressaltar a contribuição de nutrientes dos fertilizantes, que alcançam os corpos d'água através do carreamento por água da chuva ou água de irrigação e propiciam o crescimento de algas (fenômeno de eutrofização). Já a poluição urbana se caracteriza pelas fontes pontuais através dos descartes de efluentes domésticos e industriais, responsáveis por significativa depleção de oxigênio nos cursos d'água, e contribuição de sólidos, organismos patogênicos e nutrientes. No caso dos esgotos industriais, há ainda contribuição de substâncias tóxicas, tais como os metais pesados (JORDÃO & PESSOA, 2014; WWAP, 2014, 2015b).

## 2.2 Geração de esgoto

O termo esgoto é utilizado para caracterizar os despejos provenientes de diversas modalidades de uso da água, tais como uso doméstico, comercial, industrial, de utilidade pública, de áreas agrícolas, entre outros efluentes sanitários.

São geralmente classificados em duas categorias principais, esgoto sanitários e esgoto industrial. Os esgotos sanitários são essencialmente os despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais, águas de infiltração, e eventualmente uma parcela não significativa de despejos industriais (JORDÃO & PESSOA, 2014).

A norma NBR 9648/1986 (ABNT, 1986) apresenta no item de definições o conceito de esgoto sanitário e seus constituintes, a saber:

- a) “Esgoto sanitário: despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária;
- b) Esgoto doméstico: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- c) Esgoto industrial: despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos;
- d) Água de infiltração: toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações;
- e) Contribuição pluvial parasitária: parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário.”

Segundo Von Sperling (2014), os esgotos oriundos de uma cidade e que contribuem a uma estação de tratamento de esgotos são originados de três fontes principais, a saber:

- Esgoto doméstico;
- Despejos industriais;
- Águas de infiltração;

Os esgotos domésticos ou domiciliares provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização de água para fins domésticos. Compõem-se essencialmente de águas de lavagem geral (roupa, louças e etc), água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão e detergente.

Já o esgoto industrial, provém de qualquer utilização da água para fins industriais, podendo apresentar característica diversas, dependendo do tipo de processo industrial em qual a água é empregada (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

As contribuições para o esgoto de águas de infiltração são devidas às águas subterrâneas originárias do subsolo, quando o sistema de coleta e afastamento está construído abaixo do nível do lençol freático, sendo que este nível pode ser naturalmente alto ou aumentado em épocas de chuvas excessivas. As águas do

subsolo podem penetrar nas redes de esgoto através das juntas das tubulações, pelas paredes das tubulações, através das estruturas dos poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, terminal de limpeza, caixas de passagem, estações elevatórias, etc. A quantidade de águas de infiltração está diretamente relacionada com o tipo de materiais empregados nas redes de esgoto, com o estado de conservação, com o assentamento das tubulações, características do solo, nível do lençol freático, entre outros (TSUTIYA E SOBRINHO, 1999).

A produção de esgoto está condicionada à disponibilidade de água e sua contribuição depende de inúmeros fatores, a saber: área atendida, atividades desenvolvidas, existência de atividades industriais, nível socioeconômico, aspectos culturais, hábitos higiênicos, entre outros aspectos comportamentais da comunidade (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

A Tabela 2 apresenta informações sobre a contribuição de esgoto, segundo a norma NBR 7229 de 1993 (ABNT, 1993) e pode ser utilizada como referência na falta de dados relativos ao consumo específico do local.

Tabela 2: Contribuição de esgoto por tipo de prédio e ocupante.

<b>Prédio</b>	<b>Unidade</b>	<b>Contribuição de esgoto (l/d)</b>
<b>1. Ocupantes permanentes</b>		
Residência:		
Padrão alto	peessoa	160
Padrão médio	peessoa	130
Padrão baixo	peessoa	100
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	peessoa	100
Alojamento provisório	peessoa	80
<b>2. Ocupantes temporários</b>		
Fábrica em geral	peessoa	70
Escritório pessoa	peessoa	50
Edifícios públicos ou comerciais	peessoa	50
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	peessoa	50
Bares	peessoa	6
Restaurantes e similares	refeição	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2
Sanitários públicos	bacia sanitária	480

Fonte: ABNT, 1992.

Os esgotos possuem características físicas, químicas e biológicas e o conhecimento destes aspectos qualitativos é de suma importância para que se possa propor o adequado tratamento.

### 2.2.1 Características Físicas dos Esgotos

As principais características físicas dos esgotos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez.

A matéria sólida pode ser classificada segundo o seu tamanho e também segundo algumas características químicas.

Por convenção, diz-se que as partículas de menores dimensões, capazes de passar por um papel de filtro de tamanho especificado correspondem aos sólidos dissolvidos, enquanto que as de maiores dimensões, retidas pelo filtro são consideradas sólidos em suspensão. Em uma faixa intermediária situam-se os sólidos coloidais, de grande importância no tratamento da água, mas de difícil identificação pelos métodos simplificados de filtração em papel.

Já a classificação da matéria sólida pelas características químicas relaciona o comportamento da mesma quando submetida à temperatura elevada (550°C). Quando esta condição é imposta, a fração orgânica é volatilizada, permanecendo após a combustão apenas a fração inorgânica. Assim, os sólidos voláteis representam, portanto, uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos não voláteis (fixos ou inertes) representam a matéria inorgânica ou mineral.

A Tabela 3 apresenta valores de concentrações típicos para várias condições do esgoto sanitário.

Tabela 3: Características típicas de sólidos no esgoto bruto.

<b>Matéria Sólida</b>	<b>Concentração média<sup>1</sup> (mg/l)</b>
Sólidos Totais	730
Sólidos Suspensos Totais	230
Sólidos Suspensos Voláteis	175
Sólidos Suspensos Fixos	55
Sólidos Dissolvidos Totais	500
Sólidos Dissolvidos Voláteis	200
Sólidos Dissolvidos Fixos	300
Sólidos Sedimentáveis	10

Fonte: Jordão & Pessoa (2014)

<sup>1</sup> Características típicas de sólidos no esgoto bruto (JORDÃO & PESSOA, 2014)

A temperatura do esgoto exerce influência na atividade microbiana, onde o aumento da temperatura acelera o processo de decomposição do esgoto pelos microrganismos. Além da influência sobre o tratamento biológico, a temperatura está relacionada com a solubilidade dos gases e a viscosidade do líquido. A solubilidade do oxigênio é menor nas temperaturas mais elevadas e a viscosidade do esgoto diminui com o aumento da temperatura, melhorando as condições de sedimentação (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

Os odores de esgoto estão associados à formação de gases no seu processo de decomposição. Os esgotos frescos possuem odores de mofo, mais brandos e ligeiramente suportáveis. Já o esgoto em seu estado séptico (em decomposição) apresenta odor de ovo podre, que ocorre devido à formação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ). Também podem ocorrer odores diferentes e específicos, devido a presença de despejos industriais (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

Nas estações de tratamento, não só o odor do esgoto pode ser observado, como também o odor devido ao depósito de material em equipamentos e unidades específicas, tais como a grade, a caixa de areia, nas operações de secagem e manuseio do lodo. Opções para combater os odores das ETEs poderiam ser a implantação de unidade de lavagem de gases e desodorização (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

A cor do esgoto está relacionada com o estado de decomposição do mesmo, o esgoto fresco apresenta uma cor ligeiramente cinza e o esgoto séptico apresenta cor cinza escura ou preta. Já a turbidez está relacionada à presença de sólidos em suspensão e coloidais e é comumente utilizada para o controle de esgoto bruto (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

### **2.2.2 Características Químicas dos Esgotos**

As principais características químicas do esgoto são descritas abaixo:

#### **a) Matéria Orgânica:**

Representa cerca de 70% dos sólidos do esgoto e é composta por uma mistura heterogênea de diversas substâncias orgânicas. Os principais componentes são: proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, ureia, surfactantes, fenóis e pesticidas (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

Abaixo, são descritos os principais métodos de determinação da matéria orgânica presente no esgoto (Tabela 4):

Tabela 4: Métodos de determinação da matéria orgânica no esgoto.

<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)</b>	Mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica. Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior a DBO do esgoto. O método avalia o consumo de oxigênio de uma amostra no período de 5 dias.
<b>Demanda Química de oxigênio (DQO)</b>	Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em condições ácidas.
<b>Demanda última de oxigênio (DBO<sub>u</sub>)</b>	Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microrganismos para a estabilização bioquímica da matéria orgânica.
<b>Carbono Orgânico Total (COT)</b>	O carbono da matéria orgânica é oxidado e medido através da liberação de CO <sub>2</sub> .

Fonte: Fonte: Jordão & Pessoa (2014); Von Sperling (2014).

#### b) Nitrogênio

O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico e a variação na forma como este composto está presente no esgoto pode indicar o grau de estabilização da matéria orgânica (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014):

- Nitrogênio orgânico: presente no esgoto fresco na forma de proteínas, aminoácidos e uréia;
- Amônia: produzida no primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico;
- Nitrito: estágio intermediário da oxidação da amônia (alta instabilidade);
- Nitrato: produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.

O nitrogênio orgânico e a amônia são determinados conjuntamente pelo método de laboratório Kjeldahl (método NTK – *Nitrogênio Total Kjeldahl*).

#### c) Fósforo

O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. Na forma orgânica, encontra-se combinado à matéria orgânica, em proteínas e aminoácidos. Já na forma inorgânica, encontra-se na forma de ortofosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) e polifosfatos (moléculas complexas). As principais fontes de polifosfatos



são o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgoto doméstico e se transformam em ortofosfatos pelo mecanismo de hidrólise (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

d) Óleos e graxas (gorduras)

Comumente presente no esgoto doméstico, provenientes do uso de manteiga e óleos vegetais nas cozinhas. As gorduras em geral não são desejáveis nas unidades de transporte e de tratamento dos esgotos, pois aderem nas paredes das tubulações diminuindo a secção útil e causando odores desagradáveis, além de inibirem a vida biológica no processo de tratamento e formarem espuma nos decantadores, podendo causar entupimentos aos filtros (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

e) Outras características químicas

Dentre as características químicas do esgoto além das acima citadas, ainda podemos listar:

- pH: indicador das características ácidas ou básicas do esgoto;
- Alcalinidade: indicador da capacidade tampão do meio;
- Surfactantes: substância típica de detergentes sintéticos;
- Fenóis: compostos orgânicos capazes de conferir gosto à água;
- Matéria inorgânica: formada principalmente pela presença de areia e substâncias minerais dissolvidas

A Tabela 5 apresenta alguns valores típicos para as características químicas do esgoto.

Tabela 5: Valores típicos de parâmetros químicos.

Parâmetro	Concentrações médias (mg/l)
DQO	400
DBO5	200
Nitrogênio Total	40
Nitrogênio Orgânico	20
Amônia Livre	20
Nitrito	0,05
Nitratos	0,20
Fósforo Total	10
Fósforo Orgânico	4
Fósforo Inorgânico	6

Fonte: Fonte: Jordão & Pessoa (2014)

### 2.2.3 Características Biológicas dos Esgotos

A Tabela 6 apresenta os principais grupos de microrganismos encontrados no esgoto: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus, as algas e os helmintos.

Tabela 6: Principais microrganismos

Microrganismo	Descrição
Bactérias	São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica
	Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais
Algas	Importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgotos
	Em lagos e represas, podem proliferar em excesso, causando uma deterioração da qualidade da água
Fungos	Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica
	Podem crescer em condições de baixo pH
Protozoários	Essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos
	Alguns são patogênicos
Vírus	Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto
Helmintos	Os ovos presentes no esgoto podem causar doenças

Fonte: Von Sperling (2014).

Os microrganismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Neste contexto, as bactérias constituem o elemento mais importante deste grupo de organismos, responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

Um outro aspecto de grande relevância em termos da qualidade biológica da água é o relativo à possibilidade da transmissão de doenças, tais como cólera, leptospirose, giardíase, hepatite, esquistossomose, malária, entre outras doenças devido à presença de organismos patogênicos de veiculação hídrica. Sendo assim, no tratamento de esgoto, é necessária a avaliação de indicadores que permitam mensurar a presença de agentes patogênicos. A identificação de organismos patogênicos nos corpos d'água é muito difícil devido a sua baixa concentração. Um dos métodos mais comuns de detecção de organismos patogênicos é através da investigação de organismos indicadores de contaminação fecal, que dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, a sua potencialidade para transmitir doenças (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014).

Os organismos mais comumente utilizados para esta avaliação são as bactérias do grupo coliformes e os principais indicadores nesta investigação são listados abaixo (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014):

- Coliformes Totais (CT): constitui-se de um grande grupo de bactérias e ampla variedade, no entanto a sua presença na água residuária não significa, necessariamente, que seja contribuição humana ou animal, pois estes organismos também podem se desenvolver na vegetação e no solo. O esgoto bruto contém cerca de  $10^6$  a  $10^9$  NMP/100ml de coliformes totais, ou cerca de  $10^9$  a  $10^{12}$ org/hab.dia;
- Coliformes Fecais (CF): constitui-se de um grupo de bactérias originárias do trato intestinal humano e animal, diferenciam-se dos coliformes totais por terem característica termotolerante (o teste é realizado em elevadas temperaturas). A *Escherichia coli* é pertencente a este grupo. O esgoto bruto contém cerca de  $10^5$  a  $10^8$  NMP/100ml de coliformes fecais, ou cerca de  $10^8$  a  $10^{11}$ org/hab.dia;
- Streptococos Fecais: constitui-se de grande variedade de estreptococos, podendo ocorrer no intestino de seres humanos e animais. Como exemplo, citam-se os *Streptococcus faecalis*, os quais representam contaminação fecal humana, *Streptococcus bovis* que representam contaminação fecal por bois e *Streptococcus equinus* que representam contaminação fecal por cavalos. A relação entre coliformes fecais e estreptococos fecais pode ser um bom indicador sobre a origem da contaminação.

#### 2.2.4 Tratamento de Esgoto

Os processos de tratamento de esgoto são formados por uma série de operações unitárias, empregadas para a remoção de substâncias indesejáveis ou para a transformação destas substâncias em outras de forma mais aceitável.

Estas operações (mecanismos de remoção) podem ocorrer simultaneamente em uma mesma unidade de tratamento e podem ser classificadas em três tipos dependendo do fim ao qual se aplicam (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014):

- 1) Processos físicos: tem por finalidade separar as substâncias em suspensão no esgoto, tais como os sólidos grosseiros, os sólidos sedimentáveis e sólidos flutuantes. Os principais processos físicos são: gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração.
- 2) Processos químicos: são métodos onde há a adição de produtos químicos para a remoção ou conversão de contaminantes. A adição de produto químico pode ainda ser utilizada de forma complementar a um processo físico ou biológico, favorecendo a sua eficiência. A remoção de sólidos por sedimentação, por exemplo, poderá alcançar níveis elevados se for auxiliada pela adição de coagulante. Os principais processos químicos são: precipitação, adsorção, desinfecção, oxidação química etc.
- 3) Processos biológicos: são métodos de tratamento onde a remoção de contaminantes ocorre pela ação dos microrganismos. Os principais processos biológicos são: oxidação da matéria orgânica, nitrificação, desnitrificação, remoção de fósforo, digestão de lodo, etc.

A remoção dos poluentes está associada ao nível de tratamento ou eficiência, de forma a adequar a qualidade do efluente tratado aos níveis desejados ou estabelecidos por legislação vigente.

Em geral, os níveis de tratamento são classificados da seguinte forma (JORDÃO & PESSOA, 2014; VON SPERLING, 2014):

- Preliminar: objetiva a remoção dos sólidos grosseiros, gordura e areia;
- Primário: objetiva a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica;
- Secundário: predominam mecanismos biológicos para a remoção de matéria orgânica;

- Terciário: objetiva a remoção de poluentes específicos, usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis, ou ainda, a remoção organismos patogênicos e a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

Os sólidos em suspensão não grosseiros, não removidos pelo tratamento preliminar, podem ser removidos no tratamento primário em unidades de sedimentação. Desta forma, parte da matéria orgânica também é removida juntamente com os sólidos sedimentáveis, reduzindo a carga orgânica direcionada ao tratamento secundário, onde a sua remoção é mais custosa.

A Tabela 7 apresenta um resumo dos principais sistemas de tratamento de esgoto doméstico a nível secundário, bem como a qualidade média do efluente tratado e eficiência de remoção de poluentes.

Tabela 7: Tipos de tratamentos secundários, qualidade média do efluente e eficiência média de remoção de poluentes.

Sistema	Qualidade Média do efluente							Eficiência Média de Remoção						
	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)	Amônia - N (mg/l)	N Total (mg/l)	P Total (mg/l)	Colif. (NMP/100ml)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)	Amônia - N (mg/l)	N Total (mg/l)	P Total (mg/l)	Colif. (NMP/100ml)
Lagoa facultativa	50-80	120-200	60-90	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	50-80	120-200	60-90	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Lagoa aerada facultativa	50-80	120-200	60-90	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-85	65-80	70-80	<30	<30	<35	1-2
Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação	50-80	120-200	40-60	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-85	65-80	80-87	<30	<30	<35	1-2
Lagoa anaeróbia+lagoa facult.+lagoa de maturação	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	>4	10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup>	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	>50	3-5
Lagoa anaeróbia+lagoa facult.+lagoa de alta taxa	40-70	100-180	50-80	5-10	10-15	3-4	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	80-85	70-83	73-83	65-85	75-90	50-60	3-4
Lagoa anaeróbia+lagoa facult.+remoção de algas	30-50	100-150	<30	>15	>20	>4	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	85-90	75-83	>90	<50	<60	<35	3-4
Tanque séptico + filtro anaeróbio	40-80	100-200	30-60	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	80-85	70-80	80-90	<45	<60	<35	1-2
Tanque séptico + infiltração	<20	<80	<20	<10	<15	<4	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	90-98	85-95	>93	>65	>65	>50	4-5
Reator UASB	70-100	180-270	60-100	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	60-75	55-70	65-80	>50	<60	<35	≈1
UASB + lodos ativados	20-50	60-150	20-40	5-15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
UASB + biofiltro aerado submerso	20-50	60-150	20-40	5-15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
UASB + filtro anaeróbio	40-80	100-200	30-60	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-87	70-80	80-90	<50	<60	<35	1-2
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	20-60	70-180	20-40	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	80-93	73-88	87-93	<50	<60	<35	1-2
UASB + flotação por ar dissolvido	20-50	60-100	10-30	>20	>30	1-2	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	80-93	83-90	90-97	<30	<30	75-88	1-2
UASB + lagoas de polimento	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	<4	10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup>	77-87	70-83	73-83	50-65	50-65	>50	3-5
UASB + lagoa aerada facultativa	50-80	120-200	60-90	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-85	65-80	70-80	<30	<30	<35	1-2
UASB + lagoa aerada mist. compl. + lagoa decant.	50-80	120-200	40-60	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	75-85	65-80	80-87	<30	<30	<35	1-2
UASB + escoamento superficial	30-70	90-180	20-60	10-20	>15	>4	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	77-90	70-85	80-93	35-65	<65	<35	2-3
Lodos ativados convencional	15-40	45-120	20-40	<5	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	85-93	80-90	87-93	>80	<60	<35	1-2
Lodos ativados - aeração prolongada	10-35	30-100	20-40	<5	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	90-97	83-93	87-93	>80	<60	<35	1-2
Lodos ativados - batelada (aeração prolongada)	10-35	30-100	20-40	<5	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	90-97	83-93	87-93	>80	<60	<35	1-2
Lodos ativados convenc. com remoção de N	15-40	45-120	20-40	<5	<10	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	85-93	80-90	87-93	>80	>75	<35	1-2
Lodos ativados convenc. com remoção de N/P	15-40	45-120	20-40	<5	<10	1-2	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	85-93	80-90	87-93	>80	>75	75-88	1-2
Lodos ativados convenc. + filtração terciária	10-20	30-60	10-20	<5	>20	3-4	10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup>	93-98	90-95	93-97	>80	<60	50-60	3-5
Filtro biológico percolador de baixa carga	15-40	30-120	20-40	5-10	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	85-93	80-90	87-93	65-85	<60	<35	1-2
Filtro biológico percolador de alta carga	30-60	80-180	20-40	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	80-90	70-87	87-93	<50	<60	<35	1-2
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	15-35	30-100	20-40	<5	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	88-95	83-90	87-93	>80	<60	<35	1-2
Biofiltro aerado submerso com remoção de N	15-35	30-100	20-40	<5	<10	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	88-95	83-90	87-93	>80	>75	<35	1-2
Biodisco	15-35	30-100	20-40	5-10	>20	>4	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	88-95	83-90	87-93	65-85	<60	<35	1-2

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

## 2.3 Água de reúso

### 2.3.1 Conceito e Tipos

Em face aos problemas de disponibilidade de água em decorrência dos problemas discutidos anteriormente, vem crescendo em todo o mundo a consciência em torno da importância do uso racional da água. Dentre as principais ações na busca pelo gerenciamento e uso sustentável da água estão (FIESP, 2004; MANCUSO & SANTOS, 2003; METCALF & EDDY, 2007; PROSAB, 2009):

- Controle de perdas no sistema de abastecimento de água potável (controle de pressão, vazamentos e reabilitação de infraestrutura);
- Conservação da água pelos usuários, diminuindo os desperdícios e promovendo o uso eficiente de água nas edificações;
- Investimento em tecnologias de irrigação mais eficientes;
- Incentivo ao reúso de água, proporcionando alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos;
- Preservação dos ecossistemas;
- Investimento em saneamento básico, propiciando a diminuição de lançamento de esgoto bruto em corpos d'água;

Neste contexto, a água de reúso se tornou uma opção atrativa para prover a conservação e o aumento da disponibilidade dos recursos hídricos, pois pode substituir a água potável para aplicações que requerem um nível de qualidade menos restritivo. A água de reúso é particularmente atrativa em situação onde os recursos hídricos estão sobrecarregados e a oferta não é compatível com a demanda crescente da comunidade em expansão (METCALF & EDDY, 2007).

O reúso de água consiste no reaproveitamento de determinada água que já foi insumo para alguma atividade humana. Trata-se de uma água residuária que, após passar por tratamento adequado, pode ser utilizada novamente para outros fins. O tipo de tratamento a ser empregado dependerá dos padrões e critérios de qualidade pretendidos para a sua reutilização.

A reutilização ou reúso de água não é um conceito novo, pois a própria natureza, por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos. Cidades, lavouras e indústrias já se utilizam, há muitos anos, de uma forma indireta, ou pelo menos não planejada de reúso, que resulta da utilização de águas, por usuários de jusante que captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios

pelos usuários de montante. Durante muitos anos este sistema funcionou de forma amplamente satisfatória, o que, contudo, não acontece mais em muitas regiões, face ao agravamento das condições de poluição, basicamente pela falta de tratamento adequado de efluentes urbanos, quando não pela sua total inexistência (FIESP, 2004).

PROSAB (2006) sugere algumas terminologias para descrever as diversas possibilidades de reúso de água, a saber:

- Reúso indireto não planejado de água: ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional;
- Reúso indireto planejado de água: ocorre quando o efluente, depois de tratado, é descarregado de forma planejada nos corpos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico. É importante que no reúso indireto planejado, além do controle da descarga do efluente no meio ambiente, bem como a sua captação a jusante, exista controle também de eventuais lançamentos de efluentes no percurso;
- Reúso direto planejado de água: ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reúso. Em momento algum, o efluente tratado é descarregado no meio ambiente.

Seja ele de forma direta ou indireta, o reúso de água é uma prática que vem sendo cada vez mais difundida. Isto porque a heterogeneidade da distribuição dos recursos hídricos e das populações nas diversas regiões do planeta e mesmo no Brasil, faz com que seja cada vez mais difícil o abastecimento de algumas regiões, principalmente as metropolitanas, tendo por consequência aumentos gradativos dos custos de fornecimento de água. Diante da escassez hídrica, as práticas conservacionistas como o uso eficiente e o reúso da água, constituem uma maneira inteligente de se promover o uso sustentável de recursos hídricos, a diminuição de esgoto e efluentes lançados nos rios e lagos, além, é claro, de aumentar a disponibilidade para o abastecimento humano (FIESP, 2004).



Dentre os benefícios verificados pela prática do reúso de água, podem-se citar (METCALF & EDDY, 2007; FIESP, 2004; PROSAB, 2006):

- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando a conservação dos recursos hídricos;
- Aumento da disponibilidade hídrica para usos mais exigentes;
- Reciclagem de nutrientes, proporcionando economia de insumos, como fertilizantes e ração animal;
- Redução do lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuindo para a redução de impactos de poluição, contaminação e eutrofização;
- Vantagens econômicas através da redução do consumo de água;

Em um estudo realizado por Pintilie *et al.* (2016) foram avaliados, através de uma metodologia de análise de ciclo de vida, dois cenários de disposição final do efluente secundário de uma ETE em Terragona, na Espanha: a) o descarte direto no corpo hídrico e; b) a introdução de um tratamento terciário para o reúso industrial. Os resultados demonstraram que o cenário de reúso proporciona um indicador de depleção de água de  $-4,39 \times 10^{-1}$  por  $m^3$  de esgoto tratado comparado com  $5,74 \times 10^{-4}$  para cenário sem reúso. O valor negativo indica a economia de água para o cenário de reúso.

### 2.3.2 Aplicações do Reúso de Água

USEPA (2012) define as seguintes categorias de reúso de água:

- Reúso urbano: irrigação de parques, jardins, áreas de recreação e campos de golfe;
- Reúso na agricultura: irrigação de culturas alimentares e não alimentares, dessedentação animal;
- Represamento: recreação, represamento de lagos e lagoas;
- Reúso ambiental: incremento de vazão de cursos d'água, balanço hidrológico, habitat para peixes;
- Reúso industrial: torres de resfriamento e água de caldeira;
- Recarga de aquíferos – reúso não potável;
- Reúso potável: reúso potável direto e indireto.

Metcalf & Eddy (2007) também propõem uma categorização do reúso de água similar ao da USEPA, com a diferença de que não há uma categoria separada para

represamento, mas a mesma está incluída na categoria de reúso ambiental e recreacional. Além disso, há a separação para a categoria de reúso urbano em reúso urbano sem irrigação e irrigação de paisagens em geral. Para o reúso urbano sem irrigação, consideram-se os usos para sistemas de ar condicionado, combate a incêndio, descargas para sanitários, lavagens de veículos, fontes e cascatas artificiais, lavagem de ruas, controle de poeira e derretimento de neve.

A Resolução N° 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece as seguintes categorias de reúso, determinado em seu artigo 3º:

Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;

V - Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (BRASIL, 2005).

A seguir, serão aprofundados os temas sobre reúso urbano não potável e reúso industrial, por serem as modalidades selecionadas como objeto de estudo.

### **2.3.2.1 Reúso para Fins Urbanos não Potáveis**

Os diversos usos urbanos da água requerem qualidade inferior à potável, dispensando o oneroso processo de tratamento ao nível mais exigente de qualidade, representado pela demanda de água para bebida e preparação de alimentos (PROSAB, 2006). Todavia, cuidados especiais devem ser tomados quando há contato direto do público com a água, como em gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte.

Conforme citado anteriormente, as principais aplicações da água de reúso para fins urbanos não potáveis são (JORDÃO & PESSOA, 2014; MANCUSO & SANTOS, 2003; METCALF & EDDY, 2007; USEPA, 2012):

- Irrigação paisagística: parques, jardins, campos de futebol, campos de golfe, gramados, arvores e arbustos ao longo de avenidas e rodovias;
- Reserva de proteção contra incêndios;

- Sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária para banheiros em geral;
- Lavagem de veículos em geral (carros, ônibus, trens, etc);
- Lavagem e manutenção de ruas;
- Construção civil (preparação de concreto, construção por método não destrutivo, controle de poeira, etc);
- Atividades de saneamento: manutenção preventiva e desobstrução de redes coletoras de esgoto, lavagem de peneiras e areia em estações de tratamento de esgoto, entre outros.

Os principais fatores que afetam a utilização de água de reúso para fins urbanos estão relacionados com infraestrutura, qualidade da água, segurança de fornecimento e aceitação pública.

Os fatores de infraestrutura dizem respeito aos investimentos para a produção, reservação e distribuição da água de reúso. As unidades de tratamento de água de reúso, sistemas duplos de distribuição e bombeamento podem significar custos altíssimos de investimento. Em países como no Japão, há cidades que operam com sucesso um sistema duplo de distribuição de água, uma das quais com o esgoto doméstico tratado a nível terciário para uso em descarga de toaletes de edifícios residenciais. Por isso, os custos de investimentos, apesar de altos, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público (MANCUSO & SANTOS, 2003; METCALF & EDDY, 2007).

Com relação à qualidade da água, a principal preocupação está na proteção da saúde pública. Riscos associados à saúde na prática do reúso da água constituem, na verdade, o ponto mais importante a considerar para se garantir uma água não apenas de acordo com os padrões de qualidade aplicáveis, mas segura em relação ao seu uso final. Evidentemente a qualidade da água de reúso deve ser compatível com o uso pretendido, mas o aspecto de prevenção de doenças de veiculação hídrica constitui sempre uma preocupação importante. Há ainda alguns constituintes que, apesar de não serem importantes para a proteção da saúde pública, precisam ser controlados devido ao fim específico da água de reúso. Como exemplo, podem-

se citar compostos que geram odores ou nutrientes residuais que propiciam o crescimento de biofilme em tubulações e equipamentos e até mesmo excesso de minerais que geram corrosões e incrustações (JORDÃO & PESSOA, 2014; METCALF & EDDY, 2007)

Isaac *et al.* (2014) avaliaram a presença de microrganismos patogênicos em esgoto tratado a nível terciário para aplicação em reúso urbano não potável. Após o tratamento biológico por lodo ativado convencional, o efluente foi submetido à tratamento complementar de coagulação, floculação, filtração e desinfecção ultravioleta. Mesmo após todo o processo, foi confirmada a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, *Giardia* spp e ovos de helmintos. Assim, é importante que a questão da qualidade da água seja bem avaliada, principalmente quando há risco de contato da água com as pessoas.

A segurança de fornecimento da água está relacionada à sua disponibilidade de forma ininterrupta. A principal aplicação, dentro do reúso urbano, que exigiria este tipo de condição é a água utilizada para combate a incêndios. Neste caso, é importante a implantação de reservatórios e até mesmo uma alternativa de disponibilidade de água potável (METCALF & EDDY, 2007).

A aceitação pública também é um fator importante para a utilização de água de reúso para fins urbanos. Por isso, é essencial que a estética da água seja sempre monitorada. Mesmo que a água apresente características adequadas para o uso, se a mesma apresentar cor e odor evidentes, é muito provável que a água de reúso não tenha aceitação por parte dos usuários (METCALF & EDDY, 2007).

### **2.3.2.2 Reúso Industrial**

De forma geral, podem-se elencar os seguintes usos da água na indústria (FIESP, 2004):

- Consumo humano: água utilizada em atividades com o contato humano direto, tais como sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios;
- Matéria-prima: neste caso, a água é incorporada ao produto final, a exemplo do que ocorre nas indústrias de bebidas, de alimentos, de produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, de cosméticos, entre outros.
- Fluido auxiliar: é utilizada na preparação de soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, ou ainda, para operações de lavagem;
- Geração de energia: como é caso das usinas hidroelétricas e termoelétricas;

- Fluido de aquecimento e/ou resfriamento: para esta aplicação, a água é utilizada como fluido de troca de calor para dispositivos/equipamentos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor ou às condições de operação estabelecidas;
- Outros usos: rega de áreas verdes, combate a incêndio, etc;

O reúso de água na indústria inclui uma grande variedade de aplicações, entretanto, alguns usos, como resfriamento e alimentação de caldeiras, são comuns a um grande número de indústrias.

As águas de resfriamento são geralmente utilizadas em sistemas de recirculação, onde a água absorve calor do processo e depois transfere este calor para o ambiente por evaporação, através das torres de resfriamento. Neste processo de resfriamento, há necessidade de reposição de água, em razão da perda por evaporação. Além disso, por causa da evaporação, minerais e sólidos dissolvidos se concentram na água de recirculação, podendo provocar danos a equipamentos. A remoção destes sólidos, por sua vez, faz com que parte da água tenha que ser descartada (*blowdown*), o que obriga a introdução de água contínua de reposição (*make-up*) no processo (MANCUSO & SANTOS, 2003; USEPA, 2012).

Já a água de reúso utilizada para alimentação de caldeiras é uma importante operação industrial, presente em uma infinidade de processos e segmentos, tais como papel e celulose, açúcar e álcool, geração de energia elétrica nas usinas termelétricas e nucleares, entre outros. No interior das caldeiras, a água sob elevada pressão é aquecida a altas temperaturas, gerando vapor com alto potencial energético. Ao se condensar, a mesma energia que as moléculas de água absorveram é liberada para o meio, resultando na transferência de energia na forma de calor.

Dentro de uma unidade de processo, a caldeira é um equipamento de elevado custo e responsabilidade, cujo projeto, operação e manutenção são padronizados e fiscalizados por uma série de normas, códigos e legislações. A operação segura e eficiente de uma caldeira é extremamente dependente da qualidade da água disponível para alimentação da mesma. A presença impurezas (sais e óxidos dissolvidos, oxigênio, materiais orgânicos e material em suspensão) muitas vezes causa problemas no uso da água para geração de vapor, podendo formar incrustações e/ou acelerar os processos corrosivos.

Dentre as duas aplicações supracitadas, a aplicação de reúso para torres de resfriamento é a que será objeto de estudo para a ETE Santa Cruz.

### **2.3.3 Critérios de Qualidade para Reúso**

Para que seja possível o uso de efluentes de ETEs, é necessário que se observem alguns importantes padrões físicos, químicos e biológicos de qualidade dessas águas para as diversas aplicações de reúso.

O uso da água, bem como o descarte de efluentes possuem padrões nacionais e internacionais. A regulamentação dos países membros da União Europeia seguem as diretivas elaboradas pelo seu corpo executivo, a Comissão Europeia (KLEMES, 2012).

Nos Estados Unidos, não há uma legislação federal que regule a prática do reúso a nível nacional. As regulamentações são desenvolvidas e implementadas a nível de governo estadual, o que resultou em diferentes padrões entre os estados. A USEPA (*Unites States Protection Agency*) desenvolveu o *Guideline for Water Reuse* (Diretriz para o Reúso de Água) para orientar sobre a regulamentação do reúso de água, em complementação àquelas já elaboradas pelos estados e agências locais. Desta forma, foi possível auxiliar aqueles estados sem nenhuma legislação e também aqueles que não possuem regulamentação para todos os tipos de reúso (METCALF & EDDY, 2007; USEPA, 2012).

O Brasil ainda não possui legislação ou critérios recomendados com padrões de qualidade para a água de reúso em geral. Não obstante, a Norma Técnica NBR 13.969/97, da ABNT (ABNT, 1997), estabelece quatro classes de reúso, segundo determinados usos previstos, para regulamentar o reúso do efluente tratado em tanques sépticos e respectivas unidades de tratamento complementar, assim como determina os respectivos padrões de qualidade a serem seguidos (Tabela 8).

Tabela 8: Classes de água de reúso e padrões de qualidade segundo NBR 13969/97.

Água de Reúso	Aplicações	Padrões de Qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes	Turbidez < 5 uT; Coliformes Fecais < 200 NMP/100 mL; Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L; pH entre 6 e 8; Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 uT; Coliformes Fecais < 500 NMP/100 mL; Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 uT; Coliformes Fecais < 500 NMP/100 mL
Classe 4	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes fecais < 5000 NMP/100 mL; Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

Fonte: ABNT, (1997).

A necessidade de informações com base local, ainda que obtidas de experimentos em escala reduzida, ficou evidente a medida em que as legislações vigentes em outros países demonstram-se demasiadamente restritivas e inaplicáveis na realidade econômica nacional. Este fato motivou os pesquisadores do PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, ao exercício de proposição de critérios e parâmetros com base nos resultados de pesquisas, confrontadas com experiências e legislações internacionais, que pudessem contribuir para a adoção de padrões de qualidade de água residuária para o reúso (PROSAB, 2006).

Segundo as diretrizes do PROSAB, de uma forma geral, os parâmetros mais significativos para os reúsos agrícolas e urbanos são os coliformes termotolerantes ( $100\text{mL}^{-1}$ ) e os ovos de helmintos ( $\text{L}^{-1}$ ). São os mesmos parâmetros considerados pela Organização Mundial da Saúde, que estabelece padrões de qualidade para reúso na agricultura e aquicultura. A Tabela 9 apresenta os padrões estabelecidos pela OMS para agricultura.

Tabela 9: Recomendação mínima para monitoramento microbiológico para o uso de água residuária na agricultura.

Atividade	Parâmetros de Monitoramento da Água	
	E coli. (100 ml <sup>-1</sup> )	Ovos de helmintos (l <sup>-1</sup> )
<u>Irrigação irrestrita</u>		
Cultivo de raízes	≤ 10 <sup>3</sup>	≤ 1
Cultivo de folhas	≤ 10 <sup>4</sup>	
Irrigação por gotejamento, culturas altas em linha	≤ 10 <sup>5</sup>	
<u>Irrigação restrita</u>		
Trabalho humano intenso, alto risco de contato	≤ 10 <sup>4</sup>	≤ 1
Agricultura mecanizada	≤ 10 <sup>5</sup>	
Tanque séptico	≤ 10 <sup>6</sup>	

Fonte: WHO, 2006.

A seguir, serão melhor detalhados os critérios de qualidade para o reúso urbano não potável e reúso industrial, que são os temas objeto deste trabalho.

### 2.3.3.1 Critérios de Qualidade para Reúso Urbano

Como mencionado anteriormente, a qualidade da água de reúso para o fim urbano pode variar de acordo com o uso específico ao qual ela será empregada dentro desta categoria.

A USEPA (USEPA, 2012) classifica o reúso urbano em duas categorias, o reúso urbano irrestrito e o reúso urbano restrito, e propõe alguns critérios de qualidade segundo estas categorias. O que define as duas categorias é o grau de restrição de acesso ao público (controle de exposição) e, conseqüentemente, as exigências de tratamento e o padrão de qualidade de efluentes (Tabela 10).



Tabela 10: Diretrizes da USEPA para reúso urbano.

Descrição da categoria de reúso	Processo de Tratamento	Qualidade do efluente
Usos urbanos irrestritos de irrigação (campos de esporte, parques, jardins, etc) e usos ornamentais e paisagísticos e, áreas com acesso irrestrito ao público, descarga de toaletes, combate a incêndios, lavagem de veículos, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar.	Secundário + Filtração + Desinfecção	pH 6 a 9 DBO ≤ 10 mg/l Turbidez ≤ 2 uT Cloro Residual Total ≥ 1 mg/l Coliformes fecais – Não detectável
Usos urbanos restritos de irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação de solo, abatimento de poeira, preparação de argamassa e concreto, etc)	Secundário + Desinfecção	pH 6 a 9 DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 30 mg/l Turbidez ≤ 2 uT Cloro Residual Total ≥ 1 mg/l Coliformes fecais ≤ 200/100ml

Fonte: USEPA, (2012);

Já os critérios sugeridos pelo PROSAB, restringem-se aos critérios de qualidade microbiológica e têm como objetivo a proteção da saúde dos usuários em áreas e instalações com acesso aos efluentes e trabalhadores em contato direto com a água de reúso (Tabela 11).

Tabela 11: Diretrizes PROSAB para reúso urbano <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>.

Categoria	Coliformes Termotolerantes (100 ml <sup>-1</sup> ) <sup>(6)</sup>	Ovos de helmintos (l <sup>-1</sup> ) <sup>(7)</sup>
Usos irrestritos <sup>(3)</sup>	≤ 200	≤ 1
Usos restritos <sup>(4)</sup>	≤ 1 x 10 <sup>4</sup>	≤ 1
Uso predial <sup>(5)</sup>	≤ 1 x 10 <sup>3</sup>	≤ 1

(1) Para o uso do urbano do esgoto tratado não há restrição de DBO, DQO e SST, sendo as concentrações efluentes uma consequência das técnicas de tratamento compatíveis com a qualidade microbiológica estipulada. Para todos os usos recomenda-se que o efluente apresente qualidade esteticamente não objetável (ver também nota 5). (2) O padrão de qualidade de efluentes expresso apenas em termos de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos aplicam-se ao emprego de sistemas de tratamento por lagoa. Nestes sistemas a remoção de (oo) cistos de protozoários é indicada pela remoção de ovos de helmintos. No caso de filtração terciária a turbidez deve ser utilizada como parâmetro indicador da remoção de protozoários. Para os usos irrestritos recomenda-se um padrão de turbidez ≤ 5uT. Além disso, em sistemas que incluam a desinfecção deve se recorrer aos parâmetros de controle da desinfecção (residual, desinfetante e tempo de contato) necessários ao alcance do padrão estipulado para coliformes termotolerantes. (3) Irrigação (campos de esporte, parques, jardins e cemitérios, etc.) e uso ornamentais e Paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar. (4) Irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeira, etc.). (5) Descarga de toaletes. Para efluentes com concentrações de DBO e NO<sub>3</sub> inferiores a 30 e 50 mg/L, respectivamente, e potencial de oxi-redução igual ou superior a 45 mV, não é esperada a geração de odores no sistema de armazenamento. (6) Coliformes termotolerantes; média geométrica, alternativa e preferencialmente pode-se determinar E.coli. (7) Nematóides intestinais humanos; média aritmética.

### 2.3.3.2 Critérios de Qualidade para Reúso Industrial

De um modo geral, a qualidade da água de reúso na indústria varia de acordo com o uso pretendido, entretanto, os limites estabelecidos para as concentrações das impurezas geralmente estão associados com a prevenção da corrosão, incrustações, entupimentos, crescimento biológico nos equipamentos e sistemas de distribuição. Quando há possibilidade de contato humano com a água de reúso ou a formação de aerossóis a partir da água de reúso, é importante também o controle de microrganismos patogênicos (METCALF & EDDY, 2007).

A Tabela 12 apresenta os principais parâmetros de qualidade da água que estão associados ao controle e incrustações e corrosões no reúso industrial.

Tabela 12: Parâmetros de qualidade da água relacionados ao reúso industrial.

Parâmetro	Efeitos relacionados
Alcalinidade	Estabilidade do pH
Amônia	Interfere na formação de cloro residual, causando corrosão em ligas de cobre; estimula o crescimento microbiano
Cálcio e Magnésio	Incrustações
Sulfeto de hidrogênio	Corrosão, odor
Ferro	Incrustações, manchas
Qualidade microbiológica da água	Potencial para <i>fouling</i> biológico
Nitrato	Estimula o crescimento microbiano, interfere em processo de tingimento
pH	Pode afetar reações químicas e a solubilidade dos constituintes
Fósforo	Incrustação e estimula o crescimento microbiano
Matéria orgânica	Estimula o crescimento microbiano, formação de incrustações e lodo e espuma em caldeiras
Sílica	Incrustações
Sulfato	Corrosão
Sólidos Suspensos	Deposição e crescimento microbiano (semente)

Fonte: Metcalf & Eddy, 2007.

A presença de íons de alta reatividade na água, tais como cloreto, sulfeto e sulfato podem resultar em corrosões localizadas, dependendo do pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, nível da atividade microbiana, *fouling* biológico, temperatura, dentre outras variáveis de qualidade da água (METCALF & EDDY, 2007).

A qualidade da água e as condições ambientes influenciam no potencial de corrosão que podem ocorrer nos reservatórios industriais e estruturas de transporte. Como exemplo, podemos citar a alteração do pH, parâmetro que está diretamente ligada

ao aumento da corrosão, assim como altos níveis de alcalinidade. Sais como cloreto e sulfato podem aumentar as taxas de corrosão, particularmente em baixas concentrações de oxigênio. Oxigênio dissolvido pode induzir a reações de corrosão, particularmente sob elevadas pressões e temperaturas (METCALF & EDDY, 2007).

Além da qualidade química da água, os microrganismos presentes na água de reúso podem impactar direta ou indiretamente o processo de corrosão através do desenvolvimento de biofilmes em superfícies húmidas de tubulações, condensadores e tanques de processo. Isto porque a atividade microbiana no biofilme gera gases ácidos, tais como gás sulfídrico e gás carbônico, que podem levar a corrosões localizadas (METCALF & EDDY, 2007).

Já o processo de incrustação, deve-se ao depósito de óxidos, carbonatos, entre outros na superfície de tubulações, trocadores de calor, tanques e outras superfícies de contato com a água. Enquanto a corrosão está associada com a dissolução de íons (ferro, cobre, chumbo, etc), a incrustação representa a precipitação de constituintes dissolvidos em superfícies sólidas. Camadas finas de carbonatos ou óxidos em superfícies metálicas podem ser benéficas, já que protegem de agentes corrosivos. Por outro lado, camadas espessas de precipitados podem afetar o sistema de forma adversa. A incrustação em caldeira, por exemplo, pode reduzir a eficiência de troca de calor e a incrustação em tubulações podem reduzir a vazão ou até mesmo bloquear o fluxo (METCALF & EDDY, 2007).

A incrustação mais comum associada a água de reúso é a deposição de carbonato de cálcio. Este tipo de incrustação pode ser controlada através do controle de pH. Geralmente, a solubilidade de constituintes dissolvidos em água aumenta com a temperatura. Entretanto, em alguns casos, tais como fosfato de cálcio e sulfato de cálcio, a solubilidade decresce com o aumento da temperatura. Isto faz com que haja deposição deste tipo de material nos trocadores de calor, reduzindo a eficiência do equipamento (METCALF & EDDY, 2007).

#### **2.3.3.2.1 Água de Reúso para Resfriamento**

A alta demanda por água com restrições rigorosas de qualidade fez com que a água de reúso se tornasse uma fonte atrativa para os sistemas de resfriamento industriais. Os sistemas de resfriamento na indústria, em geral, são de dois tipos: com recirculação e sem recirculação. Os sistemas de resfriamento sem recirculação consomem grandes quantidades de água, já que após a troca de calor no processo

industrial, a água é descartada. Esse tipo de sistema é geralmente utilizado onde as fontes de água são abundantes e facilmente acessíveis. Investimentos em água de reúso nestes casos não se justificam. Já em sistemas de reúso com recirculação, a água utilizada retira calor do processo industrial, em seguida libera esse calor por evaporação em torres de resfriamento. A água resfriada retorna novamente ao processo (METCALF & EDDY, 2007).

A água aquecida proveniente do processo é injetada no topo da torre onde é pulverizada, de forma a aumentar a superfície de contato ar-água. Através de um grande ventilador instalado no topo da torre, o ar é impulsionado para o interior da torre, propiciando o resfriamento da água por evaporação.

A água de reúso pode ser utilizada com êxito como fonte de água de resfriamento desde que mantenha condições de operação apropriadas e um controle de qualidade de água rigoroso. As considerações primordiais para os sistemas de resfriamento são a prevenção da corrosão, incrustação e *fouling* biológico. A Tabela 13 apresenta os parâmetros de qualidades principais que devem ser observados para a água de resfriamento (METCALF & EDDY, 2007).

Tabela 13: Parâmetros de qualidade da água importantes para água de resfriamento.

<b>Parâmetros de Qualidade</b>	<b>Potenciais problemas</b>	<b>Opções de Controle</b>
Amônia	<i>Fouling</i> biológico	Nitrificação
Carbonato, bicarbonato	Corrosão, incrustação	Controle de pH, uso de anti-incrustante
Cálcio	Incrustação	Nonofiltração, Osmose inversa, Troca Iônica
Magnésio	Incrustação	Nonofiltração, Osmose inversa, Troca Iônica
Microrganismos	<i>Fouling</i> biológico	Desinfecção, cloração de choque, limpeza mecânica
Compostos orgânicos	<i>Fouling</i> biológico	Tratamento biológico
Fosfatos	Incrustação	Rebaixamento do pH, remoção de nutriente, precipitação
Sílica	Incrustação	
Sólidos Dissolvidos	Corrosão, incrustação	<i>Blowdown</i>

Fonte: Metcalf & Eddy, 2007.

Abaixo, são apresentadas algumas considerações acerca dos parâmetros de qualidade (METCALF & EDDY, 2007):

- Amônia: pode causar crescimento biológico e corrosão através da formação de complexos com metais. Cobre e ligas de cobre são suscetíveis à corrosão por amônia. Se não existir nitrificação no processo biológico da ETE, será necessário a implantação desta etapa no processo de tratamento. Uma vantagem da nitrificação é que o nitrato pode inibir a incrustação por fosfato de cálcio e carbonato de cálcio;
- Carbonato e Bicarbonato: altos valores de alcalinidade favorecem a formação de íons carbonatos e bicarbonatos que podem levar a processos de incrustação na presença de cálcio, enquanto que valores muito baixos de alcalinidade podem aumentar a propriedade corrosiva da água;
- Cálcio: carbonato de cálcio, sulfato de cálcio e fosfato de cálcio são os principais causadores de problemas de incrustação em torres de resfriamento. Como mencionado anteriormente, carbonato de cálcio pode ser controlado através do ajuste de pH. O controle de fosfato também é necessário para evitar a precipitação de cálcio.
- Fosfato: a remoção do ortofosfato e orgânicos ajudam a reduzir o potencial de incrustação;
- Outros constituintes químicos: outros constituintes de importância são magnésio, sílica e material orgânico dissolvido. As incrustações por magnésio dependem da concentração de magnésio, fosfato e também dos teores de alcalinidade; Incrustações por sílica também podem ocorrer e são difíceis de serem removidas das superfícies de trocadores de calor. As concentrações de sílica em água, em geral, são baixas; Compostos orgânicos, na presença de nutrientes, podem propiciar o crescimento de microrganismos na água de recirculação. A atividade microbiana libera ácidos orgânicos, dióxido de carbono, compostos orgânicos solúveis e biomassa. Dependendo da alcalinidade, o crescimento microbiano pode levar a mudanças localizadas de pH, promovendo reações de corrosão.
- Microrganismos: o crescimento de microrganismos na água de resfriamento pode ocasionar *fouling* microbiológico dos equipamentos e tubulações. Para evitar este fenômeno, é necessário remover compostos que propiciem o seu desenvolvimento, tais como nitrogênio e fósforo. Além disso, é importante

considerar a possível ocorrência de microrganismos patogênicos e os riscos relacionados com a exposição através de aerossóis trazidos pelo vento.

Um ponto chave na questão da qualidade da água das torres de resfriamento é o controle do acúmulo de minerais dissolvidos e constituintes orgânicos. Durante o processo de resfriamento, uma parte da água é perdida por evaporação, resultando no aumento da concentração de constituintes não-voláteis na água de recirculação. O controle da concentração dos sólidos dissolvidos é feito através da adição de água no sistema (*make-up water*), que substitui a água evaporada e a água que é descartada do processo (*blowdown*). Em função da água de *blowdown* ser oriunda de descarte do processo, é necessário a avaliação da sua quantidade e qualidade para desenvolver adequado tratamento de disposição (METCALF & EDDY, 2007).

#### **2.3.3.2.2 Padrões de Qualidade para Água de Resfriamento**

A seguir, na Tabela 14, são apresentados os principais parâmetros de qualidade relacionados à água de reúso para aplicação em torres de resfriamento e seus respectivos limites citados pelos seguintes autores: Metcalf & Eddy (2007), USEPA (2012), FIESP (2004), PROSAB (2006) e Jordão & Pessôa (2014).

Tabela 14: Parâmetros de qualidade para água de reúso com aplicação em torres de resfriamento.

Parâmetros de Qualidade	Unidade	Água de resfriamento								
		METCALF & EDDY				USEPA		FIESP	PROSAB	JORDÃO E PESSOA
		Com recirculação		Sem recirculação		Com recirculação	Sem recirculação		Polo Industrial Mauá	AQUAPOLO
		Doce	Salobra	Doce	Salobra			Com recirculação		
Sílica	mg/L	50	25	50	25			50	10	
Alumínio	mg/L			0,1				0,1	0,3	
Ferro	mg/L			0,5					0,3	
Manganês	mg/L			0,5					0,1	
Cálcio	mg/L	200	520	50	420			50		
Magnésio	mg/L							0,5		
Amônia	mg/L								1	
Bicarbonato	mg/L	600		25				24		
Sulfato	mg/L	680	2700	200	2700			200	50	
Cloreto	mg/L	600		500				500	70	
Flúor	mg/L	600	19000	500	19000					
Fosfato	mg/L							4	1	< 0,5
Sólidos Dissolvidos	mg/L	1000	35000	500	35000			500	200	
Sólidos Suspensos	mg/L	5000	25000	100	100	<30	<30	100	2	< 2
Dureza	mg/L CaCO3	850	6250	130	6250			650	70	
Alcalinidade	mg/L CaCO3	500	115	20	115			350	50	
Acidez	mg/L									
pH	-	5.0 - 8.3				6-9	6-9	6,9-9	6,5-7,5	
Cor	mg/L									
DQO	mg/L	75	75	75	75			75	2	< 20
DBO	mg/L					<30	<30	25		< 10
Temperatura	°C	38	49	38	49					
Turbidez	NTU	5000	100					50	1	< 1
Coliformes Fecais	un/100ml					<200	<200			
Cloro residual (Cl2)	mg/L					1	1			> 0,5

Fonte: Metcalf & Eddy, (2007); U.S.EPA, (2012); Fiesp (2004); PROSAB, (2006); Jordão & Pessôa (2014);

## 2.4 Estudos de Caso

A seguir, são descritos alguns exemplos reais de aplicação de reúso industrial e reúso urbano não potável.

O primeiro exemplo, expõe um caso de reúso industrial na Califórnia, relevante para o presente estudo, pois faz parte das unidades pioneiras, as quais serviram de base para o desenvolvimento de regulamentação local. O segundo exemplo aborda o caso mais relevante de reúso industrial no Brasil com o Aquapolo. O terceiro e quarto exemplo apresentam casos relevantes de aplicação de reúso para fins urbanos não potáveis em São Paulo e Rio de Janeiro.

### 2.4.1 Usos Industriais de Água de Reúso no Condado de Los Angeles, Califórnia

A agência pública de água no sudeste da Califórnia (*The West Basin Municipal Water District*) tem como função prover água potável e água de reúso para uma região de 480 km<sup>2</sup>. Dentre as suas instalações, está a Planta de Água de Reúso da Bacia do Oeste (*The West Basin Water Reclamation Plant*), construída em 1995, que recebe efluente secundário da Estação de Tratamento de Esgoto Hyperion, uma das maiores ETEs dos Estados Unidos (capacidade de 16 m<sup>3</sup>/s). A estação prevê tratamento complementar e distribui a água para diversos usos, dentre os quais o principal é para indústrias estabelecidas na região, que incluem refinarias de petróleo e indústria de manufatura. Em números, a água de reúso destinada às indústrias representam 70% do fornecimento da estação e para atender às exigências de qualidade para aplicações diversas dentro da indústria, a estação é capaz de produzir seis qualidades distintas de água de reúso. Estas características são descritas abaixo (METCALF & EDDY, 2007):

- Tratamento terciário para aplicação industrial e irrigação: o efluente da ETE Hyperion passa por tratamento de coagulação floculação, filtração e desinfecção e depois é destinado a usos diversos da indústria e também para irrigação;
- A água proveniente de tratamento terciário é alterada para aplicação em solo, visando ajustar a permeabilidade;
- A água após passar por processo de nitrificação é usada em torres de resfriamento;



- Recarga de aquífero subterrâneo: o efluente secundário passa por processo de filtração por membrana, seguido de osmose inversa, desinfecção por radiação ultravioleta e estabilização.
- A água tratada por osmose inversa é utilizada para aplicação de geração de vapor em caldeiras industriais de baixa pressão;
- A água de reúso tratada por osmose inversa em duplicata é usada em caldeiras industriais de alta pressão.

A água de reúso, após tratamento terciário, também é enviada para indústrias que promovem tratamento avançado em suas próprias instalações para usos específicos, é caso da *Exxon-Mobil* e *Chevron*. Já a água tratada por osmose inversa também utilizada para injeção em aquíferos para evitar a intrusão salina (METCALF & EDDY, 2007).

#### **2.4.2 Aquapolo, São Paulo - Brasil**

O empreendimento de maior destaque na produção de água de reúso industrial atualmente no Brasil é o Aquapolo (Figura 2). A unidade fica situada na cidade de São Paulo, nas instalações da ETE ABC, de onde recebe o esgoto tratado para o tratamento complementar. Dos 2.000 l/s de esgoto tratado na ETE, 650 l/s são desviados para o Aquapolo, sendo que o mesmo pode tratar até 1.000 l/s. Para a condução da água produzida, foi construída uma adutora de 17km, que sai de São Paulo e passa pelos municípios de São Caetano do Sul e Santo André, até chegar a uma torre de distribuição no Polo Industrial de Capuava, em Mauá, que é o principal cliente do Aquapolo. A Estação de Tratamento de Água de Reúso atinge os parâmetros de qualidades estabelecidos pelo cliente através de um processo de tratamento que inclui membrana de ultrafiltração e osmose reversa. A adutora foi projetada para permitir derivações, viabilizando o atendimento de possíveis clientes presentes ao longo de seu percurso.

Os principais usos da água no Polo Industrial são para limpar torres de resfriamento e caldeiras, principalmente.



Figura 2: Aquapolo. Fonte: TAE, 2011.

### 2.4.3 Projeto São Caetano - SP

O projeto de reúso abordado neste tópico é o resultado do interesse comum da prefeitura de São Caetano do Sul e da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), para evitar o desperdício de água tratada para finalidades que não necessitem de um alto nível de qualidade, tais como: rega de ruas sem pavimentação para controle de poeira; jateamento do lodo e dos detritos acumulados nas ruas após chuvas fortes; lavagem de ruas após as feiras livres; desobstrução de redes coletoras de esgoto e galerias de águas pluviais; lavagem de prédios, pátios, jardins, praças, veículos, etc (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A água de reúso é produzida na ETE ABC, que emprega o processo de tratamento convencional por lodos ativados convencional e apresenta um grau de eficiência superior a 90 % de remoção de DBO. A vazão atual de esgoto tratado é de 1,5 m<sup>3</sup>/s e a capacidade nominal da estação é de 3,0 m<sup>3</sup>/s. O sistema de reúso, com capacidade de 31 l/s, utiliza parte do efluente final da ETE. Dessa vazão, 17 l/s são consumidos internamente e 14 l/s, disponibilizados para usos externos dentro do denominado Projeto São Caetano (MANCUSO & SANTOS, 2003).

O tratamento de reúso é composto dos seguintes processos e operações unitárias:

- Filtragem grosseira com filtros-cestos;
- Pré-cloração com hipoclorito de sódio;
- Coagulação e floculação com policloreto de alumínio;
- Filtragem fina por filtro de pressão, com camadas de areia e antracito;
- Pós-cloração, também com hipoclorito de sódio.

#### **2.4.4 ETE Penha e ETE Alegria – Rio de Janeiro**

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) implantou dois projetos importantes de reúso no Rio de Janeiro através das ETEs Penha e Alegria.

A ETE Alegria possui projetada para uma capacidade de tratamento de 5,0 m<sup>3</sup>/s, porém hoje opera a uma vazão média de 2,5 m<sup>3</sup>/s, em razão de obras incompletas. A rota de tratamento, que é de nível secundário, é composta por gradeamento e caixa de areia, perfazendo o tratamento preliminar; decantador primário que corresponde à etapa primária; lodo ativado convencional com tanque de aeração por ar dissolvido e decantador secundário compondo a etapa secundária. O projeto de reúso foi implantado com a finalidade de fornecer água para o setor de construção e limpeza das obras do Porto Maravilha, próximo à ETE. Cerca de 910 mil litros de água de reúso eram destinados a esta obra ao mês, o que corresponde a aproximadamente 4 a 6 caminhões por dia com capacidade de 8.000L são destinados ao reúso. Ressalta-se que o efluente secundário é clorado como método de desinfecção antes de ser enviado ao reúso. (LOPES, 2015; MANHÃES & ARAÚJO, 2015).

Já a ETE Penha, opera a uma vazão de cerca de 1,6 m<sup>3</sup>/s e o tipo de tratamento empregado foi, durante muitos anos, duas tecnologias distintas: lodo ativado convencional e filtração biológica. Entretanto, há aproximadamente 10 anos, segundo a operação técnica da ETE, os filtros biológicos encontram-se desativados. O projeto de reúso implantado contempla uma etapa complementar de cloração e tem por finalidade fornecer água à Comlurb. O recurso é transportado em caminhões-pipa e se destina à limpeza de ruas após feiras livres, calçadas, praças e monumentos da cidade do Rio de Janeiro e também para lavagem dos pátios internos da própria Comlurb. São cerca de 6 milhões de litros de água de reúso produzidos mensalmente, o que corresponde a uma vazão de cerca de 2,3 l/s (LOPES, 2015; MANHÃES & ARAÚJO, 2015).

Atualmente, a Cedae está desenvolvendo um projeto para produzir água de reúso a partir da água usada na retrolavagem dos filtros e decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) Guandu.

## **2.5 Análise Econômico-Financeira**

Para a tomada de decisão em uma análise econômico-financeira, é comum a adoção de alguns métodos que possibilitem simular investimentos e o seu retorno no tempo.

Abaixo, serão descritas algumas das técnicas destinadas a este fim e que foram utilizadas na metodologia do presente trabalho, a saber: Taxa Mínima de Atratividade, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *Payback*.

### **2.5.1 Taxa Mínima de Atratividade**

Segundo Blank & Tarquin (2007), para que qualquer investimento seja lucrativo, o investidor espera receber mais dinheiro do que o capital investido. Em outras palavras, uma justa taxa de retorno. A taxa de retorno pode ser calculada pela divisão entre o valor ganho e o capital inicial.

As alternativas para o investimento são avaliadas em função do prognóstico de que uma taxa de retorno razoável possa ser esperada. A taxa razoável é chamada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e deve ser mais alta do que a taxa esperada de um banco ou de determinado investimento seguro, que envolva um risco mínimo de investimento (BLANK & TARQUIN, 2007).

A TMA para o presente trabalho será determinada pela Taxa Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia), que representa a taxa básica da economia no Brasil, servindo como parâmetro para todas as outras praticadas no mercado. Esta taxa tende a ser a menor taxa de juros que existe na economia.

A Taxa Selic está avaliada em 14,15% atualmente (BCB, 2016).

### **2.5.2 Valor Presente Líquido**

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica mais completa de análise de investimentos, pois ele reconhece o valor do dinheiro no tempo. Isto é, o valor de um real hoje é diferente do valor de um real amanhã, pois este dinheiro pode ser investido para começar a render imediatamente.

O VPL é obtido a partir da subtração do investimento inicial de um projeto do valor presente das entradas de caixa descontada a uma taxa igual ao custo de capital da empresa. Essa taxa, frequentemente chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou taxa mínima de atratividade, refere-se ao retorno mínimo que deve

ser obtido por um projeto, de forma a manter inalterado o valor de mercado da empresa (BREALEY et al.; 2013).

VPL = valor presente das entradas de caixa – investimento inicial.

Utilizando-se o VPL, tanto as entradas como as saídas de caixa são traduzidas para valores monetários atuais.

Quando o VPL é usado para tomar decisões de investimento, adota-se o seguinte critério: se o VPL for maior que zero, o projeto é viável; se o VPL for menor que zero, o projeto não é viável. Quando o VPL é maior que zero, significa que o investimento obterá um retorno maior do que seu custo de capital.

Uma das desvantagens do uso deste método é o pressuposto da constância da taxa de atualização no tempo, o que pode não estar de acordo com a realidade, pois o custo do capital da empresa varia no tempo, assim como as taxas para as aplicações alternativas variam no tempo com as condições dos mercados financeiros.

### **2.5.3 Taxa Interna de Retorno**

Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto que faz com que o VPL do projeto seja zero. A taxa de retorno permite descobrir e comparar o rendimento de uma aplicação com uma outra taxa, como a TMA, para se saber se é ou não vantajoso. É uma medida da relação entre o montante obtido de investimento e a quantia investida.

A Taxa Interna de Retorno de um investimento pode ser:

- Maior do que a Taxa Mínima de Atratividade: significa que o investimento é economicamente atrativo.
- Igual à Taxa Mínima de Atratividade: o investimento está economicamente numa situação de indiferença.
- Menor do que a Taxa Mínima de Atratividade: o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento com o mínimo de retorno já definido.

Segundo Ross et al.; (2015), a TIR não depende da taxa predominante no mercado de capitais. É por isso que é chamada de Taxa Interna de Retorno. O número é

interno ou intrínseco ao projeto e não depende de qualquer coisa, exceto dos fluxos de caixa do projeto.

#### **2.5.4 Payback**

O *Payback* ou período de retorno determina o período de tempo necessário para recuperar o valor inicialmente investido. Por exemplo, se uma empresa faz um investimento de R\$ 50.000,00 em novos equipamentos para melhorar o desempenho de sua produção e, após este investimento, é verificado um aumento no lucro de R\$ 30.000 no primeiro ano e exatos R\$ 20.000,00 no segundo ano, então o *payback* ou período de retorno é de dois anos (ROSS et al.; 2015).

Com base na regra do período de *payback*, um investimento é aceitável se o seu período de *payback* calculado for menor do que um número predeterminado de anos. Para o exemplo anterior, se o período necessário para o retorno do investimento fosse predeterminado em menos de dois anos, então o investimento não seria viável.

Este método tem como principais vantagens o fato de ser bastante simples na sua forma de cálculo e também de fornecer uma ideia do grau de liquidez e de risco do projeto rapidamente. Por outro lado, o método do *PayBack* apresenta algumas deficiências bastante graves. Isto porque o período de *payback* é calculado simplesmente pela soma dos fluxos de caixa futuros. Não existe desconto e, portanto, o valor do dinheiro no tempo é ignorado. O método do *payback* também não considera qualquer diferença de risco. O cálculo seria o mesmo tanto para projetos muito arriscados quanto para projetos muito seguros (ROSS et al, 2015).

## **2.6 Descrição das ETEs de Estudo**

O presente trabalho tem como interesse as ETEs localizadas na zona oeste do Rio de Janeiro, mais especificamente na Área de Planejamento 5 (AP5). Atualmente, os serviços de esgotamento sanitários na AP5 são de responsabilidade da Concessionária Foz Águas 5, que atua na região desde 2012, mediante um contrato de Concessão com a Prefeitura do Rio de Janeiro.

A Concessionária opera dezenove ETEs na AP5, entretanto doze delas são ETEs de pequeno porte, cuja vazão não ultrapassa 10 l/s. Sendo assim, as ETEs Deodoro, Santa Cruz e Sepetiba selecionadas para o estudo são aquelas que apresentam

características relevantes, principalmente no que se diz respeito à vazão e localização (Figura 3).

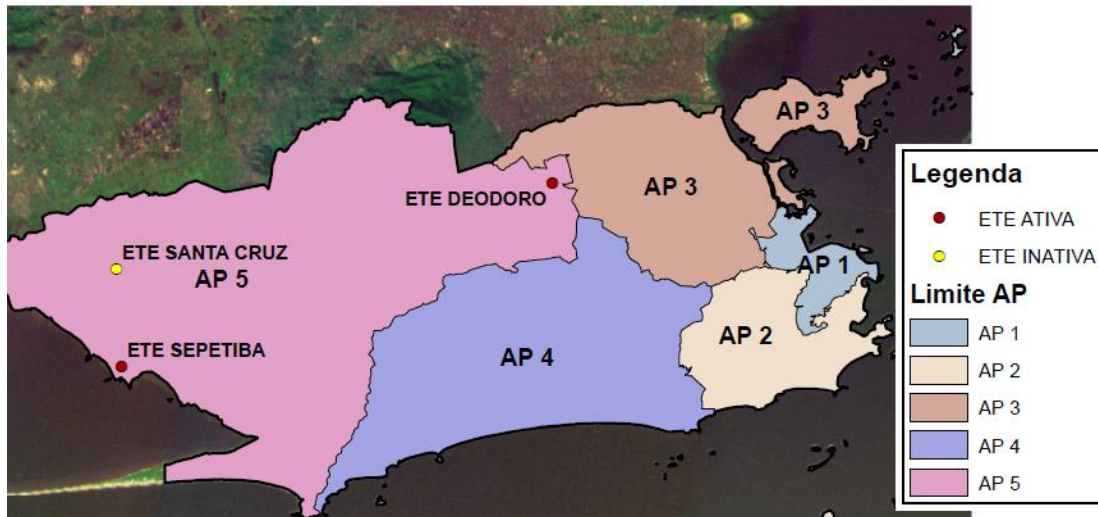


Figura 3: Município do Rio de Janeiro dividido nas áreas de planejamento e as ETEs selecionadas para estudo.

A seguir, uma breve descrição das ETEs selecionadas para este trabalho.

### 2.6.1 ETE Santa Cruz

A ETE de Santa Cruz foi executada pela Prefeitura do município e tem como finalidade o tratamento de esgoto da população urbana do bairro de Santa Cruz. A primeira fase, já concluída, mas ainda não operacional, aguarda a conclusão das redes coletoras. A estação prevê o atendimento a 150.000 habitantes e vazão de tratamento de cerca de 250 l/s. A rota de tratamento da ETE contempla o tratamento preliminar, através de gradeamento, peneira e caixa de areia e o tratamento biológico por meio de reatores anaeróbios e de lodo ativado, seguidos de decantação.

A Concessionária prevê que a ETE Santa Cruz seja ampliada, conforme os investimentos em expansão de coleta de esgoto ocorram na região.

Quanto à sua localização, ela está situada há aproximadamente 7 km do principal Distrito Industrial do município, o que a confere importância no estudo de produção de água industrial.

### 2.6.2 ETE Deodoro

A ETE Deodoro opera hoje com capacidade de tratamento de esgoto de 70 l/s, sendo que recentemente foi ampliada e reformada para atender a demanda de 750 l/s, devido à expansão das redes de esgoto que estão sendo executadas na região. A nova ETE, que emprega a tecnologia holandesa Nereda®, está em fase de comissionamento e *start-up*, sendo que a vazão firme de tratamento permanece em 70 l/s, com o tratamento convencional por lodos ativados. Mesmo com o início da operação da nova ETE, os tanques de tratamento convencional permanecerão em operação, oferecendo uma capacidade extra à estação.

A ETAR Deodoro é uma estação compacta e opera desde 2015, com capacidade de produção de 240 m<sup>3</sup>/dia e capacidade de reservação de 40m<sup>3</sup> (Figura 4), atendendo hoje às demandas das equipes de manutenção, operação e engenharia da Concessionária. As principais aplicações da água de reúso por essas equipes são: desobstrução de redes e ramais de esgoto; limpezas preventivas na rede de esgoto; limpeza de estações elevatórias de esgoto; execução de método não destrutivo para implantação de novas redes, coletores troncos e interceptores de esgoto; limpeza de rua após a execução das obras.



Figura 4: a) ETAR de Deodoro (à esquerda); b) Reservatórios da ETAR de Deodoro (à direita).

O sistema de tratamento compacto contempla as seguintes etapas:

- Filtração: a água bombeada do reservatório de esgoto tratado passa por um sistema de filtração de filtro bag, com elemento filtrante de 25 micras;
- Desinfecção ultravioleta (UV): após a filtração, a água passa por um sistema de desinfecção UV para eliminação de coliformes e bactérias;



- Dosagem de hipoclorito de sódio: através de uma bomba dosadora eletromagnética, a água recebe hipoclorito de sódio para ajuste do cloro residual;

### **2.6.3 ETE Sepetiba**

Atualmente, a ETE Sepetiba opera a uma vazão de 70 l/s atendendo cerca de 34.500 habitantes nessa região. As etapas de tratamento incluem o tratamento preliminar com peneiras estáticas e caixa de areia e o tratamento biológico através do lodo ativado.

A implantação da unidade de reúso em Sepetiba disponibiliza água para os serviços de manutenção, operação e engenharia e, assim como na ETE Deodoro, disponibiliza água à Comlurb para as bases que são mais próximas a esta ETE.

### 3 METODOLOGIA

A seguir, a Tabela 15 apresenta um resumo sobre as informações das ETEs em estudo no presente trabalho.

Tabela 15: Resumo das informações das ETEs em estudo.

ETE	Tipo de Tratamento	Vazão	Tem ETAR?	Qual o processo da ETAR?	Finalidade do Reúso Pretendido
Santa Cruz	Lodo ativado e reator anaeróbio	250 l/s	Não	-	Reúso industrial para torre de resfriamento
Deodoro	1) Lodo ativado; 2) NEREDA®	1) 70 l/s; 2) 750 l/s	Sim	Filtração e desinfecção UV	Reúso urbano não potável
Sepetiba	Lodo ativado	70 l/s	Não	-	Reúso urbano não potável

Para o estudo de implantação/ampliação das ETARs nas referidas ETEs, a metodologia se dividiu em três partes principais, a saber:

- Levantamento dos custos de capital ou investimento (CAPEX);
- Levantamento dos custos de manutenção e operação (OPEX);
- Estudo da tarifa a ser empregada e avaliação da viabilidade do projeto pelas metodologias de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* (Retorno de Investimento) para a ETAR de Santa Cruz e *Payback* para as ETARs de Deodoro e Santa Cruz;

Para a determinação do CAPEX, o preço para os materiais e equipamentos foram obtidos através de consulta com fornecedores e pesquisa de mercado. Os preços unitários dos serviços de obras civis foram obtidos a partir das tabelas da Empresa de Obras Públicas do Rio de Janeiro (EMOP, 2014) e Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil (SINAP, 2012). Como não foram obtidos os preços unitários EMOP e SINAPI atualizados para 2016, foi adotado o Índice de Custos da Construção Civil (INCC) para ajuste. Este índice apresentou uma variação, no período, de 11,26% e 32,87%, para os preços de 2014 e 2012, respectivamente, conforme indicadores publicados pela base de dados do Portal Brasil (PORTAL BRASIL, 2016).

Ao valor final do orçamento de CAPEX das ETARs, aplicaram-se os índices de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), sendo 30% para os itens de serviços e 12% para os itens de materiais.

Para o OPEX, consideraram-se os custos relativos a pessoas (contratação de operadores), troca das membranas e filtros para as unidades de tratamento, consumo de produtos químicos, energia elétrica, manutenção de equipamentos e análises laboratoriais. Para o custo de pessoas, adotou-se uma remuneração de R\$2.300,00 por operador por mês, e uma taxa de 120% referente a encargos, benefícios e adicional de periculosidade, conforme Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2016).

O consumo horário de produto químico foi obtido pela multiplicação das variáveis concentração da solução, regulagem da bomba e vazão da bomba, considerando os ajustes de unidades adequados. A partir do consumo horário, obtiveram-se os consumos diário, mensal e anual de produto químico, considerando o tempo de operação do sistema integral. Os custos unitários de produtos químicos foram obtidos junto ao fornecedor.

Os custos com energia elétrica foram obtidos a partir da potência das bombas empregadas nas ETARs, as quais foram fornecidas pelas especificações técnicas de cada equipamento. Com a potência de cada bomba, foi calculada a energia consumida por mês (kwh) de acordo com a vazão de operação.

O custo de manutenção/substituição de equipamentos (bombas, tubulações, etc) avaliado em 8% sobre o custo de investimento total da ETAR de Santa Cruz e 6% sobre os investimentos das ETARs de Deodoro e Sepetiba, considerando que estas últimas possuem um sistema de tratamento mais simplificado.

Por fim, consideraram-se os custos com análises laboratoriais para o monitoramento da qualidade da água, já que as instalações da ETE não incluem laboratório. Este custo foi avaliado de acordo com o preço praticado no mercado atualmente.

A taxa de inflação anual aplicada aos produtos químicos, troca de insumos, manutenção de equipamento e análises laboratoriais foi de 9%. Já para a taxa de ajuste de tarifa de energia, considerou-se um reajuste anual de 13%. À remuneração dos funcionários, aplicou-se um reajuste anual de 9%.

A seguir, são detalhados cada um dos itens que compõem a implantação das ETARs.

### 3.1 Estação de Água de Reúso da ETE Santa Cruz

O presente tópico teve como objetivo avaliar a viabilidade de geração de água de reúso na ETE Santa Cruz e o seu fornecimento ao Distrito Industrial, localizado a cerca de 7 km de distância. Para isso, considerou-se a implantação de uma Estação de Tratamento de Água de Reúso (ETAR) nas próprias instalações da ETE, bem como uma estação elevatória para o recalque da água até o polo. O estudo abrangeu o levantamento dos custos inerentes à implantação da ETAR e da unidade de recalque, bem como os custos inerentes à manutenção e operação do sistema de reúso, que terá capacidade de 140 l/s.

A capacidade da ETAR de reúso foi definida levando em consideração as seguintes circunstâncias:

- Demanda abundante: a demanda de água pelo polo industrial baseou-se na vazão de outorga das principais indústrias: ThyssenKrupp CSA e a Fábrica Carioca de Catalisadores. Uma vez utilizando a água de reúso, estas indústrias poderiam deixar de captar ou então diminuir a captação de água do Canal São Francisco, principal recurso hídrico de abastecimento destas indústrias atualmente. Segundo informações obtidas no estudo *“Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Experiências para a gestão dos recursos hídricos”* (TUBBS FILHO et al.; 2012), a outorga para retirada de água da ThyssenKrupp CSA e a Fábrica Carioca de Catalisadores soma 18,1 m<sup>3</sup>/s. Sabe-se que a indústria Gerdau Cosíguia também é uma importante consumidora de água do polo, entretanto, não foram obtidos dados oficiais de outorga para esta indústria.
- Capacidade de tratamento da ETE Santa Cruz: por segurança de fornecimento de água ao cliente, optou-se por não desviar 100% da vazão tratada na ETE, ou seja, 250 l/s. Apesar da demanda abundante, sabe-se que a vazão de esgoto está sujeita a variações em função das condições climáticas, estado de conservação das redes de esgoto, características construtivas do sistema de esgotamento sanitário, entre outros. Optou-se pelo desvio de 140 l/s, que corresponde a 56% da vazão da ETE;
- Tecnologia de tratamento: o equipamento empregado para a produção de água de reúso possui capacidade máxima de 70 l/s. A expansão para vazões maiores é possível através da replicação dos módulos de 70 l/s.

### 3.1.1 Custos de capital ou investimento para a ETAR Santa Cruz (CAPEX)

O levantamento dos custos de capital compreendeu os investimentos necessários para a captação do esgoto tratado na ETE, a unidade de tratamento de água de reúso, o reservatório de água de reúso e a estação elevatória para a adução da água até o polo industrial. A Figura 5 apresenta o layout da ETAR com as suas partes constituintes.

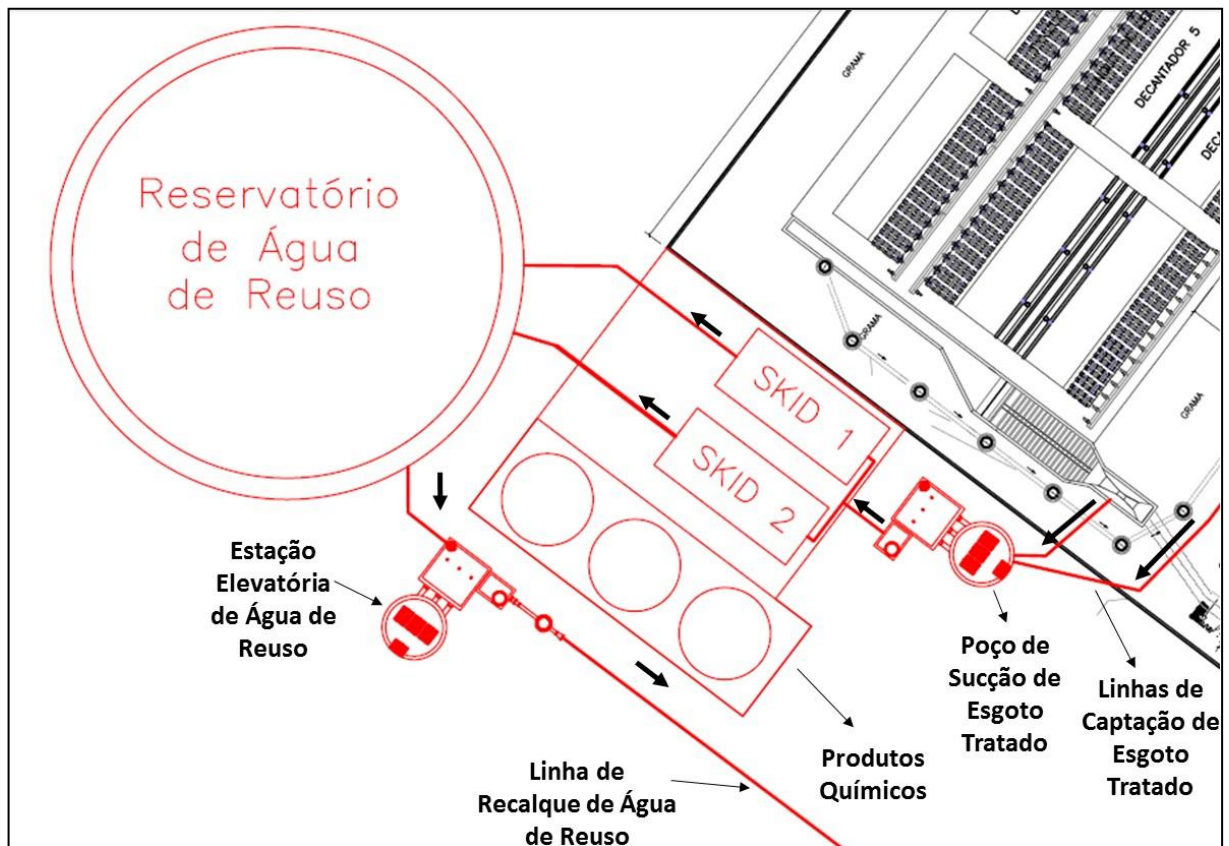


Figura 5: a) ETE Santa Cruz (à esquerda); b) ETAR Santa Cruz (à direita).

A seguir serão detalhados os quantitativos levantados para cada um dos itens (obras civis, materiais, equipamentos, serviços, etc) que irão compor o orçamento.

#### 3.1.1.1 Coleta de esgoto tratado

Para o poço de sucção de esgoto tratado, foram considerados apenas os serviços de obra civil, já que as bombas e os materiais de recalque fazem parte do escopo de fornecimento da unidade de tratamento, que será detalhado no próximo tópico.

A Tabela 16 resume os cálculos e as considerações feitas para o poço de sucção. Estas informações serviram de base para a elaboração do orçamento.

Tabela 16: Dimensionamento poço de sucção.

Descrição	Fonte da informação	Valor	Unidade
Capacidade de bombeamento	Adotado	140	l/s
Potência da bomba	Fabricante ETAR	30	cv
Tempo de ciclo	Fabricante ETAR	15	min
Configuração das bombas	Fabricante ETAR	2+1	-
Volume útil do poço	$V = \frac{QT}{4}$	31,5	m <sup>3</sup>
Diâmetro recalque (D)	Fabricante ETAR	355	mm
Espaço para cada bomba	3*D (NBR 12214/92)	1,1	m
Quantidade de bombas	Fabricante ETAR	3	um
Espaço total para bombas	3*D*(2+1)	3,2	m
Diâmetro do poço	Adotado	4	m
Área	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	12,6	m <sup>2</sup>
Altura útil (NA <sub>min</sub> -NA <sub>max</sub> )	Vu/A	2,5	m
NA <sub>min</sub>	2,5D+1,5D (NBR 12214/92)	1,4	m
Profundidade total	Hu+Namin+1,5	5,4	m

A Tabela 17 resume as dimensões das estruturas de concreto que compõem o poço de sucção (poço, caixa de válvula e caixa para medidor de vazão) para a elaboração do orçamento da obra civil.

Tabela 17: Dimensões das estruturas de concreto do poço de sucção de esgoto tratado.

Estrutura de Concreto	Diâmetro/ Comprimento (m)	Largura (m)	Altura = Profundidade Interna (m)	Espessura da parede (m)	Altura = Profundidade (m)	Material
	<b>Câmara</b>					
Poço	4,00	4,00	5,40	0,25	5,40	Concreto Armado
Caixa de Válvula	3,65	3,60	1,81	0,15	1,81	Concreto Armado
Caixa para medidor	2,25	1,72	2,17	0,15	2,17	Concreto Armado
<b>Laje Superior</b>						
Estrutura de Concreto	Diâmetro/ Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Área Externa (m)	Perímetro (m)	Material
	Poço	4,00	4,00	0,25	16,00	
Caixa de Válvula	3,65	3,60	0,20	13,14	14,50	Concreto Armado
Caixa para medidor	2,25	1,72	0,20	3,87	7,94	Concreto Armado
<b>Laje Inferior</b>						
Estrutura de Concreto	Diâmetro/ Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Área Externa (m)	Perímetro (m)	Material
	Poço	5,00	0,00	0,25	19,63	
Caixa de Válvula	3,65	3,60	0,25	13,14	14,50	Concreto Armado
Caixa para medidor	2,55	2,50	0,20	6,38	10,10	Concreto Armado

Após determinadas as dimensões das estruturas de concreto, foi possível a elaboração da memória de cálculo para os serviços de obra civil, que teve como premissas os seguintes itens:

- Preparo da área (m<sup>2</sup>): corresponde a área de limpeza e regularização do terreno. Foi considerada como a soma das áreas dos elementos de concreto mais uma folga de 5 m para cada lado e distância entre as caixas de 0,4 m;
- Área de tapume para vedação da obra (m<sup>2</sup>): corresponde à soma das áreas dos elementos de concreto mais uma folga de 5m para cada lado. A altura do tapume considerada foi de 2 m;
- Escavação (m<sup>3</sup>): para os serviços de escavação, foram consideradas as seguintes condições:
  - Escavação até 1,50 por escavação manual: 5%
  - Escavação até 1,50 por escavação mecânica: 95%
  - Escavação mecânica nas demais profundidades: 100%
  - Acréscimo de escavação lateral: 0,6 m
  - Acréscimo de escavação de fundo: 0,15 m
- Categoria de material escavado: o preço unitário por m<sup>3</sup> de escavação varia de acordo com o tipo de material escavado. A Tabela 18 resume as porcentagens adotadas para cada uma das três categorias de solo;

Tabela 18: Percentual de material escavado segundo a categoria de solo.

<b>Material segundo as categorias:</b>	<b>Até 1,5</b>	<b>de 1,5 a 3,0</b>	<b>de 3,0 a 4,5</b>	<b>de 4,5 a 6,0</b>
Porcentagem de material de 1ª categoria:	100%	95%	93%	93%
Porcentagem de material de 2ª categoria:	0%	5%	5%	5%
Porcentagem de material de 3ª categoria:	0%	0%	2%	2%

- Escoramento (m<sup>2</sup>): adotado para escavações com profundidades acima de 1,30m. Corresponde à área superficial da vala escavada;
- Esgotamento de vala (cv x h): corresponde ao tempo de trabalho da bomba utilizada para o esgotamento da vala. Foi considerada uma bomba de 10 cv para esta função, com funcionamento de 8h por dia, durante 120 dias (tempo da obra);
- Reaterro (m<sup>3</sup>): volume de solo a ser repostado na vala escavada. Corresponde ao volume escavado menos o volume das estruturas de concreto;
- Bota-fora (m<sup>3</sup>): volume de solo não repostado à vala. Corresponde ao volume de solo escavado menos o volume de solo de reaterro. Foram utilizados o fator de empolamento de 1,30 e o peso específico para o solo de 1,80 t/m<sup>3</sup>;

- Distância de bota fora (t x km): corresponde a massa de solo a ser descartada vezes a distância do transporte de bota fora. A distância foi adotada em 50 km;
- Formas (m<sup>2</sup>): utilizadas para moldagem das estruturas de concreto. Calculada pela área a ser moldada;
- Volume de concreto (m<sup>3</sup>): corresponde ao volume das estruturas de concreto, descontando os espaços vazios.

Os itens detalhados do orçamento do poço de sucção, bem como as quantidades e preços unitários são apresentados no Anexo A.

### **3.1.1.2 Unidade de Tratamento de Reúso da ETAR de Santa Cruz**

Para os custos de implantação da unidade de tratamento, inicialmente foi necessário definir qual a tecnologia a ser empregada, que está atrelada ao nível de tratamento desejado, bem como aos parâmetros a serem atendidos com o tratamento. Como o objetivo do projeto é fornecer água de reúso para utilização industrial, mais precisamente para água de resfriamento, o critério de qualidade levou em conta o atendimento dos parâmetros relacionados a este uso, conforme discutido no item 3.2.1.3. Dentre os principais parâmetros de qualidade a serem monitorados, encontram-se: sais, sílica, sólidos dissolvidos, compostos orgânicos e microrganismos. O monitoramento destes parâmetros está relacionado à prevenção contra incrustação, corrosão e o *fouling* biológico. Após a avaliação de parâmetros estabelecidos ou recomendados por alguns autores, tais como Metcalf & Eddy, 2007; U.S.EPA (*United States Environmental Protection Agency*), 2012; Fiesp (2004); Goldstein *et al* (1979) citado por Mancuso & Santos (2003); Jordão & Pessôa (2014); além da referência real verificada no Aquapolo, foram definidos os parâmetros de qualidade de água para refrigeração, cujos limites deverão ser atendidos pelo processo de tratamento empregado na ETAR. Abaixo, a Tabela 19 lista estes parâmetros e limites estabelecidos:



Tabela 19: Parâmetros a serem atendidos pelo tratamento na ETAR.

Parâmetros	Unidade	Limites
pH	-	6-9
Turbidez	NTU	1
DBO5	mg/L	10
DQO	mg/L	20
Sólidos Suspensos	mg/L	2
Sólidos Dissolvidos	mg/L	200
Sílica	mg/L	20
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100
Condutividade	μS/cm	720
Cloreto	mg/L	70
Ferro	mg/L	0,3
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	50
Fósforo	mg/L	0,5
NH <sub>3</sub> (nitrogênio amoniacal)	mg/L	1

Fonte: Metcalf & Eddy, (2007); U.S.EPA, (2012); Fiesp (2004); Goldstein *et al.*, (1979) citado por Mancuso & Santos (2003); Jordão & Pessoa (2014).

Após definida a aplicação da água de reúso e os parâmetros a serem atendidos, foram consultados alguns fornecedores para a definição da tecnologia a ser utilizada, bem como para a obtenção do orçamento do equipamento.

Dentre os fornecedores consultados, aquele que apresentou a tecnologia mais adequada, observando os parâmetros de qualidade a serem atendidos, foi um sistema compacto de ultrafiltração (UF) por membranas, de vazão de 70 l/s, composto pelas seguintes partes:

- Pré-filtro com discos autolimpantes: é a primeira fase do tratamento e tem como função principal reter as partículas maiores, protegendo as membranas de ultrafiltração que estão na fase seguinte de tratamento (Figura 6a). A grande vantagem é que os filtros promovem a sua própria limpeza através da introdução de água filtrada no sentido contrário do elemento filtrante, que descomprime os discos e realiza a retrolavagem;
- Dosagem de Policloreto de Alumínio (PAC) e Barrilha leve: a água filtrada recebe dosagem de PAC e Barrilha leve em linha para a remoção de fósforo por coagulação;
- Membranas de ultrafiltração: as membranas empregadas são do tipo tubular e a filtração ocorre de dentro para fora, de forma que a água de alimentação é bombeada para o interior das membranas e permeia através das fibras a

baixa pressão. Esta água é coletada no tubo central de cada membrana, para ser enviada até o tanque de água do permeado (Figura 6b). As membranas empregadas apresentam tamanho de poro de 20nm. A especificação da membrana é apresentada na Tabela 20;

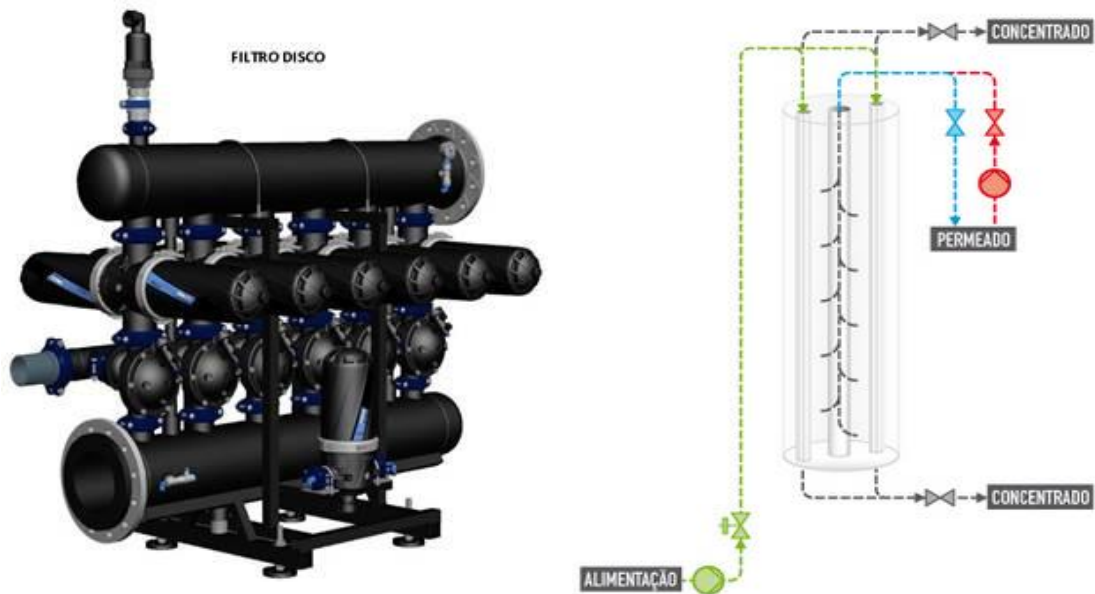


Figura 6: a) Filtro disco (à esquerda); b) Fluxo de funcionamento da membrana (à direita).

Tabela 20: Especificações técnicas da membrana

Área superficial da membrana	Material do invólucro	Material da membrana	Diâmetro hidráulico da membrana	Tamanho nominal dos poros
64 m <sup>2</sup>	Cloreto de polivinila (PVC)	Poliétersulfona (PES)/polivinilpirrolidona (PVP)	0,8 mm	20 nm

- Sistema de desinfecção: por fim, a água receberá um tratamento de desinfecção por dosagem de hipoclorito de sódio, realizada por bomba dosadora eletromagnética.

A Figura 7 ilustra o sistema compacto de ultrafiltração (*skid*) de módulo de 70 l/s.

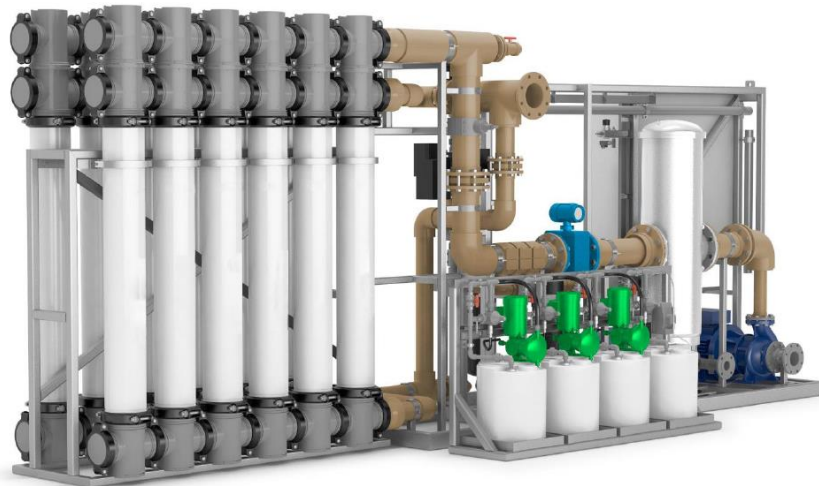


Figura 7: Skid de membrana de ultrafiltração.

O *skid* inclui os equipamentos e serviços relacionados abaixo:

- 01 *Skid* metálico estruturado para o sistema ultrafiltração;
- 60 Conjuntos de Membranas de ultrafiltração;
- 05 Bombas Dosadoras 500 l/h;
- 01 Sistema de filtros do tipo disco (autolimpante) – Pré-filtro;
- 02 Transmissores de pressão;
- 02 Medidores de Vazão Ultrassônico;
- 01 Bomba centrífuga para alimentação 252m<sup>3</sup>/h – 20mca – 30cv;
- 01 Bomba centrífuga de contra lavagem 837m<sup>3</sup>/h – 20mca – 100cv;
- 01 Conjunto de válvulas automáticas do tipo pneumática (Alimentação e Retro Lavagem);
- 01 Painel de comando padrão Alfamec;
- 01 Conjunto de tubulações, conexões, fios e cabos;
- Instalação e montagem da unidade;
- Treinamento aos operadores, compreendendo teoria e prática de operação;
- *Start Up*;
- Transporte do equipamento até o local da operação;

Lembrando que serão adquiridos dois módulos de tratamento para uma capacidade de produção de 140 l/s. O dimensionamento da unidade de reúso é de total responsabilidade do fornecedor.

Após definida a unidade de tratamento, foram estimados os custos de obra civil para a instalação da mesma. Para isso, foram extraídos do *layout* da ETAR (Figura 5) as dimensões da base de concreto com a locação dos *skids* de tratamento e os tanques para reservação dos produtos químicos.

A Tabela 21 resume as considerações e os cálculos para a obra civil da unidade de tratamento.

Tabela 21: Dimensionamento da obra civil da unidade de tratamento.

<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b><u>Base de Concreto</u></b>		
Área conforme layout	500	m <sup>2</sup>
Perímetro	93,6	m
Espessura de corte para limpeza do terreno	20	cm
Volume de aterro	100	m <sup>3</sup>
Espessura da base de concreto	30	cm
Área para forma	28,08	m <sup>2</sup>
Volume de concreto	150	m <sup>3</sup>
Taxa de aço	120,0	kg/m <sup>3</sup>
Quantidade de aço	18.000	kg
<b><u>Cercamento</u></b>		
Altura muro alvenaria	40	cm
Altura alambrado	2	m
Área muro	37,44	m <sup>2</sup>
Área alambrado	187,2	m <sup>2</sup>
<b><u>Bacia de contenção de produtos químicos</u></b>		
Comprimento	24	m
Largura	7,9	m
Perímetro	39,8	m
Área	190,0	m <sup>2</sup>
Altura do muro de alvenaria	40	cm
Área do muro	15,9	m <sup>2</sup>
Espessura do muro	10,0	cm
Volume concreto	1,6	m <sup>3</sup>

### 3.1.1.3 Reservatório

A implantação de um reservatório na ETAR foi determinada em razão da segurança de fornecimento de água ao cliente em caso de parada de um ou ambos os *skids* de tratamento. Como não estão sendo considerados unidades de redundância ou reserva, a parada de um *skid* ou ambos os *skids*, necessitará da utilização do volume do reservatório.

Para o dimensionamento do reservatório, considerou-se que em caso de parada de uma unidade de tratamento, o mesmo teria capacidade de 35 h de fornecimento ininterrupto para manutenção e reparo do sistema. Já para a ocorrência da parada de ambos os equipamentos, este tempo seria de 18 h. A parada de ambos os

equipamentos seria uma situação extrema e que deve ser evitada através de manutenção preventiva nos *skids*.

Considerando capacidade de produção de 140 l/s, o volume necessário para o reservatório seria de 9000 m<sup>3</sup>.

Após consulta a alguns fornecedores, optou-se pela execução de um reservatório elevado de metal, com base de concreto. As dimensões do reservatório orçado foram de 30 m de diâmetro e 13,5 m de altura.

Os custos de investimento abrangeram a aquisição do equipamento metálico e a execução da base de concreto. A obra civil incluiu os seguintes itens de orçamento:

- Limpeza da área com retirada de solo;
- Aterro mecanizado;
- Aquisição de formas;
- Concreto e armação de aço;
- Impermeabilização da base.

A Tabela 22 resume os quantitativos para execução dos serviços de obra civil.

Tabela 22: Dimensionamento da obra civil do reservatório.

Item	Descrição	Fonte da informação	Valor	Unidade
A	Diâmetro do reservatório	Fornecedor	30,0	m
B	Bordas laterais	Adotado	1,5	m
C	Diâmetro total	A+B	33,0	m
D	Área	$\pi \cdot C^2/4$	855,3	m <sup>2</sup>
E	Espessura da base	Adotado	30,0	cm
F	Perímetro	$2 \cdot \pi \cdot C$	207,3	m
G	Volume de concreto	D*E	256,6	m <sup>3</sup>
H	Espessura de corte do terreno	Adotado	20,0	cm
I	Volume de aterro	D*H	171,1	m <sup>3</sup>
J	Área para a forma	E*F	62,2	m <sup>2</sup>
K	Taxa de aço	Adotado	120,0	kg/m <sup>3</sup>
L	Quantidade de aço	G*K	30790,7	kg

#### 3.1.1.4 Estação elevatória de água de reúso e linha de recalque

Para o orçamento das obras civis da elevatória de água de reúso, foram calculadas as dimensões do poço de sucção, da caixa de válvula e da caixa do medidor de vazão. A Tabela 23 apresenta o dimensionamento do poço de sucção e a Tabela 24 resume as dimensões do poço de sucção, da caixa de válvula e da caixa do medidor de vazão.

Tabela 23: Dimensionamento do poço de sucção de água de reúso.

Descrição	Fonte da informação	Valor	Unidade
Capacidade de bombeamento	Adotado	140	l/s
Potência da bomba	Fabricante	60	cv
Tempo de ciclo	Fabricante	10	min
Configuração das bombas	Fabricante	2+1	-
Volume útil do poço	$V = \frac{QT}{4}$	21	m <sup>3</sup>
Diâmetro recalque (D)	Fabricante	355	mm
Espaço para cada bomba	3*D (NBR 12214/92)	1,1	m
Quantidade de bombas	Fabricante	3	um
Espaço total para bombas	3*D*(2+1)	3,2	m
Diâmetro do poço	Adotado	4	m
Área	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	12,6	m <sup>2</sup>
Altura útil (NA <sub>min</sub> -NA <sub>max</sub> )	Vu/A	1,7	m
NA <sub>min</sub>	2,5D+1,5D (NBR 12214/92)	1,4	m
Profundidade total	Hu+Namin+1,5	4,6	m

Tabela 24: Dimensões das estruturas de concreto da estação elevatória.

Estrutura de Concreto	Câmara					
	Diâmetro/ Comprimento (m)	Largura (m)	Altura = Profundidade e Interna (m)	Espessura da parede (m)	Altura = Profundidade (m)	Material
Poço	4,00	4,00	4,60	0,25	4,60	Concreto Armado
Caixa de Válvula	3,65	3,60	1,81	0,15	1,81	Concreto Armado
Caixa para medidor	2,25	1,72	2,17	0,15	2,17	Concreto Armado
Laje Superior						
	Diâmetro/ Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Área Externa (m)	Perímetro (m)	Material
Poço	4,00	4,00	0,25	16,00	16,00	Concreto Armado
Caixa de Válvula	3,65	3,60	0,20	13,14	14,50	Concreto Armado
Caixa para medidor	2,25	1,72	0,20	3,87	7,94	Concreto Armado
Laje Inferior						
	Diâmetro/ Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Área Externa (m)	Perímetro (m)	Material
Poço	5,00	0,00	0,25	19,63	15,71	Concreto Armado
Caixa de Válvula	3,65	3,60	0,25	13,14	14,50	Concreto Armado
Caixa para medidor	2,55	2,50	0,20	6,38	10,10	Concreto Armado

Após determinadas as dimensões das estruturas de concreto da estação elevatória, foi possível a elaboração da memória de cálculo para os serviços de obra civil que compreendeu os mesmos itens e premissas mencionadas no item 3.1.1.1: preparo da área (m<sup>2</sup>), área de tapume para vedação da obra (m<sup>2</sup>), escavação (m<sup>3</sup>), categoria de material escavado, escoramento (m<sup>2</sup>), esgotamento de vala (cv x h), reaterro (m<sup>3</sup>), bota-fora (m<sup>3</sup>), distância de bota fora (t x km), formas (m<sup>2</sup>) e volume de concreto (m<sup>3</sup>).

Para os cálculos de implantação da linha de recalque foi definido, inicialmente, o seu caminhamento que teve como premissa a passagem apenas por vias públicas, a fim de evitar problemas e custos adicionais para a utilização de terrenos particulares. Além disso, foram verificadas as vias que apresentavam largura adequada para a execução da obra em vala a céu aberto. A Figura 8 ilustra o caminho percorrido pela adutora desde a saída na ETE até o polo industrial de Santa Cruz.



Figura 8: Caminhamento da linha de recalque da ETE ao Polo Industrial.

A distância total da linha de recalque é de 7.500m, o desnível geométrico de 10m, o material empregado para a tubulação é o PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e o correspondente coeficiente de rugosidade é de 140. Com estas informações, foi possível calcular o diâmetro e a perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque. Em seguida, obteve-se a cotação da bomba com um fornecedor especializado para estas características de recalque.

Para a elaboração do memorial de cálculo da linha de recalque, definiram-se, previamente, a largura e profundidade da vala, variáveis que impactam significativamente no orçamento geral. A largura da vala foi definida segundo norma NBR 12266/1992 (ABNT, 1992), que define a largura de vala para assentamentos de tubo de adutoras de água e esgoto em função do tamanho do diâmetro, tipo de escoramento e profundidade. A profundidade média adotada foi de 2,3 m, levando em consideração um recobrimento mínimo de 0,9 mais o diâmetro de 0,355 m e

possíveis interferência ao longo do trajeto da adutora. O tipo de escoramento adotado foi do tipo especial<sup>2</sup>.

A memória de cálculo para a elaboração do orçamento de obra civil abrangeu os seguintes itens:

- Semáforo de bloqueio de obra na via pública (un): sinalização a cada oito metros de vala;
- Chapa de aço para passagem de veículos sobre a vala (m<sup>2</sup>): considerou-se duas garagens a cada 30m, com área de 6 m<sup>2</sup> cada. Logo, a área de chapa de aço será igual ao comprimento da linha de recalque dividido por 30m, multiplicado por duas garagens e por 6m<sup>2</sup> de área;
- Cerca protetora de borda de vala (m): corresponde a extensão da linha de recalque vezes os dois lados de proteção;
- Escavação (m<sup>3</sup>): para os serviços de escavação, foram consideradas as seguintes condições:
  - Escavação até 1,50 por escavação manual: 10%
  - Escavação até 1,50 por escavação mecânica: 90%
  - Escavação mecânica nas demais profundidades: 100%
  - Embasamento de areia: 0,1 m
- Porcentagem de material escavado segundo as categorias:
  - Material de 1<sup>a</sup> categoria: 85%
  - Material de 2<sup>a</sup> categoria: 15%
  - Material de 3<sup>a</sup> categoria: 0%
- Escoramento (m<sup>2</sup>): adotado para escavações com profundidades acima de 1,30m. Corresponde à área superficial da vala escavada;
- Esgotamento de vala (cv x h): corresponde ao tempo de trabalho da bomba utilizada para o esgotamento da vala. Foi considerada uma bomba de 5 cv para esta função, com funcionamento de 8h por dia, durante 6 meses (tempo da obra);
- Reaterro (m<sup>3</sup>): volume de solo a ser repostro na vala escavada. Corresponde ao volume escavado menos o volume das estruturas de concreto;

---

<sup>2</sup> Escoramento especial: estacas prancha de madeira ou aço, dispostas verticalmente, unidas de forma a revestir completamente os taludes da vala.



- Bota-fora (m<sup>3</sup>): volume de solo não repostado à vala. Corresponde ao volume de solo escavado menos o volume de solo de reaterro. Foram utilizados o fator de empolamento de 1,30 e o peso específico de 1,80 t/m<sup>3</sup>;
- Distância de bota fora (t x km): corresponde a massa de solo a ser descartada vezes a distância do transporte de bota fora. A distância foi adotada em 50 km;
- Demolição: considerou-se que 95% da extensão da linha deverá ser demolida, ou seja, com retirada de pavimentação. A mesma porcentagem é considerada para a recomposição de pavimento.

Foi considerada ainda como parte do escopo da elevatória e linha de recalque, uma casa de medição a ser instalada no polo industrial, ao final da linha, para possibilitar a medição da água fornecida ao cliente. A Tabela 25 resume as informações para a obra civil da casa de medição.

Tabela 25: Dimensionamento da casa de medição.

Descrição	Valor	Unidade
Altura	2	m
Comprimento	3	m
Largura	2	m
Perímetro	8	m
Área da parede	16	m <sup>2</sup>
Base de concreto	1,8	m <sup>3</sup>
Área da casa	6	m <sup>2</sup>
Área para limpeza	12	m <sup>2</sup>
Volume aterro	2,4	m <sup>3</sup>

A lista de materiais e equipamentos da linha de recalque, bem como os itens completos que compõem o orçamento estão detalhadas no Anexo B. Já o Anexo C apresenta o orçamento resumido da ETAR de Santa Cruz.

### 3.1.2 Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Santa Cruz

Para os custos com pessoas, considerou-se a necessidade de se ter dois funcionários dedicado à operação da ETAR. Sendo assim, é necessário a admissão de sete operadores, sendo dois funcionários para cada um dos três turnos e mais um funcionário para cobrir férias e folgas.

Para os custos com a troca de membrana, verificou-se com o fornecedor as condições de garantia e vida útil. Cada skid de tratamento possui 60 conjuntos de

membranas com a garantia de 5 anos. A troca total destes conjuntos é avaliada em R\$ 1.399.200,00 por skid.

Para os custos com a troca de membrana, considerou-se a troca total dos conjuntos uma vez ao ano. Esta troca é avaliada em R\$ 2.518.560,00 por skid.

A estimativa de consumo de produtos químicos compreende o policloreto de alumínio, a barrilha leve e o hipoclorito de sódio. A concentração destas substâncias em solução, bem como a regulagem da bomba dosadora foi estabelecida pelo fornecedor do equipamento. É importante ressaltar que, apesar de estabelecido uma condição prévia da operação e dosagem de produtos químicos, esta situação pode sofrer alterações de acordo com as características do esgoto tratado na ETE Santa Cruz.

A Tabela 26 apresenta as características de operação e dosagem consideradas para a estimativa de custos.

Tabela 26: Características de operação e dosagem de produto químico para a ETAR de Santa Cruz.

<b>Reagentes</b>	<b>Concentração solução %</b>	<b>Regulagem bomba dosadora %</b>	<b>Capacidade da Bomba Dosadora (l/h)</b>
Policloreto de Alumínio	10	100	504
Barrilha Leve	5	100	504
Hipoclorito de Sódio	6	100	504

As bombas utilizadas no tratamento são: as bombas de adução de água bruta, as bombas de contra lavagem das membranas e as bombas da elevatória de água tratada. As bombas de adução de água bruta e água tratada operam em condição ininterrupta, ou seja, 24 horas por dia e 30 dias por mês. Já as bombas de contra lavagem operam por 30 segundos a cada meia hora de filtração pelas membranas, segundo especificações do fornecedor.

A Tabela 27 resume as características das bombas empregadas na ETAR e as respectivas condições de uso.

Tabela 27: Característica de operação das bombas da ETAR de Santa Cruz.

Descrição	Valor	Unidade
<i>Skid</i>		
Quantidade de bombas	2	un.
Potência bomba	30	cv
Vazão	252	m <sup>3</sup> /h
Volume a tratar	6048	m <sup>3</sup>
Horas de trabalho por dia	24	h
Energia elétrica gasta hora ponta por dia	132	kWh
Energia elétrica gasta fora de ponta por dia	927	kWh
<i>Contra lavagem</i>		
Quantidade de bombas	2	un.
Potência bomba	100	cv
Vazão	837	m <sup>3</sup> /h
Energia elétrica gasta hora ponta por dia	7,4	kWh
Energia elétrica gasta fora de ponta por dia	51	kWh
<i>Aduutora</i>		
Quantidade de bombas	2	un.
Potência bomba	49,2	cv
Vazão	252	m <sup>3</sup> /h
Horas de trabalho por dia	24	h
Energia elétrica gasta hora ponta por dia	217	kWh
Energia elétrica gasta fora de ponta por dia	1.520	kWh
Total energia hora ponta ano	128.471	kWh
Total energia fora hora ponta ano	899.299	kWh
Demanda de potência	300	kW

Com as características de funcionamento das bombas, aplicou-se a tarifa de energia empregada atualmente pela Concessionária de energia elétrica, de acordo com a modalidade tarifária, levando em consideração o horário de ponta e a tarifa de demanda, que é aplicada para consumidores de média tensão (Tabela 28).

Tabela 28: Tarifas de energia vigentes para média tensão.

Demanda (R\$/kW)	Consumo (R\$/MWh)	
	Ponta	Fora de Ponta
Fixa		
12,35	1079,96	370,23

Fonte: Estrutura Tarifária da Light (julho/2016).

### 3.1.3 Estudo da tarifa a ser empregada e avaliação da viabilidade da ETAR de Santa Cruz

Para a análise do investimento, considerou-se que o contrato de fornecimento de água teria validade de 26 anos, iniciando em 2017 e finalizando em 2042, com possibilidade de renovação. O período de fornecimento até 2042 foi estabelecido, em função do contrato de concessão dos serviços de esgotamento sanitário da zona oeste a empresa privada, que inclui a operação da ETE Santa Cruz.

Com os custos relativos à implantação da ETAR, os custos de manutenção e operação e a tarifa aplicada a venda de água verificou-se o fluxo de caixa ano a ano, no horizonte de projeto de 26 anos. Considerou-se um ajuste tarifário anual de 9%, já que o modelo considera inflação anual para os insumos e reajuste de salarial para os funcionários.

Para a avaliação da viabilidade, calculou-se o “Payback” do investimento, o VPL e a TIR. Para o VPL, considerou-se uma taxa mínima de atratividade de 14,15%, conforme taxa Selic discutida no item. Para a definição da tarifa, foram testados diferentes valores até que se chegasse a uma TIR de 16%.

O modelo completo de análise de investimento contém os itens abaixo calculados anualmente:

- Volume de Água Fornecido ( $m^3$ ): corresponde ao volume de água fornecido anualmente (Equação 1);

$$Volume (m^3) = \frac{Q_{l/s} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}{1000} \quad (\text{Equação 1})$$

- Receita pelo Tratamento: corresponde ao volume de água fornecido anualmente multiplicado pela tarifa de venda (R\$/ $m^3$ );
- Repasse de 25% ao Poder Concedente: o contrato de Concessão dos serviços de esgotamento sanitário da zona oeste estabelece que as receitas extraordinárias auferidas pela Concessionária serão compartilhadas com o Poder Concedente, que terá direito a receber 25% do total faturado;
- Deduções da Receita: corresponde à incidência das contribuições de PIS (*Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público*), COFINS (*Contribuição para Financiamento da Seguridade Social*) e ISS (*Imposto Sobre Serviço*), de alíquotas 1,65%, 7,60% e 5%, respectivamente;
- Receita Operacional Líquida: corresponde à receita operacional bruta após os descontos de PIS, COFINS e ISS;
- Custo de Exploração: corresponde ao custo de operação do sistema, sendo dividido em dois tipos:
  - Salário, encargos e benefícios: relativos ao pagamento dos funcionários diretamente ligados a operação do sistema.

- Insumos: relativos aos custos com produtos químicos, troca de membranas, energia elétrica, custos de manutenção e análises laboratoriais.
- Resultado Operacional Bruto: corresponde a receita operacional líquida subtraído o custo de exploração;
- Depreciação: corresponde a depreciação do investimento ao longo do período de contrato (Equação 2);

$$\text{Depreciação anual} = \frac{\text{Investimento (CAPEX)}}{\text{Período de Contrato}} \quad (\text{Equação 2})$$

- Lucro líquido antes do IR: corresponde ao resultado operacional bruto subtraído da depreciação;
- Imposto de Renda e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL)
  - Imposto de Renda: pela normativa da Receita Federal, para valores até R\$ 240.000,00 há incidência de imposto na alíquota de 15%. Para valores acima, cobra-se o percentual de 15% nos R\$ 240.000 e o excedente, 10%;
  - CSLL: alíquota de 9%;
- Resultado Líquido: corresponde ao lucro líquido após os descontos do imposto de renda e da taxa de CSLL;
- Rentabilidade: é calculada pela divisão entre o resultado líquido e a receita operacional bruta.

O VPL calculado é em função do saldo de caixa, ou seja, o dinheiro que sobrou no caixa após todos os descontos, exceto a depreciação. Isto porque a depreciação não tem impacto de fluxo de desembolso em dinheiro, somente contábil para mensurar o resultado do negócio.

### 3.2 Estação de Água de Reúso da ETE Deodoro

Primeiramente, o estudo para a unidade de reúso da ETE Deodoro compreendeu a avaliação da capacidade atual frente à demanda interna da empresa e a demanda da Comlurb e assim, pode-se avaliar a necessidade de ampliação do sistema. Atualmente, a Comlurb utiliza água de reúso para a limpeza de vias públicas e feiras livres e a fonte de água é proveniente da ETE Penha, localizada na zona norte do Rio de Janeiro. Entretanto, para as bases operacionais da Comlurb, localizadas na

zona oeste da cidade, esta fonte de água torna-se muito cara em função da distância de abastecimento e os custos decorrentes do transporte da água até o local de aplicação.

A Tabela 29 apresenta a demanda de água pelas bases operacionais da Comlurb, localizadas na zona oeste, informada pela própria instituição.

Tabela 29: Demanda de água de reúso pela Comlurb.

<b>Distribuição de Pipas</b>	<b>1º Turno</b>	<b>2º Turno</b>
W47	OG17B	OG33R
P78	OG19C	OG26P
P79	OG18G	OG18V
<b>Quantidade de veículos</b>	3	3
<b>Quantidade de cargas/dia</b>	2	2
<b>Capacidade Volumétrica (l)</b>	7000	7000
<b>Necessidade diária (m³)</b>	42	42
	<b>84</b>	
<b>Necessidade semanal (m³)</b>	294	252
	<b>546</b>	
<b>Necessidade mensal (m³)</b>	1260	1092
	<b>2352</b>	

As siglas W47, P78 e P79 representam a codificação para os caminhões pipas. Já as siglas das bases operacionais da Comlurb são descritas abaixo:

- OG17B: base operacional de Bangu;
- OG33R: base operacional de Realengo;
- OG18V: base operacional de Senador Vasconcelos;
- OG18G: base operacional de Campo Grande;
- OG19C: base operacional de Santa Cruz;
- OG26P: base operacional de Guaratiba.

Como pode ser observado nos dados apresentados, a demanda total da Comlurb é de 84 m³/dia, considerando todas as suas bases de operação na zona oeste. Sendo 42 m³/dia para o primeiro turno e 42 m³/dia para o segundo turno. Vale ressaltar que, as bases de Campo Grande, Santa Cruz e Guaratiba localizam-se mais próximas à ETE Sepetiba do que à ETE Deodoro, sendo assim, será abordado nesta metodologia, no item posterior, o atendimento destas bases pela ETAR de Sepetiba. Entretanto, como a ETAR de Sepetiba precisa ser implantada, foi considerando que, inicialmente, toda a demanda da Comlurb seria atendida pela ETAR de Deodoro.

Logo, o dimensionamento deve levar em consideração a demanda total de 84 m<sup>3</sup>/dia.

Além do levantamento da demanda da Comlurb, foram levantadas as informações de consumo interno de água de reúso pelas equipes de operação e engenharia da empresa. Estas informações foram obtidas diretamente com estas equipes.

As equipes de manutenção e operação dos serviços de esgotamento sanitário possuem três bases operacionais: Deodoro, Campo Grande e Sepetiba, as quais são responsáveis pela manutenção das redes e limpeza das elevatórias localizadas nas áreas de atuação correspondentes. Foi informado que, diariamente, dois caminhões de capacidade de 8 m<sup>3</sup> são abastecidos na ETAR de Deodoro para os serviços de manutenção desta região. Nas bases de Sepetiba e Campo Grande, os caminhões ainda são abastecidos com água potável, sendo que a demanda é de 8 m<sup>3</sup>, ou seja, um caminhão por dia para os serviços de cada uma das bases.

Já para equipe de engenharia, esta demanda varia muito. Em períodos em que há execução de obras por método não destrutivo (MDN), há um consumo maior, já que o método consome água durante a execução. Já em épocas em que a execução das obras é por método de vala a céu aberto, a demanda é menor. De qualquer maneira, há sempre uma demanda por água para a limpeza das ruas após a execução das obras. Sendo assim, foi estimado pela equipe de engenharia que o consumo é de 15 m<sup>3</sup>/dia, considerando os dias de maior consumo para as obras em MND.

A Tabela 30 apresenta o resumo das demandas de água de reúso para a ETE Deodoro, considerando o primeiro e segundo turno de trabalho, sendo que as demandas de operação e engenharia são sempre no primeiro turno.

Tabela 30: Demanda de água de reúso previsto para a ETAR de Deodoro.

<b>Demanda de água</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/d)</b>
Operação	16
Engenharia	15
Comlurb (1T)	42
Comlurb (2T)	42
<b>Total dia</b>	<b>115</b>
Demanda 1º turno	73
Demanda 2º turno	42
<b>Total</b>	<b>115</b>

Verifica-se pelos dados da tabela anterior que a demanda total pela água de reúso é de 115 m<sup>3</sup>/dia. Como a capacidade de tratamento da ETAR é de 240 m<sup>3</sup>/dia, não há

necessidade de ampliação da mesma. Entretanto, a capacidade de reservação atual, de 40 m<sup>3</sup>, não é capaz de atender toda a demanda. Isto porque se todas as demandas do primeiro turno (engenharia, operação e parte Comlurb) chegarem ao mesmo tempo, seriam necessários 73 m<sup>3</sup> de água a disposição. Verifica-se assim, que há necessidade de ampliação da reservação da ETAR de Deodoro e não da capacidade de produção de água.

Após estas constatações, a metodologia do trabalho consistiu em levantar os custos necessários para ampliação da reservação na ETAR de Deodoro e os custos com a disposição de lodo e resíduos sólidos da ETEs operadas na zona oeste. O levantamento dos custos com a disposição final do lodo e dos resíduos sólidos é necessário, pois se pretende negociar junto à Comlurb uma troca pelo benefício do abastecimento de água na ETAR de Deodoro. Esta troca compreenderia a disposição do lodo e dos resíduos sólidos gerados com o tratamento do esgoto no aterro sanitário operado pela Comlurb.

### **3.2.1 Custos de ampliação da reservação para a ETAR de Deodoro (CAPEX)**

Conforme apresentado anteriormente, há necessidade de atendimento de 73 m<sup>3</sup> para o 1º turno e 42 m<sup>3</sup> para o segundo turno do dia, sendo assim considera-se suficiente uma reservação de 80 m<sup>3</sup> para a ETAR de Deodoro. Como a mesma já possui 40 m<sup>3</sup>, então será necessário a implantação de mais 40 m<sup>3</sup>, que neste caso, serão dois reservatórios de 20 m<sup>3</sup>.

Além da aquisição dos reservatórios, foi considerada a execução de obra civil para recebimento dos novos equipamentos, bem como adequação elétrica e aquisição de tubos e conexões.

A obra civil compreendeu os seguintes itens:

- Limpeza da área com corte de volume de solo;
- Aterramento para regularização da superfície;
- Execução da base de concreto, com utilização de forma e armadura de ferro;
- Cercamento com muro baixo de alvenaria e alambrado;
- Pintura.

Para a execução de obra civil foi necessário definir a área ocupada pelos novos equipamentos. A Tabela 31 resume os dados para a definição desta área, bem como demais premissas utilizadas para o cálculo do orçamento.



Tabela 31: Dados para dimensionamento das obras civis da ETAR de Deodoro.

Descrição do Item	Valor	Unidade
<b>Base de Concreto</b>		
Espessura da base	30	cm
Diâmetro Reservatório 20m <sup>3</sup>	3,2	m
Área requerida	15,8	m <sup>2</sup>
Distância entre tanques	1	m
Bordas	1	m
Comprimento total	9,3	m
Largura total	5,2	m
Dimensões	9,3	x
Perímetro	29,0	m
Área total	48,3	m
Volume de concreto	14,5	m <sup>3</sup>
Espessura de corte do terreno	20	cm
Volume de aterro	9,7	m <sup>3</sup>
Área para forma	8,7	m <sup>2</sup>
Taxa de aço	120	kg/m <sup>3</sup>
Quantidade de aço	1.738,4	kg
<b>Cercamento</b>		
Perímetro	29,0	m
Altura da parede	0,4	m
Área parede	11,6	m <sup>2</sup>
Altura alambrado	2	m
Área alambrado	58,0	m <sup>2</sup>

A lista de materiais utilizados na ampliação da ETAR de Deodoro é apresentada na Tabela 54, no item de resultados.

### 3.2.2 Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Deodoro

Para os custos de manutenção e operação, considerou-se o custo total da ETAR e não apenas os custos adicionais relacionados à ampliação do tratamento.

Para os custos com pessoas, considerou-se a necessidade de contratação de um funcionário para o turno do dia de maior movimentação na ETAR. Para o turno da noite, os operadores da ETE Deodoro cobririam os serviços relacionados à operação da ETAR. Atualmente, a operação da ETAR é feita desta forma.

Para os custos com a troca do filtro bag, verificou-se com o operador da ETAR que há necessidade de troca de um filtro a cada 15 dias para a produção de água atual. Como a vazão de produção passará de 31 m<sup>3</sup>/d para 73 m<sup>3</sup>/d, considerou-se a

necessidade de um filtro bag por semana. O custo unitário do filtro bag foi avaliado em R\$ 42,04, segundo informações da equipe de compras.

A estimativa de consumo de produto químico compreende o policloreto de alumínio. A concentração desta substância em solução, bem como a vazão e a regulação da bomba dosadora foi estabelecida pelo fornecedor do equipamento e verificada com o operador.

A Tabela 32 apresenta as características de dosagem do policloreto de alumínio consideradas para a estimativa de custos.

Tabela 32: Características de operação e dosagem de produto químico para a ETAR de Deodoro.

Reagentes	Concentração solução %	Regulagem bomba dosadora %	Capacidade da Bomba Dosadora (l/h)
Policloreto de Alumínio	12	25	5

O número de horas de trabalho do equipamento foi avaliado em 11,5 horas, obtido pela divisão entre o volume de água a ser produzido por dia (115 m<sup>3</sup>) pela vazão do equipamento (240 m<sup>3</sup>/d). Quando a ETAR de Sepetiba passar a atender metade da demanda da Comlurb, o número de horas de trabalho será de 7,3 h. O custo unitário de produto químico é de R\$ 4,95 /kg e foi obtido junto ao fornecedor.

Os custos com energia elétrica foram calculados a partir da potência das bombas empregadas na ETAR. As bombas utilizadas no tratamento são as bombas de alimentação (esgoto tratado) e a bomba utilizada para encher os caminhões com água de reúso.

A Tabela 33 resume as características das bombas empregadas na ETAR.

Tabela 33: Característica das bombas da ETAR.

Descrição	Valor	Unidade
<i>Bomba Alimentação</i>		
Potência bomba	1	cv
Vazão	10	m <sup>3</sup> /h
Horas de trabalho por dia	7,3	h
Energia elétrica gasta ao mês	161,1	kWh
<i>Bomba Enchimento Caminhões</i>		
Potência bomba enchimento	4	cv
Vazão	30	m <sup>3</sup> /h
Volume a encher dia	73	m <sup>3</sup>
Horas de trabalho por dia	2,43	h
Energia elétrica gasta ao mês	214,8	kWh

Como o funcionamento da ETAR não é em período integral como o da ETAR de Santa Cruz, considerou-se que a produção de água ocorrerá apenas em horário fora

de ponta. Em seguida, aplicou-se a tarifa de energia empregada atualmente pela Concessionária de energia elétrica, conforme apresentado na Tabela 28.

### 3.3 Geração de Resíduos Sólidos e Lodo das ETEs

Atualmente, todo lodo gerado pelas ETEs em operação na zona oeste (Área de Planejamento 5 – AP5) são desaguados em leitos de secagem natural. A geração total de lodo é de cerca de seis toneladas ao mês (com a operação da ETE Deodoro em 70 l/s) e o destino final é a Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Nova Iguaçu. Atualmente, o preço para a disposição do lodo é de R\$ 129/ton.

Já para a geração de resíduo sólido das ETEs, composto majoritariamente pelos resíduos das peneiras, caixa de areia e caminhões *vacall* de manutenção de rede, a média de quatro meses verificada este ano está apresentada na Tabela 34:

Tabela 34: Produção de Resíduo Sólido nas ETEs da AP5.

Mês	Quantidade (ton)
Jan	77
Fev	70
Mar	46
Abr	100
Média	73,3

O custo para a disposição destes resíduos no aterro do CTR Nova Iguaçu é R\$ 94/ton.

Além dos custos empregados para a disposição final do lodo e dos resíduos sólidos do sistema de tratamento atual, devem-se somar a este montante, os custos para a disposição do lodo e dos resíduos sólidos da ETE Deodoro com sua capacidade plena de operação.

Para a estimativa de geração de lodo, verificou-se no projeto de ampliação da ETE que o lodo retirado do processo deve passar por um adensador e, em seguida, por um desaguador. Segundo informações de projeto do adensador, é prevista a geração de 443,5 kgSST/h e o tempo de operação previsto deste equipamento é de 16 h/d. Assim, foi possível estimar a geração de lodo de 213 ton/mês.

Para a estimativa dos resíduos de pré-tratamento, não foram encontradas informações de projeto. Então, buscaram-se referências atuais para estimativas teóricas.

Azevedo Neto & Hess (apud JORDÃO & PESSÔA, 2014) sugerem uma estimativa de geração de sólidos grosseiros removidos nas grades em função do espaçamento

entre barras e também a estimativa de geração de areia em função do volume de esgoto tratado, conforme Tabelas 35 e 36.

Tabela 35: Quantidade de sólidos grosseiros removidos em função do espaçamento entre barras.

<b>Espaçamento (mm)</b>	<b>Quantidade de RS retidos (l/1000m<sup>3</sup>)</b>
12,5	50
20	38
25	23
35	12
40	9
50	6

Fonte: Azevedo Neto & Hess (apud JORDÃO & PESSÔA, 2014).

Tabela 36: Remoção de areia segundo várias referências brasileiras.

<b>Autor ou Referência</b>	<b>Média 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup></b>
Azevedo & Hess	1,5 a 2,9
ETE Pinheiros	4,1
ETE V. Leopoldina	1,2

Fonte: Jordão & Pessôa (2014).

A grade da ETE Deodoro possui espaçamento entre barras de 20mm. Para a estimativa de remoção de areia, adotou-se o valor de  $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^3$ .

### 3.4 Estação de Água de Reúso na ETE Sepetiba

O presente tópico teve como objetivo avaliar a viabilidade de produção de água de reúso na ETE Sepetiba, nos mesmos moldes da ETAR de Deodoro, considerando dois diferentes cenários, a saber:

- Cenário 1: atender a demanda de água da base de operação de Sepetiba;
- Cenário 2: atender a demanda de água da base de operação de Sepetiba e atender parte da demanda da Comlurb;

A Tabela 37 apresenta a demanda de água estimada para a ETAR de Sepetiba.

Tabela 37: Demanda de água de reúso para a ETAR de Sepetiba.

Demanda	Vazão (m³/d)	
	Cenário 1	Cenário 2
Operação	8	8
Engenharia	10	10
Comlurb (1º Turno)	-	28
Comlurb (2º Turno)	-	14
Demanda total 1º turno	18	46
Demanda total 2º turno	-	14
Nº de reservatórios de 20m³	1	3

Verifica-se pelos resultados que há necessidade de 18 m³ de água de reúso disponível no primeiro turno para o cenário 1 e 46 m³ para o cenário 2. Logo é necessário a instalação de apenas um reservatório de 20 m³ no cenário 1 e três reservatórios para o cenário 2. Lembrando que, no cenário 2, metade da demanda da Comlurb será transferida da ETAR de Deodoro para a ETAR de Sepetiba, o que trará ociosidade de um dos reservatórios da ETAR de Deodoro. Sendo assim, no cenário 2, será contabilizado apenas dois reservatórios para a ETAR de Sepetiba e o terceiro será transferido da ETAR de Deodoro.

O estudo para implantação da ETAR de Sepetiba abrangeu o levantamento dos custos de investimentos para a implantação e os custos inerentes à manutenção e operação do sistema de reúso.

### 3.4.1 Custos de capital ou investimento para a ETAR de Sepetiba (CAPEX)

O sistema de tratamento para água de reúso a ser implantado na ETAR Sepetiba será de mesma capacidade e tecnologia da ETAR de Deodoro, independente do cenário.

Faz parte do skid de reúso os materiais abaixo relacionados:

- 2 Bombas Submersíveis;
- 2 Manômetros;
- 1 Painel Elétrico;
- 2 Pressostatos;
- 1 Medidor de vazão eletromagnético;
- 2 Filtros Bag com um elemento filtrante em Nylon 25 micras.
- 2 Reatores Ultravioleta;

- 1 Bomba dosadora;
- 1 Conjunto de válvulas gaveta em latão;
- 1 Conjunto de válvulas esfera em PVC;
- 1 Conjunto de tubos e conexões;
- 1 Skid metálico.

A Figura 9 apresenta uma ilustração do equipamento.

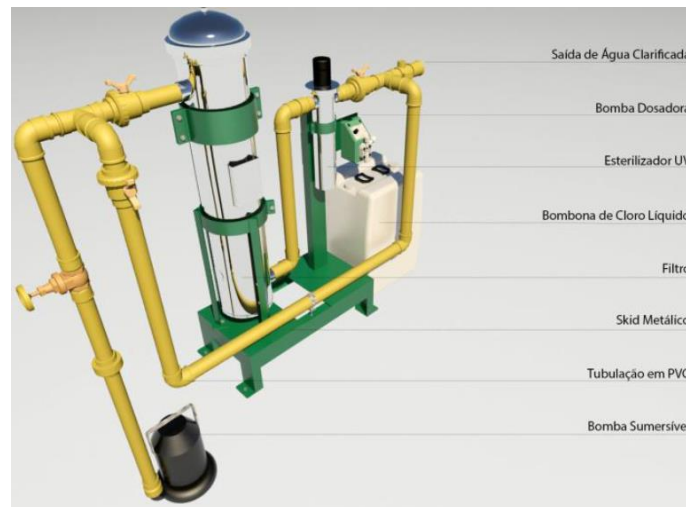


Figura 9: Ilustração do skid de tratamento para água de reúso. Fonte: Proposta fornecedor.

Os demais materiais necessários para a ETAR e que não fazem parte do fornecimento do equipamento, estão apresentados no Anexo D.

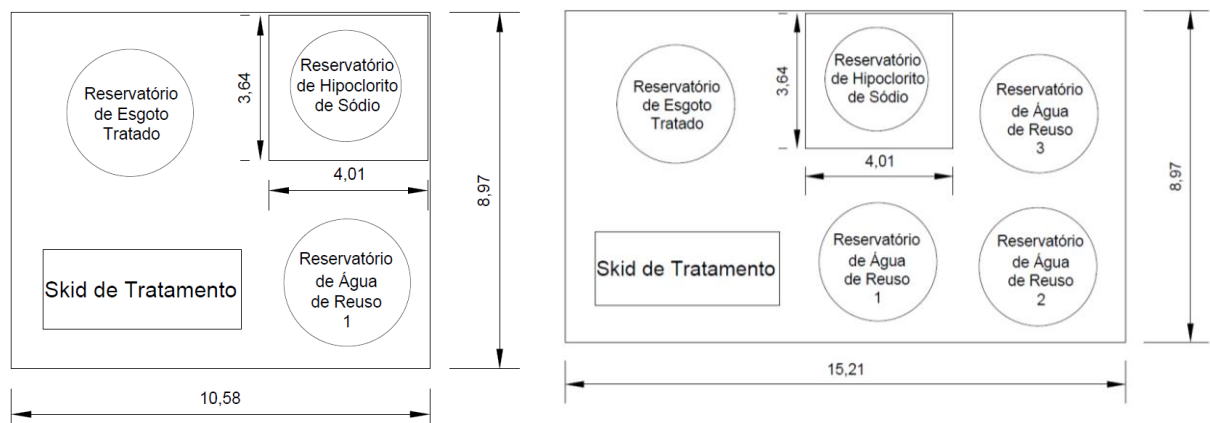


Figura 10: Layout da ETAR de Sepetiba; a) Cenário 1 (à esquerda); b) Cenário 2 (à direita).

A obra civil da ETAR compreendeu os serviços para a execução da base de concreto, bacia de contenção para o hipoclorito, casa de proteção para o skid e cercamento da ETAR.

A Figura 10 apresenta o *layout* montado para a ETAR de Sepetiba e a Tabela 38 apresenta o dimensionamento dos itens que compõem a obra civil.

Tabela 38: Dados para dimensionamento das obras civis da ETAR de Sepetiba.

Descrição do Item	Cenário 1	Cenário 2	Unidade
<u>Área para base de concreto</u>			
Área adotada de acordo com layout	94,71	136,40	m <sup>2</sup>
Comprimento	10,57	15,2	m
Largura	8,96	9	m
Espessura	0,3	0,3	m
Volume	28,41	40,92	m <sup>3</sup>
Área para formas	11,72	14,52	m <sup>2</sup>
Volume para limpeza	18,94	27,28	m <sup>3</sup>
Taxa de aço	120	120	kg/m <sup>3</sup>
Quantidade de aço	3.409	4.910	kg
<u>Bacia de Contenção Hipoclorito</u>			
Área	14,60		m <sup>2</sup>
Perímetro	15,30		m
Espessura parede	10,00		cm
Altura da parede	30,00		cm
Área para forma	9,18		m <sup>2</sup>
Volume de Concreto	0,459		m <sup>3</sup>
<u>Casa para o Skid</u>			
Comprimento	5		m
Largura	2		m
Área	10		m <sup>2</sup>
Altura	2,3		m
Área das paredes internas e forro	30,7		m <sup>2</sup>
<u>Cercamento</u>			
Perímetro	39,06	48,4	m
Altura	0,4	0,4	m
Área parede alvenaria	15,62	19,36	m <sup>2</sup>
Altura alambrado	2	2	m
Área alambrado	78,12	96,8	m <sup>2</sup>

### 3.4.2 Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Sepetiba

Para a ETAR de Sepetiba, não foram considerados gastos com a contratação de um novo operador, por se tratar de uma operação simples e uma demanda menor de água do que a ETAR de Deodoro. Considerou-se que os próprios operadores da ETE operariam a ETAR.

Para os custos com a troca do filtro bag, considerou-se a necessidade de troca de um filtro a cada 15 dias, conforme experiência de operação da ETAR de Deodoro. O custo unitário do filtro bag foi avaliado em R\$ 42,04, segundo informações da equipe de compras. Foi considerada a mesma reposição para ambos os cenários.

Já a estimativa de consumo de produto químico, para o policloreto de alumínio, foi obtida pela multiplicação das variáveis de concentração da solução de PAC, regulagem da bomba, vazão da bomba e horas de consumo, conforme Tabelas 39 e 340.

Tabela 39: Características de operação e dosagem de produto químico da ETAR de Sepetiba.

Reagentes	Concentração solução %	Regulagem bomba dosadora %	Consumo (kg/h)
Hipoclorito de Sódio	12	25	0,15

Tabela 40: Tempo de operação da ETAR de Sepetiba.

Cenário	Volume a tratar por dia (m <sup>3</sup> )	Vazão de tratamento (m <sup>3</sup> /h)	Tempo de operação diária (h)
1	18	10	1,8
2	60	10	6

As definições da concentração de produto químico e a regulagem da bomba dosadora foram obtidas pelo operador da ETAR de Deodoro, já que a ETAR de Sepetiba deve operar em condições parecidas. Entretanto, o ajuste correto para a ETAR de Sepetiba só poderá ser confirmado quando a mesma entrar em operação. Os custos com energia elétrica foram calculados a partir da potência das bombas empregadas na ETAR. As bombas utilizadas no tratamento são: a bombas de alimentação (esgoto tratado) e a bomba utilizada para encher os caminhões com água de reúso.

A Tabela 41 resume as características das bombas empregadas na ETAR.



Tabela 41: Característica das bombas da ETAR de Sepetiba.

Descrição	Cenário 1	Cenário 2	Unidade
<i>Bomba Skid</i>			
Potência bomba	1	1	cv
Vazão	10	10	m <sup>3</sup> /h
Volume a tratar	18	60	m <sup>3</sup>
Horas de trabalho por dia	1,8	6	h
Energia elétrica gasta ao mês	39,72	132,39	kWh
<i>Bomba Enchimento dos Caminhões</i>			
Potência bomba enchimento	4	4	cv
Vazão	30	30	m <sup>3</sup> /h
Volume a encher	18	60	m <sup>3</sup>
Horas de trabalho por dia	0,6	2	h
Energia elétrica gasta ao mês	52,96	176,52	kWh
Total Energia Elétrica mês	92,67	308,91	kWh
Demanda Potência	7,4	7,4	kW

Como o funcionamento da ETAR não é em período integral como o da ETAR de Santa Cruz, considerou-se que a produção de água ocorrerá apenas em horário fora de ponta.

### 3.4.3 Avaliação da viabilidade da ETAR de Sepetiba

Este tópico abordará a metodologia de avaliação de viabilidade da ETAR de Sepetiba para o cenário 1, que atende apenas a demanda interna de água de reúso. O cenário 2 será avaliado juntamente com a ETAR de Deodoro (item 3.4), já que há uma divisão no atendimento da demanda da Comlurb por ambas as ETARs.

A avaliação da viabilidade da ETAR de Sepetiba para o cenário 1 compreendeu, inicialmente, o cálculo da economia obtida pela utilização da água de reúso e não mais da água de abastecimento público para os serviços de operação e engenharia. Para isso, calculou-se a demanda de água mensal e multiplicou-se este valor pelo preço da tarifa de água atual. A Tabela 42 apresenta as tarifas de água praticadas pela Companhia Estadual de Água e Esgoto (CEDAE) para a categoria de consumo comercial, para a qual a empresa se enquadra.

Tabela 42: Tarifa de água para a categoria comercial.

Consumo mensal	Tarifa (R\$/m <sup>3</sup> )
De 0 a 20 m <sup>3</sup>	R\$ 9,87
De 20 a 30 m <sup>3</sup>	R\$ 17,39
De 30 a 9999 m <sup>3</sup>	R\$ 18,58

Fonte: Rio de Janeiro, 2015.

A tarifa a ser aplicada é de R\$ 18,58 /m<sup>3</sup>, já que a empresa se enquadra como grande consumidor.

Do custo de água foi subtraído o custo total de OPEX da ETAR de Sepetiba e, assim, obteve-se o ganho líquido mensal com a operação da ETAR.

Em seguida, obteve-se o *Payback* do projeto dividindo-se o CAPEX pelo ganho líquido.

### **3.5 Avaliação da viabilidade para ETAR Deodoro e ETAR de Sepetiba**

Como mencionado anteriormente, o cenário 2 para a ETAR de Sepetiba, onde considera-se o atendimento de parte da demanda da Comlurb foi avaliado juntamente com a viabilidade da ETAR de Deodoro, pois o benefício da disposição dos resíduos das ETEs no aterro da Comlurb deve ser contabilizado como um ganho financeiro para ambas as ETARs, já que o atendimento da demanda de água foi dividido entre ambas também.

Para o cálculo da viabilidade das ETARs de Deodoro e Sepetiba, inicialmente, foi necessário definir o preço de venda para a água de reúso. A negociação com a Comlurb não intenciona a venda da água, mas sim a troca de benefícios. Entretanto, para que se pudesse ter um parâmetro de referência para esta negociação foi necessário estabelecer um preço para água fornecida. Desta forma, o custo da disponibilização desta água seria o crédito para a disposição dos resíduos.

Para a definição do preço da água, utilizou-se a mesma metodologia empregada na ETAR de Santa Cruz, conforme descrito no item 3.1.3. Foi preciso definir um período de fornecimento de água para a análise da viabilidade através de um fluxo de caixa anual. Assim, adotou-se o mesmo modelo de fornecimento da ETAR de Santa Cruz, considerando um contrato de validade de 26 anos, iniciando em 2017 e finalizando em 2042. O período de fornecimento até 2042 foi estabelecido, em função do contrato de concessão dos serviços de esgotamento sanitário da zona, que inclui a operação da ETE Sepetiba.

Com os custos relativos à implantação das ETARs (CAPEX) e os custos de manutenção e operação (OPEX), verificou-se a tarifa de água que possibilitasse uma TIR de 16%, no horizonte de projeto de 26 anos.

Após calculada a tarifa de água (R\$/m<sup>3</sup>), verificou-se o custo mensal para o fornecimento de água a Comlurb multiplicando-se o volume de água fornecido pela

tarifa apurada. Assim, obteve-se o crédito que a empresa teria para a disponibilização dos seus resíduos no aterro.

Em seguida, calculou-se a o *Payback* do investimento de ambas as ETARs em conjunto. Para isso, consideraram-se os valores de CAPEX e os valores de OPEX conjuntamente, bem como a diminuição dos custos obtida pela utilização da água de reúso e do crédito obtido com a Comlurb. O *Payback* foi calculado através da Equação 3:

$$Payback = \frac{CAPEX_{Total}}{Ganho\ no\ Período} = \frac{CAPEX_{Deodoro} + CAPEX_{Sepetiba}}{(G.M.Deodoro + G.M.Sepetiba + G.M.Comlurb) - (OPEX_{Deodoro} + OPEX_{Sepetiba})}$$

(Equação 3)

Onde:

- CAPEX Deodoro: Custos de investimento para ampliação do sistema de reservação da ETAR de Deodoro;
- CAPEX Sepetiba: Custos de investimento para implantação da ETAR de Sepetiba;
- G. M. Deodoro: corresponde ao ganho mensal obtido na base Deodoro com a utilização da água de reúso pelos serviços de operação e engenharia ao invés da utilização da água de abastecimento público;
- G. M. Sepetiba: corresponde ao ganho mensal obtido na base de Sepetiba com a utilização da água de reúso pelos serviços de operação e engenharia ao invés da utilização da água de abastecimento público;
- G. M. Comlurb: corresponde ao ganho mensal obtido com o fornecimento de água à Comlurb;
- OPEX Deodoro: custos mensais de operação e manutenção da ETAR de Deodoro;
- OPEX Sepetiba: custos mensais de operação e manutenção da ETAR de Sepetiba;

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estação de Água de Reúso da ETE Santa Cruz

A seguir, serão apresentados os resultados referentes à avaliação da viabilidade de implantação da ETAR de Santa Cruz com vistas ao fornecimento de água de reúso ao Polo Industrial de Santa Cruz.

#### 4.1.1 Custos de capital ou investimento (CAPEX) para a ETAR de Santa Cruz

A Tabela 44 apresenta o resumo dos custos de investimento para a execução do poço de sucção de esgoto tratado. Os itens detalhados do orçamento estão apresentados no Anexo A.

Tabela 44: Custos de investimento do poço de sucção de esgoto tratado da ETAR de Santa Cruz.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PREÇO TOTAL
<b>1</b>	<b>CAPTAÇÃO DO ESGOTO TRATADO</b>	
<b>1.1</b>	<b>Poço de sucção, caixa de válvula e caixa do medidor</b>	
1.1.1	Movimento de terra, carga, transporte e bota fora	R\$ 44.425,69
1.1.2	Serviços adicionais	R\$ 30.314,51
1.1.3	Execução da elevatória - serviços e materiais	R\$ 529.457,62
1.1.4	Urbanização	R\$ 90.099,66
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 694.297,48</b>

A Tabela 45 apresenta os custos de investimento da unidade de tratamento, incluindo os materiais e os serviços de obra civis.

Tabela 45: Custos de investimento para a unidade de tratamento da ETAR de Santa Cruz.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
<b>2</b>	<b>UNIDADE DE TRATAMENTO</b>				
<b>2.1</b>	<b>Materiais/equipamentos</b>				<b>R\$ 11.074.600,18</b>
2.1.1	Skidultrafiltração / 252m³/h (70l/s)	UN.	2	R\$ 5.486.535,21	R\$ 10.973.070,42
2.1.2	Caixa/polietileno/Fortlev/20m³	UN.	3	R\$ 7.948,84	R\$ 23.846,52
2.1.3	Medidor eletromagnético de vazão modelo VMF 200 com flanges PN-10 ønom.350	UN.	1	R\$ 14.700,00	R\$ 14.700,00
2.1.4	Tubo PVC-DeFoFo, p/adução e distrib. De agua, diam. Nominal250mm	M	200	R\$ 134,92	R\$ 26.983,24
2.1.5	Bomba bi-partida radial NL 100-200 Q=70/S/Hm=63,79 (bomba reserva para sucção)	UN.	1	R\$ 36.000,00	R\$ 36.000,00
<b>2.2</b>	<b>Base de concreto</b>				<b>R\$ 238.106,15</b>
2.2.1	Limpeza mecanizada de terreno, inclusive retirada de arvore entre 0,05 m e 0,15m de diâmetro	M2	500,0	R\$ 0,49	R\$ 245,81
2.2.2	Aterro mecanizado compactado c/empréstimo	M3	100,0	R\$ 62,38	R\$ 6.238,25
2.2.3	Forma de mad. Em tabuas de pinho de 3ª p/moldagem de peças de concr. Armado, servindo a mad. 2 vezes	M2	28,1	R\$ 68,41	R\$ 1.921,09
2.2.4	Armação de aço ca-60 diam.7,0 a 8,0mm - fornecimento / corte (c/ perda de 10%) / dobra / colocação.	KG	18.000,0	R\$ 8,08	R\$ 145.412,93
2.2.5	Concreto usinado bombeado FKC=30mpa, inclusive colocação, espalhamento e adensamento mecânico.	M3	150,0	R\$ 561,92	R\$ 84.288,08
<b>2.3</b>	<b>Bacia de contenção para produtos químicos</b>				<b>R\$ 3.679,26</b>
2.3.1	Concreto usinado bombeado FKC=30MPA, inclusive colocação, espalhamento e adensamento mecânico.	M3	1,6	R\$ 561,92	R\$ 895,33
2.3.2	Forma de mad. Em tabuas de pinho de 3ª p/moldagem de peças de concr. Armado, servindo a mad. 2 vezes	M2	31,9	R\$ 68,41	R\$ 2.180,15
2.3.3	Pintura latexacrílica ambientes internos/externos, duas demãos	M2	31,9	R\$ 18,95	R\$ 603,79
<b>2.4</b>	<b>Cercamento</b>				<b>R\$ 26.158,68</b>
2.4.1	Portão em chapa de ferro e tela, inclusive pintura e pilares de apoio (para pedestres)	UN	1	R\$ 1.196,87	R\$ 1.196,87
2.4.2	Alambrado em tela de arame galv. Nº14, malha losango, c/alt.total de 2,5cm acima do ter.	M2	187,2	R\$ 101,83	R\$ 19.062,87
2.4.3	Alvenaria de tijolos cerâmicos furados 10x10x20cm, assentados com arga massa cimento/areia 1:10 com preparo manual, esp. Parede = 10cm, com juntas de 12mm, considerando 9% de perdas nos tijolos e 10% na argamassa de assentamento	M2	37,44	R\$ 87,35	R\$ 3.270,34
2.4.4	Reboco para paredes internas, argamassa traço 1:2 (cal e areia fina peneirada), preparo manual	M2	74,88	R\$ 16,16	R\$ 1.209,84
2.4.5	Pintura latexacrílicos ambientes internos/externos, duas demãos	M2	74,88	R\$ 18,95	R\$ 1.418,77
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 11.342.544,27</b>

A Tabela 46 apresenta os custos de investimento para o reservatório, incluindo os materiais e os serviços de obra civis.

Tabela 46: Custos de investimento para o reservatório de água de reúso da ETAR de Santa Cruz.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
<b>3</b>	<b>RESERVATÓRIO</b>				
<b>3.1</b>	<b>Materiais/equipamentos</b>				<b>R\$ 4.598.000,00</b>
3.1.1	Reservatório Metálico 9.000 m <sup>3</sup> /Chapas de Aço Carbono (ASTM-A36) /h=13,5 e D=30m	UN.	1,0	R\$ 4.598.000,00	R\$ 4.598.000,00
<b>3.2</b>	<b>Base de concreto</b>				<b>R\$ 470.708,90</b>
3.2.1	Limpeza mecanizada de terreno, inclusive retirada de arvore entre 0,05 m e 0,15m de diâmetro	M2	855,3	R\$ 0,49	R\$ 420,48
3.2.2	Aterro mecanizado compactado c/emprestimo	M3	171,1	R\$ 62,38	R\$ 10.671,13
3.2.3	Forma de mad. Em tabuas de pinho de 3ª p/moldagem de peças de concr. Armado, servindo a mad. 2 vezes	M2	62,2	R\$ 68,41	R\$ 4.255,64
3.2.4	Armação de aço ca-60 diam.7,0 a 8,0mm - fornecimento / corte (c/ perda de 10%) / dobra / colocação.	KG	30.790,7	R\$ 8,08	R\$ 248.742,95
3.2.5	Concreto usinado bombeado FKC=30mpa, inclusive colocação, espalhamento e adensamento mecânico.	M3	256,6	R\$ 561,92	R\$ 144.182,95
3.2.6	Impermeabilização de laje com asfalto elastômero, incluso primer e v eu de poliéster.	M2	855,3	R\$ 73,00	R\$ 62.435,75
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 5.068.708,90</b>

A Tabela 47 apresenta os custos de investimento para a execução da estação elevatória e da linha de recalque de água de reúso. Por se tratar de um orçamento muito extenso, os itens detalhados são apresentados no Anexo B.

Tabela 47: Custos de investimento para a elevatória e linha de recalque da ETAR de Santa Cruz.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PREÇO TOTAL
<b>4.</b>	<b>ADUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO</b>	
<b>4.1</b>	<b>Elevatória de água de reúso</b>	R\$ 1.280.249,68
4.1.1	Movimento de terra, carga, transporte e bota fora	R\$ 42.474,66
4.1.2	Serviços adicionais	R\$ 29.150,65
4.1.3	Execução da elevatória - serviços e materiais	R\$ 1.118.524,71
4.1.4	Urbanização	R\$ 90.099,66
<b>4.2</b>	<b>Linha de recalque de água de reúso</b>	R\$ 7.371.622,85
4.2.1	Movimento de terra, carga, transporte e bota fora	R\$ 1.335.009,91
4.2.2	Serviços adicionais	R\$ 2.892.867,54
4.2.3	Execução do recalque - serviços e materiais	R\$ 2.743.626,39
4.2.4	Urbanização	R\$ 400.119,01
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 8.651.872,53</b>

A Tabela 48 apresenta os custos de investimento para a casa de medição que deverá ser instalado ao fim da linha de recalque, no polo industrial.

Tabela 48: Custos de investimento para a casa de medição.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
<b>5.</b>	<b>CABINE DE MEDIÇÃO</b>				
<b>5.1</b>	<b>Materiais/Equipamentos</b>				<b>R\$ 14.700,00</b>
<b>5.1.1</b>	MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO 14" (350mm)/Flange DIN/Aço carbono com pintura epóxi/VAZÃO 1732m³/h	UN.	1	R\$ 14.700,00	R\$ 14.700,00
<b>5.2</b>	<b>Obra civil</b>				<b>R\$ 4.814,28</b>
<b>5.2.1</b>	Desmatamento/limpeza terrenos c/equip. mecan. (trator:1000m²/h)	M2	12	R\$ 0,31	R\$ 3,67
<b>5.2.2</b>	Aterro mecanizado compactado c/empréstimo	M3	2,4	R\$ 62,38	R\$ 149,72
<b>5.2.3</b>	Concreto usinado bombeado FCK=30mpa, inclusive colocação, espalhamento e adensamento mecânico.	M3	1,8	R\$ 561,92	R\$ 1.011,46
<b>5.2.4</b>	Portão em chapa de ferro e tela, inclusive pintura e pilares de apoio (para pedestres)	UN	1	R\$ 1.196,87	R\$ 1.196,87
<b>5.2.5</b>	Alvenaria de blocos de concreto vedação 9x19x39cm, espessura 9cm, assentados com argamassa traço 1:0,5:11 (cimento, cal e areia)	M2	16	R\$ 48,30	R\$ 772,77
<b>5.2.6</b>	Laje pré-moldada p/forro, sobrecarga 100kg/m2, vãos até 3,50m/e=8cm, c /lajotas e cap./conc. FCK=20mPa, 3cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa	M2	6	R\$ 92,74	R\$ 556,46
<b>5.2.7</b>	Reboco para paredes internas, argamassa traço 1:2 (cal e areia fina peneirada), preparo manual	M2	32	R\$ 16,16	R\$ 517,02
<b>5.2.8</b>	Pintura latex acrílicos ambientes internos/externos, duas demãos	M2	32	R\$ 18,95	R\$ 606,31
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 19.514,28</b>

A Tabela 49 apresenta os custos resumidos dos investimentos totais para ETAR de Santa Cruz, incluindo os índices do BDI.

Tabela 49: Resumo dos custos de investimentos para a ETAR de Santa Cruz.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PREÇO TOTAL	
<b>1</b>	<b>CAPTAÇÃO DO ESGOTO TRATADO</b>	R\$ 694.297,48	
1.1	POÇO DE SUCÇÃO, CAIXA DE VÁLVULA E CAIXA DO MEDIDOR	R\$ 694.297,48	
<b>2</b>	<b>UNIDADE DE TRATAMENTO</b>	R\$ 11.342.544,27	
2.1	MATERIAIS/EQUIPAMENTOS	R\$ 11.074.600,18	
2.2	BASE DA CONCRETO	R\$ 238.106,15	
2.3	BACIA DE CONTENÇÃO PARA PRODUTOS QUÍMICOS	R\$ 3.679,26	
2.4	CERCAMENTO	R\$ 26.158,68	
<b>3.</b>	<b>RESERVATÓRIO</b>	R\$ 5.068.708,90	
3.1	MATERIAIS/EQUIPAMENTOS	R\$ 4.598.000,00	
3.2	BASE DE CONCRETO	R\$ 470.708,90	
<b>4.</b>	<b>ADUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO</b>	R\$ 8.651.872,53	
4.1	ELEVATÓRIA DE ÁGUA DE REÚSO	R\$ 1.280.249,68	
4.2	LINHA DE RECALQUE DE ÁGUA DE REÚSO	R\$ 7.371.622,85	
<b>5.</b>	<b>CABINE DE MEDIÇÃO</b>	R\$ 19.514,28	
5.1	MATERIAIS/EQUIPAMENTOS	R\$ 14.700,00	
5.2	OBRA CIVIL	R\$ 4.814,28	
<b>SUB TOTAL SEM BDI</b>		Custo total serviços	R\$ 6.227.486,17
		Custo total materiais	R\$ 19.549.451,28
			<b>R\$ 25.776.937,45</b>
<b>TOTAL COM BDI</b>		30,0%   Serviços	R\$ 5.580.923,15
		12,0%   Materiais	R\$ 18.123.124,17
			<b>R\$ 29.991.117,46</b>

#### 4.1.2 Custos de manutenção e operação (OPEX) para a ETAR de Santa Cruz

A Tabela 50 resume os custos de operação e manutenção ao longo do horizonte de contrato estabelecido:



Tabela 50: Custos de Operação de Manutenção da ETAR de Santa Cruz.

Ano	Custo Recursos Humanos		Custo Produto químico	Troca de Membrana	Energia Elétrica		Custo de Manutenção de Equipamento	Análise Laboratorial	Total Geral
	Salário Médio Operacional c/ Dissídio Anual	Encargos Sociais + Benefícios			Demanda	Consumo			
2017	2.300,00	2.760,00	4.902.145,92	1.007.424,00	44.428,85	471.691,21	2.399.289,40	12.552,00	R\$ 9.262.571,37
2018	2.507,00	3.008,40	5.343.339,05	1.098.092,16	50.204,60	533.011,07	2.615.225,44	13.681,68	R\$ 10.116.847,60
2019	2.732,63	3.279,16	5.824.239,57	1.196.920,45	56.731,20	602.302,51	2.850.595,73	14.913,03	R\$ 11.050.692,51
2020	2.978,57	3.574,28	6.348.421,13	1.304.643,30	64.106,25	680.601,83	3.107.149,35	16.255,20	R\$ 12.071.616,19
2021	3.246,64	3.895,97	6.919.779,03	1.422.061,19	72.440,06	769.080,07	3.386.792,79	17.718,17	R\$ 13.187.849,97
2022	3.538,84	4.246,60	7.542.559,14	1.550.046,70	81.857,27	869.060,48	3.691.604,14	19.312,81	R\$ 14.408.417,27
2023	3.857,33	4.628,80	8.221.389,47	1.689.550,90	92.498,72	982.038,34	4.023.848,51	21.050,96	R\$ 15.743.211,53
2024	4.204,49	5.045,39	8.961.314,52	1.841.610,48	104.523,55	1.109.703,32	4.385.994,88	22.945,55	R\$ 17.203.082,05
2025	4.582,89	5.499,47	9.767.832,82	2.007.355,43	118.111,61	1.253.964,76	4.780.734,42	25.010,65	R\$ 18.799.928,51
2026	4.995,35	5.994,43	10.646.937,78	2.188.017,42	133.466,12	1.416.980,17	5.211.000,52	27.261,60	R\$ 20.546.805,13
2027	5.444,94	6.533,92	11.605.162,18	2.384.938,98	150.816,72	1.601.187,60	5.679.990,56	29.715,15	R\$ 22.458.035,45
2028	5.934,98	7.121,98	12.649.626,77	2.599.583,49	170.422,89	1.809.341,99	6.191.189,71	32.389,51	R\$ 24.549.338,81
2029	6.469,13	7.762,95	13.788.093,18	2.833.546,01	192.577,87	2.044.556,44	6.748.396,79	35.304,57	R\$ 26.837.969,90
2030	7.051,35	8.461,62	15.029.021,57	3.088.565,15	217.612,99	2.310.348,78	7.355.752,50	38.481,98	R\$ 29.342.872,56
2031	7.685,97	9.223,17	16.381.633,51	3.366.536,01	245.902,68	2.610.694,12	8.017.770,22	41.945,36	R\$ 32.084.849,56
2032	8.377,71	10.053,25	17.855.980,53	3.669.524,25	277.870,03	2.950.084,36	8.739.369,54	45.720,44	R\$ 35.086.749,89
2033	9.131,70	10.958,04	19.463.018,78	3.999.781,43	313.993,13	3.333.595,32	9.525.912,80	49.835,28	R\$ 38.373.675,56
2034	9.953,56	11.944,27	21.214.690,47	4.359.761,76	354.812,24	3.766.962,72	10.383.244,95	54.320,45	R\$ 41.973.209,90
2035	10.849,38	13.019,25	23.124.012,61	4.752.140,32	400.937,83	4.256.667,87	11.317.737,00	59.209,30	R\$ 45.915.669,79
2036	11.825,82	14.190,99	25.205.173,74	5.179.832,95	453.059,75	4.810.034,69	12.336.333,33	64.538,13	R\$ 50.234.384,30
2037	12.890,14	15.468,17	27.473.639,38	5.646.017,91	511.957,52	5.435.339,20	13.446.603,33	70.346,56	R\$ 54.966.002,66
2038	14.050,26	16.860,31	29.946.266,92	6.154.159,53	578.512,00	6.141.933,30	14.656.797,63	76.677,75	R\$ 60.150.834,77
2039	15.314,78	18.377,74	32.641.430,95	6.708.033,88	653.718,56	6.940.384,63	15.975.909,42	83.578,75	R\$ 65.833.227,71
2040	16.693,11	20.031,73	35.579.159,73	7.311.756,93	738.701,97	7.842.634,63	17.413.741,26	91.100,84	R\$ 72.061.982,33
2041	18.195,49	21.834,59	38.781.284,11	7.969.815,06	834.733,22	8.862.177,13	18.980.977,98	99.299,92	R\$ 78.890.814,21
2042	19.833,09	23.799,70	42.271.599,68	8.687.098,41	943.248,54	10.014.260,16	20.689.266,00	108.236,91	R\$ 86.378.863,90

#### **4.1.3 Avaliação da viabilidade para a ETAR de Santa Cruz**

Como explicado anteriormente, para o cálculo da receita do projeto foram testadas tarifas que proporcionassem uma TIR de cerca de 16%, considerada uma TIR vantajosa, uma vez que a TMA foi fixada em 14,15%.

A Tabela 51 apresenta o resumo da análise de investimento para os anos de 2017, 2022, 2027, 2032, 2037 e 2042. A análise completa para todos os anos é apresentada no Anexo E.

Tabela 51: Análise de viabilidade dos investimentos para a ETAR de Santa Cruz.

DESCRITIVO	2016	2017	2022	2027	2032	2037	2042
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>		<b>16.407.664</b>	<b>25.245.224</b>	<b>38.842.907</b>	<b>59.764.627</b>	<b>91.955.287</b>	<b>141.484.607</b>
Volume de Água (m3)		<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>
RECEITA PELO TRATAMENTO		21.876.885	33.660.299	51.790.542	79.686.169	122.607.049	188.646.142
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE		-5.469.221	-8.415.075	-12.947.636	-19.921.542	-30.651.762	-47.161.536
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>		<b>-2.338.092</b>	<b>-3.597.444</b>	<b>-5.535.114</b>	<b>-8.516.459</b>	<b>-13.103.628</b>	<b>-20.161.556</b>
PIS		-270.726	-416.546	-640.908	-986.116	-1.517.262	-2.334.496
COFINS		-1.246.982	-1.918.637	-2.952.061	-4.542.112	-6.988.602	-10.752.830
ISS		-820.383	-1.262.261	-1.942.145	-2.988.231	-4.597.764	-7.074.230
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>		<b>14.069.572</b>	<b>21.647.780</b>	<b>33.307.793</b>	<b>51.248.168</b>	<b>78.851.658</b>	<b>121.323.050</b>
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>		<b>-9.262.571</b>	<b>-14.408.417</b>	<b>-22.458.035</b>	<b>-35.086.750</b>	<b>-54.966.003</b>	<b>-86.378.864</b>
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS		-425.040	-653.977	-1.006.224	-1.548.201	-2.382.099	-3.665.154
INSUMOS		-8.837.531	-13.754.441	-21.451.811	-33.538.549	-52.583.904	-82.713.710
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>		<b>4.807.000</b>	<b>7.239.363</b>	<b>10.849.757</b>	<b>16.161.418</b>	<b>23.885.656</b>	<b>34.944.186</b>
<b>DEPRECIÇÃO</b>		<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>		<b>3.653.496</b>	<b>6.085.858</b>	<b>9.696.253</b>	<b>15.007.913</b>	<b>22.732.151</b>	<b>33.790.682</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>		<b>-1.218.189</b>	<b>-2.045.192</b>	<b>-3.272.726</b>	<b>-5.078.690</b>	<b>-7.704.931</b>	<b>-11.464.832</b>
IMPOSTO DE RENDA		-889.374	-1.497.465	-2.400.063	-3.727.978	-5.659.038	-8.423.670
CSLL		-328.815	-547.727	-872.663	-1.350.712	-2.045.894	-3.041.161
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>		<b>2.435.307</b>	<b>4.040.666</b>	<b>6.423.527</b>	<b>9.929.223</b>	<b>15.027.220</b>	<b>22.325.850</b>
<b>RENTABILIDADE</b>		<b>15%</b>	<b>16%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>							
<b>HISTÓRICO</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2022</b>	<b>2027</b>	<b>2032</b>	<b>2037</b>	<b>2042</b>
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>		<b>4.807.000</b>	<b>7.239.363</b>	<b>10.849.757</b>	<b>16.161.418</b>	<b>23.885.656</b>	<b>34.944.186</b>
<b>INVESTIMENTOS</b>	<b>-29.991.117</b>						
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>-29.991.117</b>	<b>4.807.000</b>	<b>7.239.363</b>	<b>10.849.757</b>	<b>16.161.418</b>	<b>23.885.656</b>	<b>34.944.186</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-1.218.189</b>	<b>-2.045.192</b>	<b>-3.272.726</b>	<b>-5.078.690</b>	<b>-7.704.931</b>	<b>-11.464.832</b>	
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>-29.991.117</b>	<b>3.588.812</b>	<b>5.194.171</b>	<b>7.577.031</b>	<b>11.082.727</b>	<b>16.180.724</b>	<b>23.479.355</b>
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	<b>ANOS</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>

A Tabela 52 apresenta a tarifa calculada para a obtenção da TIR de 16% e ainda os valores de VPL e *Payback* da análise de investimentos.

Tabela 52: Resultado do cálculo de tarifa de água para a ETAR de Santa Cruz.

<b>Tarifa (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	6,31
<b>VPL</b>	R\$ 13.677.662,42
<b>TIR</b>	16%
<b>TMA</b>	14,15%
<b>Payback (anos)</b>	6,70

Verifica-se pelos resultados que para a obtenção de uma TIR de 16%, a tarifa a ser aplicada na venda da água de reúso ao polo é de R\$ 6,31 por m<sup>3</sup>. Isto proporciona um VPL de R\$ 13.677.662,42 e um *Payback* de 6,7 anos.

Lazarova *et al.* (2012) apresentaram valores de comercialização de água de reúso, a partir de uma ETAR de características de tratamento similar, de € 1,65, cerca de R\$ 6,10 (categoria de uso de grande consumidor – acima de 800 m<sup>3</sup>/mês).

Há de se ressaltar que, atualmente, a fonte principal de água do polo industrial é a água captada no Canal São Francisco, localizado na Região Hidrográfica do Guandu, com deságue na Baía de Sepetiba. O custo de outorga para a retirada da água é calculado através de uma formulação padronizada, que contém como variável mais importante o Preço Público Unitário (PPU), dado em R\$/m<sup>3</sup>. No Rio de Janeiro o PPU atual é de R\$ 0,02 por m<sup>3</sup> e passará a ser R\$ 0,04 a partir de janeiro de 2017 (INEA, 2016; RIO DE JANEIRO, 2016). Ao avaliar as outras variáveis da fórmula conjuntamente, este preço não atinge R\$ 0,06 por m<sup>3</sup>. Sendo assim, verifica-se que o preço de outorga da água é irrisório.

Há de se ressaltar, entretanto, que, apesar do custo de outorga de água ser barato, o preço unitário da água utilizada no polo deve levar em conta os custos de tratamento promovido internamente pelas indústrias na obtenção da qualidade desejada. Na utilização da água de reúso, supõe-se que a água fornecida já atenda os padrões de qualidade almejados.

Estas constatações evidenciam que os valores de outorgas cobrados atualmente estimulam o mau uso da água e a gestão não sustentável dos recursos hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, sob a Lei nº 9433/1997, estabelece a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos como um de seus instrumentos para assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Entretanto, não é isso o que se verifica. O

custo baixo para a retirada de água aplicado pelos órgãos ambientais incentiva esta prática, em detrimento de outras alternativas de uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos, tal qual o reúso.

Diante do cenário de escassez hídrica, as bacias hidrográficas deverão ser cada vez mais priorizadas para o abastecimento público. Como exemplo, pode-se citar a Região Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul que teve parte de sua vazão transposta ao Sistema Cantareira de São Paulo, restringindo a utilização da água para geração de energia elétrica.

Para a Região Hidrográfica do Guandu, a pressão pela priorização dos recursos hídricos para o abastecimento público não será diferente. O canal São Francisco já sofre impactos significativos nos períodos de estiagem, quando a sua vazão reduzida propicia a invasão da água do mar, causando a intrusão salina.

Para o polo industrial, este fenômeno implica, não somente na disponibilidade reduzida de água, mas também em problemas relacionados a qualidade da água pela concentração acentuada de sais, onerando os processos internos de tratamento da água bruta.

Diante do exposto, as indústrias do polo deveriam buscar soluções alternativas de fonte de água, como o reúso. Não somente para promover o uso racional dos recursos hídricos, mas também para garantirem, em um futuro próximo, uma fonte segura de água, com a qualidade e quantidade necessárias.

Os órgãos envolvidos na gestão da água no município, por sua vez, deveriam estimular a busca por novas fontes de água para fins industriais. Uma forma de promover isso, seria a revisão da metodologia de cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Por fim, comparando ainda a tarifa de água de reúso obtida neste estudo com a tarifa de água potável fornecida pela CEDAE para a categoria industrial (considerando um consumo maior que 130 m<sup>3</sup>/mês), verifica-se que a tarifa de água de reúso é vantajosa. A tarifa da CEDAE é de R\$ 16,55, estando, portanto, R\$ 10,24 acima da tarifa proposta neste estudo.

Com relação aos ganhos ambientais, no caso da transferência da fonte de água do polo industrial, mesmo que a vazão de 140 l/s atenda parcialmente à demanda, esta mudança representaria um volume mensal de água de cerca de 362.880 m<sup>3</sup> que deixará de ser desviado dos recursos hídricos. Esta vazão de água é capaz de

atender a uma população de aproximadamente 67.000 habitantes, que representam bairros inteiros como de Sepetiba ou Padre Miguel.

Com relação aos parâmetros de qualidade a serem atendidos pela ETAR, não foi objeto de estudo avaliar os resultados do tratamento, pois a ETE Santa Cruz ainda não está em operação.

Lazarova *et al.* (2012) avaliaram a eficiência de tratamento de uma unidade de reúso em Bora Bora, onde o esgoto tratado na ETE Povai a nível secundário por lodo ativado convencional, posteriormente foi submetido ao tratamento com membranas de ultrafiltração e cloração. Apesar da aplicação do reúso ser para fins urbanos, vale a pena a comparação pela similaridade na rota de tratamento adotada neste trabalho. A Tabela 53 apresenta os resultados da qualidade da água verificada no período de um ano na ETAR de Povai e a comparação com os limites desejados pela ETAR de Santa Cruz.

Tabela 53: Comparação entre os resultados obtidos no tratamento de água de reúso em Bora Bora com os limites desejados pela ETAR de Santa Cruz.

Parâmetros	Unidade	Limites desejados	Resultados obtidos pela água tratada em Bora Bora <sup>3</sup>
pH	-	6-9	8
Turbidez	NTU	1	<0,1 NTU
DBO5	mg/L	10	< 5
DQO	mg/L	20	5-18
Sólidos Suspensos	mg/L	2	-
Sólidos Dissolvidos	mg/L	200	-
Sílica	mg/L	20	18
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100	-
Condutividade	µS/cm	720	1397
Cloreto	mg/L	70	271
Ferro	mg/L	0,3	<0,2
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	50	-
Fósforo	mg/L	0,5	-
NH <sub>3</sub> (nitrogênio amoniacal)	mg/L	1	0,65

Verificam-se altos valores para condutividade e cloretos, evidenciando elevada concentração de sais na água de reúso. Estes valores podem estar relacionados a possíveis contribuições parasitárias e infiltrações de água do mar, já que há diversas tubulações submarinas para a coleta do esgoto dos *motus* (cordão de ilhas menores que cercam a ilha principal de Bora Bora). Para o caso da ETAR de Santa Cruz,

<sup>3</sup> Valores obtidos no estudo de Lazarova *et al.* (2012) com processo de ultrafiltração por membranas.

espera-se que estes parâmetros se apresentem significativamente menores, já que não há influência de água salina na coleta de esgoto doméstico. Além disso, a limitação destes parâmetros são de extrema importância para a qualidade da água requerida para torres de resfriamento.

## **4.2 Estação de Água de Reúso da ETE Deodoro**

A seguir, serão apresentados os resultados referentes aos custos de investimentos e operação da ETAR de Deodoro. Os resultados da viabilidade do projeto são apresentados mais à frente no item 4.5.

### **4.2.1 Custos de capital ou investimento (CAPEX) para a ETAR Deodoro**

A Tabela 54 apresenta os custos de investimento para a execução da ampliação da reservação da ETAR de Deodoro, incluindo os índices do BDI.

Tabela 54: Custos de investimento para ampliação da ETAR de Deodoro.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
<b>1.</b>	<b>AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO</b>				
<b>1.1</b>	<b>Materiais/Equipamentos</b>				<b>R\$ 16.802,34</b>
1.1.1	Caixa/polietileno/Fortlev/20m <sup>3</sup>	UN.	2,0	R\$ 7.948,84	R\$ 15.897,68
1.1.2	tubo PVC soldável agua fria DN 50mm, inclusive conexões - fornecimento e instalação	M	50,0	R\$ 10,20	R\$ 510,00
1.1.3	Joelho PVC soldável 90º agua fria 50mm - fornecimento e instalação	UN.	2,0	R\$ 10,20	R\$ 20,40
1.1.4	Válvula de retenção vertical ø 50mm (2") - fornecimento e instalação	UN.	2,0	R\$ 103,64	R\$ 207,28
1.1.5	Registro de gaveta em bronze c/diam. de 2". fornecimento e colocação.	UN.	2,0	R\$ 83,49	R\$ 166,98
<b>1.2</b>	<b>Base de concreto</b>				<b>R\$ 23.405,33</b>
1.2.1	Limpeza mecanizada de terreno, inclusive retirada de arvore entre 0,05 m e 0,15m de diâmetro	M2	48,29	R\$ 0,49	R\$ 23,74
1.2.2	Aterro mecanizado compactado c/empréstimo	M3	9,66	R\$ 62,38	R\$ 602,46
1.2.3	Forma de mad. Em tabuas de pinho de 3ª p/moldagem de peças de conc. armado, servindo a mad. 2 vezes	M2	8,71	R\$ 68,41	R\$ 595,62
1.2.4	Armação de aço CA-60 diam.7,0 a 8,0mm - fornecimento / corte (c/ perda de 10%) / dobra / colocação.	Kg	1738,36	R\$ 8,08	R\$ 14.043,34
1.2.5	Concreto usinado bombeado FKC=30mpa, inclusive colocação, espalhamento e adensamento mecânico.	M3	14,49	R\$ 561,92	R\$ 8.140,17
<b>1.3</b>	<b>Cercamento</b>				<b>R\$ 15.570,53</b>
1.3.1	Portão em chapa de ferro e tela, inclusive pintura e pilares de apoio (para pedestres)	Un	1	R\$ 1.196,87	R\$ 1.196,87
1.3.2	Alambrado em tela de arame galv. Nº14, malha losango, c/ alt.total de 2,5cm acima do ter.	M2	58,04	R\$ 216,14	R\$ 12.544,74
1.3.3	Alvenaria de tijolos cerâmicos furados 10x10x20cm, assentados com argamassa cimento/areia 1:10 com preparo manual, esp. Parede = 10cm, com juntas de 12mm, considerando 9% de perdas nos tijolos e 10% na argamassa de assentamento	M2	11,61	R\$ 87,35	R\$ 1.013,94
1.3.4	Reboco para paredes internas, argamassa traço 1:2 (cal e areia fina peneirada), preparo manual	M2	23,22	R\$ 16,16	R\$ 375,10
1.3.5	Pintura látex acrílicos ambientes internos/externos, duas demãos	M2	23,22	R\$ 18,95	R\$ 439,88
<b>SUB TOTAL SEM BDI</b>		Custo total serviços			38.975,87
		Custo total materiais			16.802,34
					<b>55.778,21</b>
<b>TOTAL COM BDI</b>		30,0%		Serviços	R\$ 31.642,85
		12,0%		Materiais	R\$ 18.818,62
					<b>69.487,25</b>



#### 4.2.2 Custos de Operação e Manutenção para a ETAR de Deodoro (CAPEX)

A Tabela 55 resume os custos de OPEX verificados para a ETAR de Deodoro mensalmente.

Tabela 55: Custos mensais de OPEX para ETAR de Deodoro.

Item		Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Recursos Humanos		Pessoa	1	R\$ 2.300 + 120%	R\$ 5.060,00
Produto químico		kg	30,7	R\$ 4,95	R\$ 151,77
Troca do Filtro Bag		UN.	4	R\$ 42,04	R\$ 168,16
Troca da Lâmpada UV		UN.	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Energia Elétrica	Demanda	kW	7,4	R\$ 12,35	R\$ 90,83
	Consumo	kWh	375,8	R\$ 0,37	R\$ 139,15
Análise Laboratorial		UN.	1	R\$ 1.046,00	R\$ 1.046,00
Custo de Manutenção		% do investimento	6	R\$ 347,44	R\$ 347,44
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>R\$ 7.048,34</b>

Como a avaliação da viabilidade da ETAR de Deodoro será feita em conjunto com a ETAR de Sepetiba, os custos de OPEX levaram em conta o tempo de funcionamento da ETAR para atendimento de apenas metade da demanda da Comlurb, que é de 7,3 horas diárias.

#### 4.3 Custos com a Geração de Resíduos Sólidos e Lodo das ETEs

A Tabela 56 apresenta os custos mensais com a disposição de resíduos sólidos e do lodo das ETEs em operação atualmente

Tabela 56: Custos mensais com a disposição dos resíduos sólidos e lodo das ETEs em operação.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Unitário para Disposição	Preço Total
Resíduos Sólidos	Tonelada	73,25	R\$ 94,00	R\$ 6.885,50
Lodo	Tonelada	6	R\$ 129,00	R\$ 774,00

As Tabelas 57 e 58 apresentam as estimativas de custo para os RS e lodo que serão gerados na ETE Deodoro com o novo tratamento biológico do Nereda®.

Tabela 57: Custo mensal de disposição de lodo para o Nereda da ETE Deodoro.

Descrição	Valor	Unidade
Massa de sólidos adensado	443,5	KgSST/h
Tempo operação	16	h/dia
Produção de lodo	212,9	ton/mês
Preço unitário de disposição	129,0	R\$/ton
<b>Preço Total</b>	<b>R\$ 27.464,00</b>	

Tabela 58: Custo mensal de disposição de RS para o Nereda da ETE Deodoro.

Item	Valor	Unidade
<u>Estimativa RS</u>		
Espaçamento entre barras	20	mm
Taxa de resíduos sólidos retidos adotada	38	l/1000m <sup>3</sup>
Vazão da ETE	750	l/s
Volume tratado	64800,0	m <sup>3</sup> /dia
Estimativa sólidos grosseiros	2,5	m <sup>3</sup> /dia
Densidade estimada	833,3	kg/m <sup>3</sup>
Quantidade	2,1	kg/dia
<u>Estimativa Areia</u>		
Taxa de remoção adotada	3	10-5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Estimativa areia	1,9	m <sup>3</sup> /dia
Densidade	2000	kg/m <sup>3</sup>
Quantidade	3888,0	kg/dia
Quantidade Total de resíduos sólidos	117	Ton/mês
Preço unitário de disposição resíduos sólidos	R\$	94,00
<b>Preço Total</b>	<b>R\$ 10.969,95</b>	

A Tabela 59 apresenta o resumo dos custos de disposição de lodo e resíduos sólidos para as ETEs em operação na zona oeste, incluindo a ampliação da ETE Deodoro.

Tabela 59: Custos totais com a disposição de lodo e resíduos sólidos das ETEs da zona oeste.

Geração total de Lodo (ton/mês)	218,9
Geração total de resíduos sólidos (ton/mês)	190,0
Custo de disposição Lodo	R\$ 28.238,00
Custo de disposição resíduos sólidos	R\$ 17.855,45
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 46.093,44</b>

Verifica-se pelos dados acima que o custo total mensal de disposição do lodo e dos resíduos sólidos das ETEs é R\$ 46.093,44. Este será o valor para negociação junto a Comlurb em troca do fornecimento de água de reúso. Para ambas as companhias a troca é vantajosa, pois há uma diminuição das despesas de compra de água e disposição de resíduos sólidos. Além disso, o ganho ambiental é evidente, já que a Comlurb utiliza água de reúso para os seus serviços e a empresa dispõe os seus resíduos sólidos de uma forma adequada.

#### 4.4 Estação de Água de Reúso da ETE Sepetiba

A seguir, serão apresentados os resultados referentes aos custos de investimentos e operação da ETAR de Sepetiba, bem como os resultados de viabilidade do investimento.

##### 4.4.1 Custos de capital ou investimento (CAPEX) para a ETAR de Sepetiba

A Tabela 60 apresenta o resumo dos custos de investimento totais para a implantação da ETAR de Sepetiba, incluindo os índices do BDI e considerando ambos os cenários. O orçamento detalhado do CAPEX, incluindo todos os subitens, está apresentado no Anexo D.

Tabela 60: Custos de investimentos para implantação da ETAR de Sepetiba.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	
		PREÇO TOTAL	PREÇO TOTAL	
<b>ETAR</b>				
1.1	Materiais/equipamentos	R\$ 120.529,41	R\$ 136.427,09	
1.2	Base da ETA	R\$ 45.538,54	R\$ 65.424,67	
1.3	Bacia de contenção para hipoclorito de sódio	R\$ 1.059,90	R\$ 1.059,90	
1.4	Casa para o skid	R\$ 9.091,11	R\$ 9.091,11	
1.5	Cercamento	R\$ 20.543,37	R\$ 25.169,49	
1.6	Instalação	R\$ 7.300,00	R\$ 7.300,00	
<b>SUB TOTAL SEM BDI</b>		Custo total serviços	R\$ 83.532,92	R\$ 108.045,17
		Custo total materiais	R\$ 120.529,41	R\$ 136.427,09
			<b>R\$ 204.062,33</b>	<b>R\$ 244.472,26</b>
<b>TOTAL COM BDI</b>		30,0% Serviços	R\$ 108.592,80	R\$ 97.233,06
		12,0% Materiais	R\$ 134.992,94	R\$ 149.407,80
			<b>R\$ 243.585,73</b>	<b>R\$ 293.257,06</b>

##### 4.4.2 Custos de Operação e Manutenção (OPEX) para a ETAR de Sepetiba

A Tabela 61 resume os custos de OPEX verificados para a ETAR de Sepetiba mensalmente para os dois cenários.

Tabela 61: Custos mensais de OPEX para ETAR de Deodoro.

Item	Unidade	Preço Unitário	Cenário 1		Cenário 2	
			Quantidade	Preço Total	Quantidade	Preço Total
Produto químico	kg	R\$ 4,95	7,6	R\$ 37,42	25,2	R\$ 124,74
Troca do Filtro Bag	UN.	R\$ 42,04	2	R\$ 84,08	3	R\$ 126,12
Troca da Lâmpada UV	UN.	R\$ 45,00	1	R\$ 45,00	1	R\$ 45,00
Energia Elétrica	Demanda	kW	7,4	R\$ 90,83	7,4	R\$ 90,83
	Consumo	kWh	92,7	R\$ 34,31	308,9	R\$ 114,37
Análise Laboratorial	UN.	R\$ 1.046,00	1	R\$ 1.046,00	1	R\$ 1.046,00
Custo de Manutenção	% do investimento	6		R\$ 1.217,93		R\$ 1.466,29
<b>TOTAL GERAL</b>			<b>R\$ 2.555,58</b>		<b>R\$ 3.013,35</b>	

#### 4.4.3 Avaliação da viabilidade para a ETAR de Sepetiba

A Tabela 62 apresenta o resultado do estudo de viabilidade de implantação da ETAR de Sepetiba para o Cenário 1, que considera a produção da água de reúso apenas para usos internos da base operacional de Sepetiba, sem a disponibilização de água para a Comlurb.

Tabela 62: Resultado do estudo de viabilidade de implantação da ETAR de Sepetiba (Cenário 1)

Consumo de água operação + engenharia (m <sup>3</sup> /mês)	540
Custo da água (tarifa CEDAE)	R\$ 10.033,20
OPEX ETAR de Sepetiba	R\$ 2.555,58
CAPEX ETAR de Sepetiba	R\$ 243.585,73
Ganho líquido com a utilização do sistema	R\$ 7.477,62
<b>Payback (meses)</b>	<b>33</b>

Verifica-se pelos resultados que o retorno do investimento para a ETAR de Sepetiba é atingido após 33 meses de utilização do sistema. Assim, mesmo que a troca com a Comlurb não ocorra, o sistema é viável apenas para atendimento da demanda interna das equipes de operação e engenharia da empresa. Além do benefício econômico, a empresa contribui para o uso racional da água, deixando de utilizar a água potável em serviços que não exigem a qualidade de água potável.

#### 4.5 Avaliação da viabilidade para a ETAR Deodoro e ETAR de Sepetiba

Para a estimativa do preço da água de reúso fornecida à Comlurb, foi aplicado um modelo de cálculo de tarifa que considerou os custos de investimentos das duas ETARs e o custo de operação e manutenção das mesmas no horizonte de 26 anos.

A Tabela 63 apresenta o resumo dos custos de OPEX no horizonte de análise, considerando uma taxa de inflação de 9% ao ano para os produtos químicos, materiais e serviços, 13% para as tarifas de energia e reajuste salarial de 9%.

Tabela 63: Custos de operação e manutenção das ETARs de Deodoro e Sepetiba.

Ano	Custo Recursos Humanos	Custo Produto químico	Troca do Filtro Bag	Troca da Lâmpada UV	Energia Elétrica	Análise Laboratorial	Custo de Manutenção	TOTAL GERAL
2017	60.720,00	3.318,08	3.531,36	1.080,00	5.222,20	25.104,00	21.764,66	R\$ 120.740,31
2018	66.184,80	3.616,71	3.849,18	1.177,20	5.901,09	27.363,36	23.195,62	R\$ 131.287,96
2019	72.141,43	3.942,22	4.195,61	1.283,15	6.668,23	29.826,06	24.723,69	R\$ 142.780,39
2020	78.634,16	4.297,02	4.573,21	1.398,63	7.535,10	32.510,41	26.355,71	R\$ 155.304,24
2021	85.711,24	4.683,75	4.984,80	1.524,51	8.514,67	35.436,34	28.099,03	R\$ 168.954,34
2022	93.425,25	5.105,28	5.433,44	1.661,71	9.621,57	38.625,62	29.961,53	R\$ 183.834,40
2023	101.833,52	5.564,76	5.922,44	1.811,27	10.872,38	42.101,92	31.951,67	R\$ 200.057,96
2024	110.998,54	6.065,59	6.455,46	1.974,28	12.285,79	45.891,09	34.078,54	R\$ 217.749,29
2025	120.988,40	6.611,49	7.036,46	2.151,97	13.882,94	50.021,29	36.351,89	R\$ 237.044,44
2026	131.877,36	7.206,52	7.669,74	2.345,64	15.687,72	54.523,21	38.782,23	R\$ 258.092,43
2027	143.746,32	7.855,11	8.360,01	2.556,75	17.727,12	59.430,30	41.380,82	R\$ 281.056,44
2028	156.683,49	8.562,07	9.112,41	2.786,86	20.031,65	64.779,02	44.159,77	R\$ 306.115,28
2029	170.785,01	9.332,66	9.932,53	3.037,68	22.635,76	70.609,14	47.132,11	R\$ 333.464,88
2030	186.155,66	10.172,60	10.826,46	3.311,07	25.578,41	76.963,96	50.311,84	R\$ 363.319,99
2031	202.909,67	11.088,13	11.800,84	3.609,07	28.903,61	83.890,72	53.714,01	R\$ 395.916,03
2032	221.171,53	12.086,06	12.862,92	3.933,88	32.661,08	91.440,88	57.354,82	R\$ 431.511,17
2033	241.076,97	13.173,81	14.020,58	4.287,93	36.907,02	99.670,56	61.251,70	R\$ 470.388,57
2034	262.773,90	14.359,45	15.282,43	4.673,84	41.704,93	108.640,91	65.423,40	R\$ 512.858,86
2035	286.423,55	15.651,80	16.657,85	5.094,49	47.126,57	118.418,59	69.890,09	R\$ 559.262,94
2036	312.201,67	17.060,46	18.157,06	5.552,99	53.253,02	129.076,26	74.673,50	R\$ 609.974,97
2037	340.299,82	18.595,91	19.791,19	6.052,76	60.175,92	140.693,13	79.797,01	R\$ 665.405,74
2038	370.926,81	20.269,54	21.572,40	6.597,51	67.998,79	153.355,51	85.285,82	R\$ 726.006,37
2039	404.310,22	22.093,80	23.513,92	7.191,29	76.838,63	167.157,51	91.167,04	R\$ 792.272,39
2040	440.698,14	24.082,24	25.630,17	7.838,50	86.827,65	182.201,68	97.469,90	R\$ 864.748,28
2041	480.360,97	26.249,64	27.936,88	8.543,97	98.115,24	198.599,83	104.225,89	R\$ 944.032,42
2042	523.593,46	28.612,11	30.451,20	9.312,93	110.870,23	216.473,82	111.468,93	R\$ 1.030.782,67

Com os custos de CAPEX e os custos OPEX das ETARs, verificou-se a tarifa de água que possibilitasse uma TIR de 16%, no horizonte de projeto de 26 anos. Foi considerado um reajuste de tarifa de água de 9% ao ano.

A Tabela 64 apresenta o resumo da análise de investimento para os anos de 2017, 2022, 2027, 2032, 2037 e 2042. A análise completa para todos os anos é apresentada no Anexo F.

Tabela 64: Análise de viabilidade dos investimentos para a ETAR de Deodoro e Sepetiba.

DESCRITIVO	TOTAL	2016	2017	2022	2027	2032	2037	2042
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	<b>10.780.902</b>		<b>326.660</b>	<b>502.607</b>	<b>773.324</b>	<b>1.189.855</b>	<b>1.830.739</b>	<b>2.816.819</b>
<b>Volume de Água (m3)</b>	<b>733.824</b>		<b>45.864</b>	<b>45.864</b>	<b>45.864</b>	<b>45.864</b>	<b>45.864</b>	<b>45.864</b>
RECEITA PELO TRATAMENTO	14.374.536		435.547	670.143	1.031.098	1.586.473	2.440.985	3.755.758
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	-3.593.634		-108.887	-167.536	-257.775	-396.618	-610.246	-938.940
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	<b>-1.536.279</b>		<b>-46.549</b>	<b>-71.622</b>	<b>-110.199</b>	<b>-169.554</b>	<b>-260.880</b>	<b>-401.397</b>
PIS	-177.885		-5.390	-8.293	-12.760	-19.633	-30.207	-46.478
COFINS	-819.349		-24.826	-38.198	-58.773	-90.429	-139.136	-214.078
ISS	-539.045		-16.333	-25.130	-38.666	-59.493	-91.537	-140.841
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	<b>9.244.623</b>		<b>280.111</b>	<b>430.986</b>	<b>663.125</b>	<b>1.020.300</b>	<b>1.569.859</b>	<b>2.415.422</b>
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	<b>-7.935.162</b>		<b>-242.180</b>	<b>-370.685</b>	<b>-568.549</b>	<b>-873.854</b>	<b>-1.346.005</b>	<b>-2.077.970</b>
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	-6.011.899		-182.160	-280.276	-431.239	-663.515	-1.020.899	-1.570.780
INSUMOS (ENERGIA)	-1.923.263		-60.020	-90.409	-137.310	-210.340	-325.106	-507.189
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>1.309.461</b>		<b>37.931</b>	<b>60.301</b>	<b>94.576</b>	<b>146.446</b>	<b>223.853</b>	<b>337.452</b>
<b>DEPRECIACÃO</b>	<b>-223.227</b>		<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>1.086.234</b>		<b>23.979</b>	<b>46.349</b>	<b>80.624</b>	<b>132.494</b>	<b>209.901</b>	<b>323.501</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-260.696</b>		<b>-5.755</b>	<b>-11.124</b>	<b>-19.350</b>	<b>-31.799</b>	<b>-50.376</b>	<b>-85.990</b>
IMPOSTO DE RENDA	-162.935		-3.597	-6.952	-12.094	-19.874	-31.485	-56.875
CSLL	-97.761		-2.158	-4.171	-7.256	-11.924	-18.891	-29.115
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>825.538</b>		<b>18.224</b>	<b>35.225</b>	<b>61.275</b>	<b>100.696</b>	<b>159.525</b>	<b>237.510</b>
<b>RENTABILIDADE</b>	<b>8%</b>		<b>6%</b>	<b>7%</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>9%</b>	<b>8%</b>
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>								
<b>HISTÓRICO</b>		<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2022</b>	<b>2027</b>	<b>2032</b>	<b>2037</b>	<b>2042</b>
RESULTADO OPERACIONAL BRUTO		0	37.931	60.301	94.576	146.446	223.853	337.452
INVESTIMENTOS		-362.744						
LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR		-362.744	37.931	60.301	94.576	146.446	223.853	337.452
IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL		0	-5.755	-11.124	-19.350	-31.799	-50.376	-85.990
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>		<b>-362.744</b>	<b>32.176</b>	<b>49.177</b>	<b>75.226</b>	<b>114.647</b>	<b>173.477</b>	<b>251.462</b>
<b>TABELA DE DEPRECIACÃO</b>	<b>26</b>	<b>Anos</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>	<b>-13.952</b>

A Tabela 65 apresenta a tarifa calculada para a obtenção da TIR de 16% e ainda os valores de VPL e *Payback* da análise de investimentos.

Tabela 65: Resultado do cálculo de tarifa de água para as ETARs de Deodoro e Sepetiba.

<b>Tarifa (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	5,38
<b>VPL</b>	R\$ 66.324,82
<b>TIR</b>	16%
<b>TMA</b>	14,15%
<b><i>Payback</i> (anos)</b>	8,15

Verifica-se que, caso a água de reúso produzida nas ETARs de Deodoro e Sepetiba fosse comercializada, o preço da tarifa, para as condições estabelecidas, seria de R\$ 5,38 /m<sup>3</sup>. Não foi obtida a tarifa de água de reúso praticada pela CEDAE para comparação. Entretanto, em São Paulo, a SABESP pratica o preço de R\$ 0,30 por m<sup>3</sup> para comercialização da água de reúso retirada por caminhão da ETE ABC, conforme usos explicados no item 2.4.1 (MANCUSO & SANTOS, 2003). Verifica-se uma diferença significativa entre as tarifas, entretanto, esta variação depende muito do sistema de tratamento empregado para produção da água de reúso, bem como os custos operacionais e de produção verificados para cada caso. Por exemplo, para as ETARs de Deodoro e Sepetiba, há de se considerar que 25% da receita obtida com os serviços extraordinários, como a venda de água de reúso, deve ser revertida ao Poder Concedente, segundo obrigação contratual.

Para o caso de fornecimento de água à Comlurb, deve-se ressaltar que o intuito real do projeto não é comercialização da água e sim uma troca de serviços, onde a mesma se beneficiaria com a utilização da água em troca do recebimento de resíduos das ETEs em seu aterro sanitário.

Caso a Comlurb utilizasse a água potável fornecida pela CEDAE para os seus serviços, a tarifa a ser paga seria a de categoria de uso público, estabelecida em R\$ 8,47 por m<sup>3</sup>. Verifica-se por meio desta comparação, que além do benefício ambiental, seria mais econômico a utilização de água de reúso ao invés de água potável para os serviços públicos não potáveis.

A Tabela 66 apresenta os resultados finais para a avaliação da viabilidade das ETARs de Deodoro e Sepetiba, que considera, além dos benefícios com a troca de serviços com a Comlurb, a diminuição dos custos com utilização de água potável.



Tabela 66: Resultados finais da viabilidade das ETARs de Deodoro e Sepetiba

<b>Consumo Comlurb (m<sup>3</sup>/mês)</b>	2.352
<b>Tarifa de água de reúso calculada (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	5,38
<b>Custo água de reúso Comlurb (R\$/mês)</b>	R\$ 12.654,81
<b>Consumo água base operacional Deodoro (m<sup>3</sup>/mês)</b>	930
<b>Consumo água base operacional Sepetiba (m<sup>3</sup>/mês)</b>	540
<b>Tarifa CEDAE para uso comercial (&gt;30 m<sup>3</sup> mês) (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	18,58
<b>Custo água CEDAE base operacional Deodoro (m<sup>3</sup>/mês)</b>	R\$ 17.279,40
<b>Custo água CEDAE base operacional Sepetiba (m<sup>3</sup>/mês)</b>	R\$ 10.033,20
<b>CAPEX Deodoro</b>	R\$ 69.487,25
<b>CEPEX Sepetiba</b>	R\$ 293.257,06
<b>OPEX Deodoro</b>	R\$ 17.168,34
<b>OPEX Sepetiba</b>	R\$ 3.013,35
<b>Retorno com a utilização do sistema</b>	R\$ 29.905,72
<b>Payback (meses)</b>	12,1

Verifica-se pela Tabela 66 que o consumo mensal previsto pela Comlurb de 2.352 m<sup>3</sup>, o que custaria o montante de R\$ 12.654,81, a uma tarifa de R\$ 5,38 R\$/m<sup>3</sup>. Assim, este seria o crédito para a disposição dos resíduos sólidos e lodo no aterro da Companhia.

Considerando este ganho junto aos ganhos de economia de água, ou seja, o montante que se deixará de pagar a CEDAE pela água utilizada para os serviços de operação e engenharia das bases de Deodoro e Sepetiba e descontando os valores de OPEX das ETARs, obtém-se um retorno do investimento de R\$ 29.905,72 mensais. O que gera um *Payback* de aproximadamente 12 meses.

Além da viabilidade financeira do projeto, ressaltam-se os benefícios ambientais pela troca da fonte de água para os serviços de saneamento. Com a implantação das ETARs, os serviços de operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário passam a utilizar a água de reúso em substituição à água potável, aumentando a disponibilidade deste recurso para fins mais nobres como o abastecimento humano.

O consumo de água de reúso para os serviços da empresa e da Comlurb somam o volume mensal de 3.822 m<sup>3</sup> ou uma vazão de 133 m<sup>3</sup>/h. Esta vazão de água é capaz de atender a uma população de 17.733 habitantes, que representa um bairro maior que Deodoro.

A Tabela 67 apresenta um resumo dos resultados obtidos para as três ETARs estudadas.

Tabela 67: Tabela resumo de resultados das ETARs.

Item	ETAR Santa Cruz	ETAR de Deodoro	ETAR de Sepetiba	
			Cenário 1	Cenário 2
<b>Vazão</b>	140 l/s	240 m³/dia	240 m³/dia	240 m³/dia
<b>Tipo de tratamento</b>	Ultrafiltração com membranas	Filtração simples e desinfecção	Filtração simples e desinfecção	Filtração simples e desinfecção
<b>Tipo de intervenção</b>	Implantação	Ampliação	Implantação	Implantação
<b>Finalidade do Reúso</b>	Venda para indústria - torre de resfriamento	Reúso urbano não potável para uso interno e fornecimento para Comlurb	Reúso urbano não potável para uso interno	Reúso urbano não potável para uso interno e fornecimento para Comlurb
<b>CAPEX</b>	R\$ 29.991.117,46	R\$ 69.487,25	R\$ 243.585,73	R\$ 293.257,06
<b>OPEX</b>	R\$ 771.880,95	R\$ 7.048,34	R\$ 2.555,58	R\$ 3.013,35
<b>Tarifa da Água de Reúso</b>	R\$ 6,30	R\$ 5,38	-	R\$ 5,38
<b>TIR</b>	16,1%	16,0%	-	16,0%
<b>VPL</b>	R\$ 13.677.662,42	R\$ 66.324,82	-	R\$ 66.324,82
<b>Payback</b>	6,7 anos	12 meses	33 meses	12 meses

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, o estudo apresentou resultados positivos com relação ao estabelecimento de unidades de reúso em ETEs existentes na zona oeste do Rio de Janeiro. Todas as ETARs apresentaram viabilidade de implantação, dentro de duas especificidades e particularidades de operação.

Os custos de investimento totais das unidades de reúso foram avaliados em R\$ 29.991.117,46 para a implantação da ETAR de Santa Cruz, R\$ 69.487,25 para a ampliação da ETAR de Deodoro e os valores de R\$ 243.585,73 (Cenário 1) e R\$ 293.257,06 (Cenário 2) para a ETAR de Sepetiba. Os custos de operação e manutenção consideraram os mesmos itens para todas as ETARs (funcionários, produto químico, energia elétrica, troca matérias, substituição de equipamentos e análises laboratoriais). O OPEX mensal foi avaliado em R\$ 771.880,95 para a ETAR Santa Cruz, R\$ 7.048,34 para a ETAR de Deodoro e R\$ 2.555,58 para a ETAR de Sepetiba no Cenário 1 e R\$ 3.013,35 no cenário 2.

Os resíduos produzidos nas ETEs da zona oeste foram quantificados. A geração total de lodo, já considerando a ampliação da ETE Deodoro, foi avaliada em 219 toneladas por mês e os demais resíduos (resíduos de peneira, caixa de areia e manutenção de redes) foram avaliados em 190 toneladas por mês. Os custos de disposição respectivos são de R\$ 28.238,00 e R\$ 17.855,45, totalizando R\$ 46.093,44 mensais.

O fornecimento de água de reúso ao polo industrial mostrou-se rentável para a empresa. O retorno do investimento é de cerca de 7 anos, com VPL de R\$ 13.667.662,42, a uma possível tarifa de comercialização de R\$ 6,31. Apesar do custo, deve-se levar em conta a tendência cada vez maior de se priorizar a captação de água para o abastecimento público, em detrimento de outras atividades. Além disso, a água de reúso a ser comprada já deve atender aos parâmetros de qualidade desejados, sem a necessidade de tratamento complementar, o que, de certa forma, desoneraria custos de operação para estas indústrias;

A ETAR de Deodoro mostrou-se viável ao atendimento da demanda de água de reúso pela Comlurb. Isto porque, apesar dos custos de operação e manutenção, os investimentos na ETAR só envolvem a ampliação do sistema de reservação, ou seja, não é necessário aumentar a capacidade de tratamento da ETAR existente.

O custo da água fornecida à Comlurb mensalmente foi avaliado em R\$ 12.654,81, o que representa 27% dos custos de disposição dos resíduos sólidos da empresa. Este benefício somado à economia do consumo de água potável pelas bases de Sepetiba e Deodoro, já descontando os custos de OPEX de ambas as ETARs, somam um ganho mensal de R\$ 29.905,72, que gera um *Payback* dos investimentos de cerca de 12 meses;

A ETAR de Sepetiba também se mostrou viável para o Cenário 1, que considera apenas o atendimento da demanda interna das equipes de operação e engenharia. A economia com o consumo de água potável seria de R\$ 10.033,20, contra um OPEX de R\$ 2.555,58, gerando um ganho líquido de R\$ 7.477,62. Assim, o retorno dos investimentos se daria em cerca de 33 meses.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Para a ETE Santa Cruz, ressalta-se a necessidade de avaliação das condições de tratamento, bem como do efluente final da ETE, quando a mesma iniciar a operação. Como até o momento a ETE não está ativa, os dados utilizados para a proposição da unidade de reúso foram obtidos a partir de outra ETE com rota de tratamento de esgoto similar. As peculiaridades operacionais e a qualidade do efluente tratado poderão redefinir as condições propostas no estudo, tais como a tecnologia da unidade de reúso, vazão de operação, dosagem de produtos químicos, entre outras. Com relação ao Distrito Industrial de Santa Cruz, recomenda-se a obtenção de uma base dados consistente e confiável sobre a outorga de retirada de água pelas indústrias. A busca de informações junto ao INEA e à CODIN (Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro) não obteve sucesso e as informações declaradas no trabalho foram obtidas de uma só referência datada de 2012 (TUBBS FILHO et al.; 2012). Sugere-se, então, a obtenção de informações diretamente com às indústrias, pois os dados de outorga são importantes para a avaliação da real demanda de água e a previsão dos benefícios obtidos pela substituição por água de reúso.

Para a ETE Deodoro, o início da operação do NEREDA® acarretou em uma nova demanda de água para os equipamentos, principalmente na etapa de pré-tratamento para a lavagem de peneiras e caixa de areia. Sendo assim, recomenda-se uma nova avaliação da capacidade da ETAR e possível necessidade de ampliação, visando o atendimento desta demanda não prevista. Outra opção, seria o estudo de implantação de uma nova unidade de reúso, mas com efluente tratado do NEREDA®.

Por fim, recomenda-se o estudo de implantação de mais uma unidade de reúso que possa atender à base operacional de Campo Grande. As ETARs de Deodoro e Sepetiba atenderiam às demandas de duas bases das três bases operacionais da Concessionária para os serviços de manutenção e operação. A base de Campo Grande, entretanto, permaneceria sem uma fonte próxima de água de reúso, tendo que utilizar a água de abastecimento público.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216 - Projeto e Execução de Valas Para Assentamento de Tubulação de Água Esgoto ou Drenagem Urbana. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 13969. Tanques Sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos – Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1997.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). Consulta à Taxa Selic Diária. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdia.asp>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

BLANK, Leland T.; TARQUIN, Anthony J. Engenharia Econômica. AMGH Editora LTDA, 6ª Edição. São Paulo, 2007.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. 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.

BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. Princípios de Finanças Corporativas. AMGH Editora LTDA, 10ª Edição. 2013.

EMOP - Empresa de Obras Públicas do Estado de Rio de Janeiro. Catálogo de Referência - Sistema de Preços Unitários. Rio de Janeiro. Dezembro e 2014.

FAO. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Dados Estatísticos de População Mundial. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/O/OA/E>>. Acesso em: 17 out. 2015.

FAO. 2016. AQUASTAT website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponível em: <[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA: Manual de Orientações para o Setor Industrial. 2004. Disponível em <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-da-agua-2004/>>. Acesso em: 30 out. 2015.

ISAAC, R. L.; DOS SANTOS, L. U.; TOSETTO, M. S.; FRANCO, R. M. B.; GUIMARÃES, J. R. Urban water reuse: microbial pathogens control by direct filtration and ultraviolet disinfection. Journal of Water and Health, 12.3, 2014.

JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A. 2011. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6ª Edição. Rio de Janeiro: ABES.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 1050 p. 2014.

KLEMES, Jirí Jaromír. Industrial water recycle/reuse. Current Opinion in Chemical Engineering, 1, 2012. Disponível em: < [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Acesso em: Nov. de 2016.

LAZAROVA, V.; STURNY, V.; SANG, G. T. Relevance and Benefits of Urban Water Reuse in Tourist Areas. Water, 4, 2012. Disponível em: < [www.mdpi.com/journal/water](http://www.mdpi.com/journal/water)>. Acesso em: nov. de 2016.

LOPES, Verônica. Cedae Oferece Água de Reúso para Limpeza Urbana: ETEs Alegria e Penha desenvolvem projetos para reutilização de recursos. Imprensa RJ Notícias: Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: < <http://www.rj.gov.br/web/imprensa/exibeconteudo?article-id=2359081>>. Acesso em: out. de 2016.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. 2003. Reúso de Água. São Paulo: Manole.

MANHÃES, A. C. S.; ARAÚJO, B. M. Análise das Práticas de Reúso dos Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto do Município do Rio de Janeiro – ETE Penha e ETE Alegria. 2015. 66f. Projeto Final de Graduação. Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

METCALF & EDDY, INC. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. Escrita por Asano, T.; Burton, F. L.; Levenrez, H. L.; Tsuchihashi, R.; Tchobanoglous, G. Boston: McGraw-Hill, 2007, 1569p.

PINTILIE, L.; TORRES, C. M.; TEODOSIU, C.; CASTELLS, F. Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study. Journal of Cleaner Production, 139, agosto, 2016. Disponível em: < [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)>. Acesso em: nov. de 2016.

PORTAL BRASIL. Índice Nacional de Custo da Construção do Mercado - INCC-M. 2016. Disponível em: < <http://www.portalbrasil.net/incc.htm>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. USO RACIONAL DE ÁGUA E ENERGIA: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. 2009.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Reúso das Águas de Esgoto Sanitário, Inclusive Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento para esse Fim. 2006. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Esgoto-Prosab%20-%20final.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2015.

PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RIO DE JANEIRO. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Resolução CERHI-RJ Nº 151/2016: Dispõe Sobre a Atualização do Preço Público – PPU da Metodologia da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos Região Hidrográfica II - Comitê Guandu. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Resolucao\\_CERHI\\_RJ\\_n\\_151\\_16.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Resolucao_CERHI_RJ_n_151_16.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Institucional/GestaoParticipativa/CobrancaPelousodaagua/index.htm&lang=>>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

RIO DE JANEIRO. COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS. Processo Nº E-17/100.288/15. Despacho do Diretor-Presidente. Diário Oficial do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 30 jun. 2015. Disponível em: <[https://www.cedae.com.br/Portals/0/estrutura\\_tarifaria\\_ago\\_15.pdf](https://www.cedae.com.br/Portals/0/estrutura_tarifaria_ago_15.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2016.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Rodolph A.; JAFFE, Jeffrey; LAMB, Roberto. Administração Financeira. AMGH Editora LTDA, 10ª Edição. 2015.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Caixa Econômica Federal. 2012. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. Composição de Encargos e Salários. Março, 2016. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-encargos-sociais-semdesoneracao/SINAPI\\_Encargos\\_Sociais\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_MARCO\\_2016.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-encargos-sociais-semdesoneracao/SINAPI_Encargos_Sociais_A_PARTIR_DE_MARCO_2016.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

TAE – REVISTA TÉCNICA SOBRE TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES. Região do Grande ABC recebe maior empreendimento do Hemisfério Sul para a produção de água de reúso. Revista Eletrônica. Edição nº4. Dez. de 2011/Jan. de 2012. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=49&fase=c>>. Acesso em: abr. de 2016.

TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. 1999. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Esgoto Sanitário. São Paulo: Escola Politécnica da USP.



TUBBS FILHO, Décio (org); ANTUNES, Julio Cesar Oliveira (org); SILVA VETTORAZZI, Janaina (org). Bacia hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: experiências para a gestão dos recursos hídrico. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente (INEA), 2012. 339 p.

VON SPERLING, M. 2014. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Vol 01. 4ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG).

USEPA (United States Environmental Protection Agency). Guidelines for Water Reuse. Washington: U.S. Agency for International Development, 2012.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006a), “Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater”, **Policy and regulatory aspects**, v. 1, pp. 46.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). LUO, Tianyi; YOUNG, Robert Young; REIG, Paul. Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings. Nota Técnica. Agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.wri.org/sites/default/files/aqueduct-water-stress-country-rankings-technical-note.pdf>>. Acesso em: out. de 2016

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. Paris, UNESCO. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2014-water-and-energy/>>. Acesso em: 17 out. 2015.

\_\_\_\_\_. 2015a. *Facing the Challenges. Case Studies and Indicators*. Paris, UNESCO. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>>. Acesso em: 17 out. 2015.

\_\_\_\_\_. 2015b. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, UNESCO.

**ANEXOS**

## ANEXO A – Orçamento Detalhado do Poço de Sucção da ETAR de Santa Cruz

ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
1	<b>ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</b>						<b>694.297,48</b>
01.01	<b>MOVIMENTO DE TERRA, CARGA, TRANSPORTE E BOTA-FORA</b>						<b>44.425,69</b>
01.01.01	SINAPI	73965/010	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA ATÉ 1,5M EXCLUINDO ESGOTAMENTO / ESCORAMENTO	M3	5,11	45,10	230,29
01.01.02	SINAPI	73962/021	ESCAVAÇÃO DE VALA ESCORADA EM MATERIAL 1ª CATEGORIA, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA 105 HP(CAPACIDADE DE 0,78M3), SEM ESGOTAMENTO	M3	97,03	6,42	622,68
01.01.05	SINAPI	73568	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR)VALA ESCOR PROF=1,5 A 3M MAT 1ª CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	84,02	7,33	616,20
01.01.06	SINAPI	03.008.011-0	ESCAVAÇÃO EM MAT. DE 2ªCAT., MOLEDO OU ROCHA MUITO DECOMP.,C/EQUIP.A AR COMPR.,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 1,50 E 3,00M DE PROF.	M3	4,42	119,84	529,89
01.01.08	SINAPI	73567	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR)VALA ESCOR PROF=3 A 4,5M MAT 1ª CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	50,27	10,82	543,67
01.01.09	SINAPI	73965/002	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA, A FRIO, EM MATERIAL DE 2ª CATEGORIA (MOLEDO OU ROCHA DECOMPOSTA), DE 3 ATÉ 4,5M, EXCLUINDO ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	2,70	141,75	383,07
01.01.10	EMOP	03.008.052-0	ESCAVAÇÃO EM MAT.DE 3ªCAT.,ROCHA SA FRATURADA,C/EQUIP.A AR COMPR.E ENCUNHAMENTO,C/EXPLOSIVOS,ENTRE 3,00 E 4,50M DE PROF.	M3	1,08	433,70	468,84
01.01.11	SINAPI	73566	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR)VALA ESCOR PROF=4,5 A 6M MAT 1ª CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	50,27	15,78	793,47
01.01.12	SINAPI	73965/003	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA, A FRIO, EM MATERIAL DE 2ª CATEGORIA (MOLEDO OU ROCHA DECOMPOSTA), DE 4,5 ATÉ 6M, EXCLUINDO ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	2,70	167,52	452,73
01.01.13	EMOP	03.008.053-0	ESCAVAÇÃO EM MAT.DE 3ªCAT.,ROCHA SA FRATURADA,C/EQUIP.A AR COMPR.E ENCUNHAMENTO,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 4,50 E 6,00M DE PROF.	M3	1,08	445,86	481,98
01.01.14	EMOP	03.001.009-1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA/CAVA EM MAT. DE 1ªCAT., AREIA, ARGILA OU PICARRA, ENTRE 6,00 E 7,50M DE PROF.	M3	3,35	129,19	432,93
01.01.15	EMOP	03.008.014-0	ESCAVAÇÃO EM MAT. DE 2ªCAT., MOLEDO OU ROCHA MUITO DECOMP.,C/EQUIP.A AR COMPR.,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 6,00 E 7,50M DE PROF.	M3	0,18	133,80	24,10
01.01.16	EMOP	03.008.054-0	ESCAVAÇÃO EM MAT.DE 3ªCAT.,ROCHA SA FRATURADA,C/EQUIP.A AR COMPR.E ENCUNHAMENTO,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 6,00 E 7,50M DE PROF.	M3	0,07	466,12	33,59
01.01.17	SINAPI	72920	REATERRO DE VALA COM MATERIAL GRANULAR REAPROVEITADO ADENSADO E VIBRADO	M3	182,58	16,01	2.923,20
01.01.18	EMOP	20.104.001-0	SAIBRO	M3	182,58	55,81	10.188,78
01.01.19	SINAPI	74255/003	CARGA MANUAL DE MATERIAL A GRANEL (2 SERVENTES) EM CAMINHÃO BASCULANTE C/ CACAMBA DE 4,0M3 INCLUINDO DESCARGA MECÂNICA	T	280,10	25,90	7.253,46
01.01.20	SINAPI	72842	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHÃO BASCULANTE 6 M3, RODOVIA COM REVESTIMENTO PRIMÁRIO	T X KM	17.902,36	0,72	12.844,90
01.01.21	SCO	TC 10.05.0700	DESCARGA DE MATERIAS E RESIDUOS EM LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL AUTORIZADOS E/OU LICENCIADOS A OPERAR PELOS ORGAOS DE CONTROLE AMBIENTAL - CLASSE 2B	T	280,10	20,00	5.601,91
01.02	<b>SERVIÇOS ADICIONAIS</b>						<b>30.314,51</b>
01.02.01	SINAPI	73686	LOCAÇÃO DA OBRA, COM USO DE EQUIPAMENTOS TOPOGRAFICOS, INCLUSIVE TOPOGRAFO E NIVELADOR	M2	133,25	18,20	2.425,57
01.02.02	EMOP	02.020.005-0	BARRAGENS DE BLOQUEIO DE OBRA NA VIA PUBL., COMPREEND. O FORN., PINT. E REAPROV. DO CONJ. 40 VEZES	M	1,00	2,37	2,36

ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
01.02.03	SINAPI	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	M2	1,44	441,17	635,28
01.02.04	SINAPI	73891/001	ESGOTAMENTO COM MOTO-BOMBA AUTOESCOVANTE	H	960,00	5,45	5.229,76
01.02.05	EMOP	01.007.010-0	MONTAGEM E DESMONT.DE 1 CONJ.DE BOMBAS (15CV) P/ATE 70,00MDE COLETORES	UN	1,00	3.053,98	3.053,97
01.02.06	EMOP	01.007.020-0	CRAVACAO E RETIRADA DE 1 PONTEIRA FILTRANTE	UN	2,00	128,91	257,82
01.02.07	SINAPI	73877/001	ESCORAMENTO DE VALAS COM PRANCHOES METALICOS - AREA CRAVADA	M2	217,97	58,66	12.786,81
01.02.08	SINAPI	74219/002	TRAVESSIA DE MADEIRA PARA VEICULOS	M2	90,00	65,81	5.922,94
<b>01.03</b>	<b>EXECUÇÃO DA ELEVÁTORIA - SERVIÇOS E MATERIAIS</b>						<b>529.457,62</b>
01.03.01							529.457,62
01.03.01.01	SINAPI	73920/002	REGULARIZACAO DE PISO/BASE EM ARGAMASSA TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), E SPESSURA 3,0CM, PREPARO MANUAL	M2	33,01	23,05	760,97
01.03.01.02	SINAPI	73404	FORMA MADEIRA 2 VEZES PINHO 3A ESP=2,5CM P/PECAS DE CONCRETO ARMADO INCL FORN MATERIAIS E DESMOLDAGEM EXCL ESCORAMENTO. ARMADO INCL FORN MATERIAISE DESMOLDAGEM EXCL ESCORAMENTO.	M2	246,09	82,50	20.302,30
01.03.01.03	SINAPI	73466	ESCORAMENTO FORMAS 1,50 A 5,00M APROV 2 VEZES	M2	246,09	32,18	7.919,50
01.03.01.04		73685	EXECUCAO DE CIMBRAMENTO PARA ESCORAMENTO DE FORMAS ELEVADAS DE MADEIRA (LAJES E VIGAS), ACIMA DE 3,30 M DE PE DIREITO, COM PONTALETES (8,0 X 8,0 CM) DE MADEIRA DE LEI 1A QUALIDADE E PECAS DE MADEIRA DE 2,5 X 10 ,0 CM DE 2A QUALIDADE, NAO APARELHADA.	M3	118,58	37,85	4.488,85
01.03.01.05	SINAPI	74137/001	CONCRETO IMPORTADO USINA DOSADO RACIONALMENTE 10MPA INCL TRANSPORTE HO RIZONTAL ATE 20M EM CARRINHOS ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	M3	5,85	419,78	2.454,53
01.03.01.06	SINAPI	74138/004	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	M3	30,75	561,92	17.279,04
01.03.01.07	EMOP	11.002.022-1	LANCAMENTO DE CONCR. EM PECAS ARMADAS, INCL. TRANSP. HORIZ.E VERT., PRODUCAO APROX. DE 3,50M3/H	M3	30,75	76,21	2.343,58
01.03.01.08	EMOP	01.001.151-0	CONTROLE TECNOL. DE OBRAS EM CONCR. ARMADO, CONSID. COLETA,MOLDAGEM E CAPEAMENTO, TRANSP.ATE 100KM,MEDIDO P/ M3 DE CONCR.	M3	30,75	18,71	575,27
01.03.01.08	SINAPI	74254/003	ARMAÇAO (CORTE, DOBRA E COLOCAÇÃO) ACO CA-50/60 (NAO INCLUI O ACO) DIA M. DE 6,0 (1/4) À 12,5 (1/2) MM	KG	3.712,63	3,15	11.691,14
01.03.01.09	SINAPI	73391	BARRA DE ACO CA-25 REDONDA DIAM DE 6,3 A 8,00MM (1/4 A 5/16) SEM SALIENCIA OU MOSSA	KG	17,00	6,07	103,22
01.03.01.10	SINAPI	73356	BARRA ACO CA-50B DIAM 8,0 A 12,5MM	KG	1.926,00	5,57	10.722,52
01.03.01.12	SINAPI	73762/001	IMPERMEABILIZACAO DE LAJE COM ASFALTO ELASTOMERICO, INCLUSO PRIMER E V EU DE POLIESTER.	M2	69,19	73,00	5.051,04
01.03.01.13	SINAPI	73711	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA CORRIDA, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	5,39	125,50	676,98
01.03.01.14	COMPOSIÇÃO	COMPOSIÇÃO	MONTAGEM COMPLETA DA ELEVÁTORIA - HIDRÁULICA MECÂNICA, ELÉTRICA E AUTOMAÇÃO	VB	1,00	444.198,29	444.198,29
01.03.01.15	EMOP	06.001.671-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 75MM	UN	1,00	23,60	23,59
01.03.01.16	EMOP	06.001.674-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 200MM	UN	2,00	59,66	119,31
01.03.01.17	EMOP	06.001.675-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 250MM	UN	1,00	73,07	73,06
01.03.01.18	EMOP	06.001.654-0	ASSENTAMENTO DE PECAS ESPECIAIS DE FºFº C/JUNTA ELASTICA, DIAM. DE 200MM	UN	3,00	19,13	57,39
01.03.01.19	EMOP	06.001.655-0	ASSENTAMENTO DE PECAS ESPECIAIS DE FºFº C/JUNTA ELASTICA, DIAM. DE 250MM	UN	1,00	22,32	22,32

ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
01.03.01.20	EMOP	06.001.329-0	ASSENTAMENTO DE TAMPAO DE FºFº, DE TRES SECOES, C/LARG. ATE1,60M, ASSENTADO C/ARG. DE CIM. E AREIA NO TRACO 1:4	UN	2,00	124,91	249,82
01.03.01.21	EMOP	06.001.325-0	ASSENTAMENTO DE TAMPAO DE FºFº, TIPO CIRC., C/DIAM. DE 0,60A 1,00M, ASSENTADO C/ARG. DE CIM. E AREIA NO TRACO 1:4	UN	2,00	172,45	344,90
<b>01.04</b>	<b>URBANIZAÇÃO</b>						<b>90.099,66</b>
01.04.01	SINAPI	72948	COLCHAO DE AREIA PARA PAVIMENTACAO EM PARALELEPIPEDO OU BLOCOS DE CONC RETO INTERTRAVADOS	M2	355,28	104,48	37.118,11
01.04.02	SINAPI	73764/001	PAVIMENTACAO EM BLOCOS DE CONCRETO SEXTAVADO, ESPESSURA 6 CM, JUNTA RÍ GIDA, COM ARGAMASSA NO TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ASSENTADOS SOBRE C OLCHAO DE PO DE PEDRA, COM APOIO DE CAMINHÃO TOCO.	M2	355,28	86,66	30.787,78
01.04.03	SINAPI	73789/001	MEIO-FIO DE CONCRETO MOLDADO NO LOCAL, USINADO 15 MPA, COM 0,45 M ALTU RA X 0,15 M BASE, REJUNTE EM ARGAMASSA TRACO 1:3,5 (CIMENTO E AREIA)	M	108,00	69,56	7.512,20
01.04.05	SINAPI	73967/002	PLANTIO DE ARVORE COM ALTURA MAIOR DO QUE 2,00 METROS	UN	3,00	50,17	150,51
01.04.07	SINAPI	73823/001	PORTAO EM CHAPA DE FERRO E TELA, INCLUSIVE PINTURA E PILARES DE APOIO (PARA VEICULOS)	UN	1,00	2.859,54	2.859,53
01.04.08	SINAPI	73787/001	ALAMBRADO EM TUBOS DE FERRO GALVANIZADO A CADA 2M ALTURA 3M, FIXADOS E M BLOCOS DE CONCRETO, COM TELA DE ARAME GALVANIZADO REVESTIDO COM PVC FIO 12 MALHA 7,5CM	M	54,00	216,14	11.671,53
<b>SUB TOTAL SEM BDI</b>				Custo total serviços		694.297,48	
				Custo total materiais		-	
				<b>Subtotal</b>		<b>694.297,48</b>	
<b>TOTAL COM BDI</b>				30,0%	Serviços	902.586,72	
				12,0%	Materiais	-	
				<b>Total</b>		<b>902.586,72</b>	

## ANEXO B – Orçamento Detalhado da Estação Elevatória e Linha de Recalque da ETAR de Santa Cruz

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO	
<b>1</b>	<b>ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</b>					<b>1.280.249,68</b>	
<b>01.01</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA, CARGA, TRANSPORTE E BOTA-FORA</b>					<b>42.474,66</b>	
01.01.01	SINAPI	73965/010	ESCAVACAO MANUAL DE VALA EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA ATE 1,5M EXCLUIN DO ESGOTAMENTO / ESCORAMENTO	M3	5,11	45,10	230,29
01.01.02	SINAPI	73962/021	ESCAVACAO DE VALA ESCORADA EM MATERIAL 1A CATEGORIA, PROFUNDIDADE ATE 1,5 M COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA 105 HP(CAPACIDADE DE 0,78M3), SEM ESGOTAMENTO	M3	97,03	6,42	622,68
01.01.05	SINAPI	73568	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR) VALA ESCOR PROF=1,5 A 3M MAT 1A CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	84,02	7,33	616,20
01.01.06	SINAPI	03.008.011-0	ESCAVACAO EM MAT. DE 2ª CAT. MOLEDO OU ROCHA MUITO DECOMP.C/EQUIP.A AR COMPR.S/EXPLOSIVOS,ENTRE 1,50 E 3,00M DE PROF.	M3	4,42	119,84	529,89
01.01.08	SINAPI	73567	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR) VALA ESCOR PROF=3 A 4,5M MAT 1A CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	50,27	10,82	543,67
01.01.09	SINAPI	73965/002	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA, A FRIO, EM MATERIAL DE 2A CATEGORIA (MOLEDO OU ROCHA DECOMPOSTA), DE 3 ATÉ 4,5M, EXCLUINDO ESGOTAMENTO E ESCORAMEN TO.	M3	2,70	141,75	383,07
01.01.10	EMOP	03.008.052-0	ESCAVACAO EM MAT.DE 3ª CAT.,ROCHA SA FRATURADA,C/EQUIP.A AR COMPR.E ENCUNHAMENTO,C/EXPLOSIVOS,ENTRE 3,00 E 4,50M DE PROF.	M3	1,08	433,70	468,84
01.01.11	SINAPI	73566	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR) VALA ESCOR PROF=4,5 A 6M MAT 1A CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	50,27	15,78	793,47
01.01.12	SINAPI	73965/003	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA, A FRIO, EM MATERIAL DE 2A CATEGORIA (MOLEDO OU ROCHA DECOMPOSTA), DE 4,5 ATÉ 6M, EXCLUINDO ESGOTAMENTO E ESCORAMEN TO.	M3	2,70	167,52	452,73
01.01.13	EMOP	03.008.053-0	ESCAVACAO EM MAT.DE 3ª CAT.ROCHA SA FRATURADA,C/EQUIP.A AR COMPR.E ENCUNHAMENTO,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 4,50 E 6,00M DE PROF.	M3	1,08	445,86	481,98
01.01.17	SINAPI	72920	REATERRO DE VALA COM MATERIAL GRANULAR REAPROVEITADO ADENSADO E VIBRAD O	M3	189,03	16,01	3.026,47
01.01.18	EMOP	20.104.001-0	SAIBRO	M3	189,03	55,81	10.548,70
01.01.19	SINAPI	74255/003	CARGA MANUAL DE MATERIAL A GRANEL (2 SERVENTES) EM CAMINHAO BASCULANTE C/ CACAMBA DE 4,0M3 INCLUINDO DESCARGA MECÂNICA	T	256,57	25,90	6.644,27
01.01.20	SINAPI	72842	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3, RODOVIA COM REVESTI MENTO PRIMARIO	T X KM	16.726,15	0,72	12.000,97
01.01.21	SCO	TC 10.05.0700	DESCARGA DE MATERIAS E RESIDUOS EM LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL AUTORIZADOS E/OU LICENCIADOS A OPERAR PELOS ORGAOS DE CONTROLE AMBIENTAL - CLASSE 2B	T	256,57	20,00	5.131,43
<b>01.02</b>	<b>SERVIÇOS ADICIONAIS</b>					<b>29.150,65</b>	
01.02.01	SINAPI	73686	LOCAÇÃO DA OBRA, COM USO DE EQUIPAMENTOS TOPOGRAFICOS, INCLUSIVE TOPOG RAFO E NIVELADOR	M2	133,25	18,20	2.425,57
01.02.02	EMOP	02.020.005-0	BARRAGENS DE BLOQUEIO DE OBRA NA VIA PUBL., COMPREEND. O FORN., PINT. E REAPROV. DO CONJ. 40 VEZES	M	1,00	2,37	2,36
01.02.03	SINAPI	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	M2	1,44	441,17	635,28
01.02.04	SINAPI	73891/001	ESGOTAMENTO COM MOTO-BOMBA AUTOESCOVANTE	H	960,00	5,45	5.229,76
01.02.05	EMOP	01.007.010-0	MONTAGEM E DESMONT.DE 1 CONJ.DE BOMBAS (15CV) P/ATE 70,00MDE COLETORES	UN	1,00	3.053,98	3.053,97
01.02.06	EMOP	01.007.020-0	CRAVACAO E RETIRADA DE 1 PONTEIRA FILTRANTE	UN	2,00	128,91	257,82
01.02.07	SINAPI	73877/001	ESCORAMENTO DE VALAS COM PRANCHOES METALICOS - AREA CRAVADA	M2	198,13	58,66	11.622,95
01.02.08	SINAPI	74219/002	TRAVESSIA DE MADEIRA PARA VEICULOS	M2	90,00	65,81	5.922,94

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO	
<b>01.03</b>	<b>EXECUÇÃO DA ELEVÁTORIA - SERVIÇOS E MATERIAIS</b>					<b>1.118.524,71</b>	
01.03.01						636.889,33	
01.03.01.01	SINAPI	73920/002	REGULARIZACAO DE PISO/BASE EM ARGAMASSA TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), E SPESSURA 3,0CM, PREPARO MANUAL	M2	33,01	23,05	760,97
01.03.01.02	SINAPI	73404	FORMA MADEIRA 2 VEZES PINHO 3A ESP=2,5CM P/PECAS DE CONCRETO ARMADO INCL FORN MATERIAIS E DESMOLDAGEM EXCL ESCORAMENTO. ARMADO INCL FORN MATERIAISE DESMOLDAGEM EXCL ESCORAMENTO.	M2	227,24	82,50	18.747,23
01.03.01.03	SINAPI	73466	ESCORAMENTO FORMAS 1,50 A 5,00M APROV 2 VEZES	M2	227,24	32,18	7.312,90
01.03.01.04		73685	EXECUCAO DE CIMBRAMENTO PARA ESCORAMENTO DE FORMAS ELEVADAS DE MADEIRA (LAJES E VIGAS), ACIMA DE 3,30 M DE PE DIREITO, COM PONTALETES (8,0 X 8,0 CM) DE MADEIRA DE LEI 1A QUALIDADE E PECAS DE MADEIRA DE 2,5 X 10 ,0 CM DE 2A QUALIDADE, NAO APARELHADA.	M3	105,78	37,85	4.004,31
01.03.01.05	SINAPI	74137/001	CONCRETO IMPORTADO USINA DOSADO RACIONALMENTE 10MPA INCL TRANSPORTE HO RIZONTAL ATE 20M EM CARRINHOS ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	M3	5,85	419,78	2.454,53
01.03.01.06	SINAPI	74138/004	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	M3	29,53	561,92	16.594,98
01.03.01.07	EMOP	11.002.022-1	LANCAMENTO DE CONCR. EM PECAS ARMADAS, INCL. TRANSP. HORIZ.E VERT., PRODUCAO APROX. DE 3,50M3/H	M3	29,53	76,21	2.250,80
01.03.01.08	EMOP	01.001.151-0	CONTROLE TECNOL. DE OBRAS EM CONCR. ARMADO, CONSID. COLETA, MOLDAGEM E CAPEAMENTO, TRANSP. ATE 100KM, MEDIDO P/ M3 DE CONCR.	M3	29,53	18,71	552,49
01.03.01.08	SINAPI	74254/003	ARMAÇAO (CORTE, DOBRA E COLOCAÇÃO) ACO CA-50/60 (NAO INCLUI O ACO) DIA M. DE 6,0 (1/4) A 12,5 (1/2) MM	KG	3.712,63	3,15	11.691,14
01.03.01.09	SINAPI	73391	BARRA DE ACO CA-25 REDONDA DIAM DE 6,3 A 8,00MM (1/4 A 5/16) SEM SALIENCIA OU MOSSA	KG	17,00	6,07	103,22
01.03.01.10	SINAPI	73356	BARRA ACO CA-50B DIAM 8,0 A 12,5MM	KG	1.926,00	5,57	10.722,52
01.03.01.12	SINAPI	73762/001	IMPERMEABILIZACAO DE LAJE COM ASFALTO ELASTOMERICO, INCLUSO PRIMER E V EU DE POLIESTER.	M2	60,40	73,00	4.408,91
01.03.01.13	SINAPI	73711	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA CORRIDA, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	5,39	125,50	676,98
01.03.01.14	COMPOSIÇÃO	COMPOSIÇÃO	MONTAGEM COMPLETA DA ELEVÁTORIA - HIDRÁULICA MECÂNICA, ELÉTRICA E AUTOMAÇÃO	VB	1,00	546.705,59	546.705,58
01.03.01.15	EMOP	06.001.671-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 75MM	UN	20,00	23,60	471,95
01.03.01.16	EMOP	06.001.674-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 200MM	UN	20,00	59,66	1.193,17
01.03.01.17	EMOP	06.001.675-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 250MM	UN	20,00	73,07	1.461,30
01.03.01.18	EMOP	06.001.654-0	ASSENTAMENTO DE PECAS ESPECIAIS DE FºFº C/JUNTA ELASTICA, DIAM. DE 200MM	UN	20,00	19,13	382,66
01.03.01.19	EMOP	06.001.655-0	ASSENTAMENTO DE PECAS ESPECIAIS DE FºFº C/JUNTA ELASTICA, DIAM. DE 250MM	UN	20,00	22,32	446,44
01.03.01.20	EMOP	06.001.329-0	ASSENTAMENTO DE TAMPÃO DE FºFº, DE TRES SECOES, C/LARG. ATE 1,60M, ASSENTADO C/ARG. DE CIM. E AREIA NO TRACO 1:4	UN	20,00	124,91	2.498,22
01.03.01.21	EMOP	06.001.325-0	ASSENTAMENTO DE TAMPÃO DE FºFº, TIPO CIRC., C/DIAM. DE 0,60A 1,00M, ASSENTADO C/ARG. DE CIM. E AREIA NO TRACO 1:4	UN	20,00	172,45	3.449,03
01.03.04						481.635,38	
01.03.04.01	COTAÇÃO	-	CONJUNTO MOTOR BOMBA SUBMERSÍVEL Q=70 l/s, Amt=45,26mca / SCP-150-350 HA / bi-partida axial	CJ.	3,00	78.000,00	234.000,00
01.03.02.03	COTAÇÃO	-	REDUÇÃO CONCÊNTRICA EM FOFO COM FLANGES PN-10, ØNOM.300x150	UND	3,00	1.115,89	3.347,66
01.03.02.04	COTAÇÃO	-	TUBO EM FOFO COM FLANGES PN-10 ØNOM.300, L=4321	UND	3,00	5.143,32	15.429,96
01.03.02.05	COTAÇÃO	-	CURVA 90ºD EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.300	UND	4,00	1.486,49	5.945,94

ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
01.03.02.06	COTAÇÃO	-	TUBO EM FF COM FLANGE PN-10 E BOLSA ØNOM.300, L=1350	UND	3,00	1.969,70	5.909,08
01.03.02.07	COTAÇÃO	-	TOCO EM FF COM PONTA, FLANGE PN-10 E ABA DE VEDAÇÃO ØNOM.300, L=700	UND	3,00	1.461,92	4.385,74
01.03.02.08	COTAÇÃO	-	VÁLVULA DE RETENÇÃO PARA ESGOTO, COM FLANGES PN-10 ØNOM.300	UND	3,00	8.035,95	24.107,85
01.03.02.09	COTAÇÃO	-	TOCO EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.300, L=250	UND	5,00	1.001,23	5.006,13
01.03.02.10	COTAÇÃO	-	JUNTA DE DESMONTAGEM TRAVADA AXIALMENTE COM FLANGES PN10 ØNOM.300	UND	3,00	2.108,93	6.326,77
01.03.02.11	COTAÇÃO	-	TOCO EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.300, L=500	UND	3,00	1.271,50	3.814,49
01.03.02.12	COTAÇÃO	-	REGISTRO DE GAVETA EURO 23 EM FF COM FLANGES PN-10, CUNHA DE BORRACHA E CORPO CURTO CO CABEÇOTE, ØNOM.300	UND	3,00	3.950,70	11.852,10
01.03.02.13	COTAÇÃO	-	TÊ EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.300	UND	2,00	2.559,38	5.118,75
01.03.02.14	COTAÇÃO	-	TUBO EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.300, L=700	UND	1,00	1.984,03	1.984,03
01.03.02.15	COTAÇÃO	-	TÊ DE REDUÇÃO EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.300x100	UND	2,00	1.969,70	3.939,39
01.03.02.16	COTAÇÃO	-	REGISTRO DE GAVETA EURO 23 EM FF COM FLANGES PN-10, CUNHA DE BORRACHA E CORPO CURTO COM CABEÇOTE, ØNOM.100	UND	2,00	822,90	1.645,80
01.03.02.17	COTAÇÃO	-	VENTOSA TIPO D-20, EM AÇO COM FLANGE PN-10, DA BERMAD	UND	1,00	10.560,43	10.560,43
01.03.02.18	COTAÇÃO	-	TUBO EM FF COM PONTA E FLANGE PN-10 ØNOM.300, L=500	UND	1,00	1.036,04	1.036,03
01.03.02.19	COTAÇÃO	-	LUA EM FF COM BOLSAS E JUNTA TRAVADA INTERNA JTI ØNOM.300	UND	1,00	2.518,43	2.518,42
01.03.02.20	COTAÇÃO	-	REDUÇÃO CONCÊNTRICA EM Ff COM PONTA E BOLSA E JUNTA TRAVADA INTERNA JTI, ØNOM.300x200	UND	1,00	1.167,08	1.167,07
01.03.02.21	COTAÇÃO	-	TUBO EM Ff COM PONTA E FLANGE PN-10 ØNOM.200, L=2000	UND	1,00	1.451,68	1.451,67
01.03.02.22	COTAÇÃO	-	MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO DE VAZÃO MODELO VMF 200 COM FLANGES PN-10 ØNOM.200, DA INCONTROL OU SIMILAR	UND	1,00	14.404,00	14.404,00
01.03.02.23	COTAÇÃO	-	ADAPTADOR ULTRAQUICK NG PN-10, TIPO H ØNOM.200 DA SAINT GOBAIN OU SIMILAR	UND	1,00	1.566,34	1.566,33
01.03.02.24	COTAÇÃO	-	TUBO EM FF COM PONTA E FLANGE PN-10 ØNOM.200, L=1000	UND	1,00	902,95	902,94
01.03.02.25	COTAÇÃO	-	REDUÇÃO CONCÊNTRICA EM F%DF%D COM BOLSAS E JUNTA TRAVADA INTERNA JTI, ØNOM.350x200	UND	1,00	1.630,20	1.630,20
01.03.02.26	COTAÇÃO	-	CURVA 90° EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.100	UND	1,00	237,51	237,51
01.03.02.27	COTAÇÃO	-	TOCO EM FF COM FLANGES PN-10 ØNOM.100, L=250	UND	1,00	237,51	237,51
01.03.02.28	COTAÇÃO	-	TUBO EM FF COM PONTA E FLANGE PN-10 ØNOM.100, L=2455	UND	1,00	1.175,27	1.175,26
01.03.02.29	COTAÇÃO	-	CURVA 90° EM FF COM BOLSAS ØNOM.100	UND	1,00	178,13	178,13
01.03.02.31	COTAÇÃO	-	TUBO EM FF COM PONTAS ØNOM.100, L=1550	UND	1,00	659,30	659,29
01.03.02.37	COTAÇÃO	-	TUBO EM PVC COM PONTAS ØNOM.50	m	1,20	131,63	157,95
01.03.02.38	COTAÇÃO	-	CURVA 90° EM PVC COM ROSCAS ØNOM.50	UND	1,00	228,03	228,03
01.03.02.39	COTAÇÃO	-	VÁLVULA DE RETENÇÃO EM PVC ROSCÁVEL 0,8mca, ØNOM.2"	UND	1,00	161,53	161,52
01.03.02.40	COTAÇÃO	-	TAMPÃO EM Fº DÚCTIL, CLASSE D 400, ABERTURA Ø600	UND	1,00	759,33	759,33
01.03.02.41	COTAÇÃO	-	TAMPA PARA REGISTRO EM FF	UND	3,00	107,25	321,75
01.03.02.42	COTAÇÃO	-	TAMPÃO EM Fº DÚCTIL, CLASSE D 400, ABERTURA Ø800	UND	2,00	1.733,16	3.466,32
01.03.02.43	COTAÇÃO	-	TAMPÃO METÁLICO RETANGULAR ARTICULADO, MODELO ZC CEMIG ABERTURA 730x840mm, DA FÁBRICA DE TAMPÕES OU SIMILAR	UND	4,00	1.365,00	5.460,00
01.03.02.44	COTAÇÃO	-	MISCELÂNIA ELÉTRICA - EXECUÇÃO DE MONTAGEM ELÉTRICA E FORNECIMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	CJ	1,00	100.542,00	100.542,00
<b>01.04</b>	<b>URBANIZAÇÃO</b>						<b>90.099,66</b>
01.04.01	SINAPI	72948	COLCHAO DE AREIA PARA PAVIMENTACAO EM PARALELEPIPEDO OU BLOCOS DE CONC RETO INTERTRAVADOS	M2	355,28	104,48	37.118,11
01.04.02	SINAPI	73764/001	PAVIMENTACAO EM BLOCOS DE CONCRETO SEXTAVADO, ESPESSURA 6 CM, JUNTA RÍ GIDA, COM ARGAMASSA NO TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ASSENTADOS SOBRE C OLCHAO DE PO DE PEDRA, COM APOIO DE CAMINHÃO TOCO.	M2	355,28	86,66	30.787,78



ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
01.04.03	SINAPI	73789/001	MEIO-FIO DE CONCRETO MOLDADO NO LOCAL, USINADO 15 MPA, COM 0,45 M ALTURA X 0,15 M BASE, REJUNTE EM ARGAMASSA TRACO 1:3,5 (CIMENTO E AREIA)	M	108,00	69,56	7.512,20
01.04.05	SINAPI	73967/002	PLANTIO DE ARVORE COM ALTURA MAIOR DO QUE 2,00 METROS	UN	3,00	50,17	150,51
01.04.07	SINAPI	73823/001	PORTAO EM CHAPA DE FERRO E TELA, INCLUSIVE PINTURA E PILARES DE APOIO (PARA VEICULOS)	UN	1,00	2.859,54	2.859,53
01.04.08	SINAPI	73787/001	ALAMBRADO EM TUBOS DE FERRO GALVANIZADO A CADA 2M ALTURA 3M, FIXADOS E M BLOCOS DE CONCRETO, COM TELA DE ARAME GALVANIZADO REVESTIDO COM PVC FIO 12 MALHA 7,5CM	M	54,00	216,14	11.671,53
<b>2</b>	<b>LINHA DE RECALQUE</b>						<b>7.371.622,85</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA, CARGA, TRANSPORTE E BOTA FORA</b>						<b>1.335.009,91</b>
02.01.01	SINAPI	73965/010	ESCAVACAO MANUAL DE VALA EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA ATE 1,5M EXCLUIN DO ESGOTAMENTO / ESCORAMENTO	M3	1.068,75	45,10	48.196,43
02.01.02	SINAPI	73962/021	ESCAVACAO DE VALA ESCORADA EM MATERIAL 1A CATEGORIA , PROFUNDIDADE ATE 1,5 M COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA 105 HP(CAPACIDADE DE 0,78M3), SEM ESGOTAMENTO	M3	8.175,94	6,42	52.470,06
02.01.03	SINAPI	03.008.010-1	ESCAVACAO EM MAT. DE 2ªCAT., MOLEDO OU ROCHA MUITO DECOMP.,C/EQUIP. A AR COMPR., S/EXPLOSIVOS, ATE 1,50M DE PROF.	M3	1.442,81	87,56	126.332,66
02.01.04	EMOP	03.008.050-1	ESCAVACAO EM MAT. DE 3ªCAT., ROCHA SA FRATURADA, C/EQUIP. AAR COMPR. E ENCUNHAMENTO, S/EXPLOSIVOS, ATE 1,50M PROF.	M3	0,00	412,75	0,00
02.01.05	SINAPI	73568	ESCAV.MEC (ESCAV HIDR)VALA ESCOR PROF=1,5 A 3M MAT 1A CAT EXCL ESGOTAMENTO E ESCORAMENTO.	M3	5.450,63	7,33	39.977,19
02.01.06	SINAPI	03.008.011-0	ESCAVACAO EM MAT. DE 2ªCAT., MOLEDO OU ROCHA MUITO DECOMP.,C/EQUIP.A AR COMPR.,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 1,50 E 3,00M DE PROF.	M3	961,88	90,19	86.751,50
02.01.07	EMOP	03.008.051-0	ESCAVACAO EM MAT.DE 3ªCAT.,ROCHA SA FRATURADA,C/EQUIP.A AR COMPR.E ENCUNHAMENTO,S/EXPLOSIVOS,ENTRE 1,50 E 3,00M DE PROF.	M3	0,00	425,56	0,00
02.01.08	SINAPI	72920	REATERRO DE VALA COM MATERIAL GRANULAR REAPROVEITADO ADENSADO E VIBRAD O	M3	13.858,13	16,01	221.880,15
02.01.09	EMOP	20.104.001-0	SAIBRO	M3	2.499,53	55,65	139.086,15
02.01.10	SINAPI	74255/003	CARGA MANUAL DE MATERIAL A GRANEL (2 SERVENTES) EM CAMINHAO BASCULANTE C/ CACAMBA DE 4,0M3 INCLUINDO DESCARGA MECÂNICA	T	7.585,99	25,90	196.449,48
02.01.11	SINAPI	72842	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3, RODOVIA COM REVESTIMENTO PRIMARIO	T X KM	379.299,38	0,72	272.146,54
02.01.12	SCO	TC 10.05.0700	DESCARGA DE MATERIAS E RESIDUOS EM LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL AUTORIZADOS E/OU LICENCIADOS A OPERAR PELOS ORGAOS DE CONTROLE AMBIENTAL - CLASSE 2B	T	7.585,99	20,00	151.719,75
<b>02.02</b>	<b>SERVIÇOS ADICIONAIS</b>						<b>2.892.867,54</b>
02.02.01	SINAPI	73686	LOCAÇÃO DA OBRA, COM USO DE EQUIPAMENTOS TOPOGRAFICOS, INCLUSIVE TOPOG RAFO E NIVELADOR	M²	7.500,00	18,20	136.523,92
02.02.02	EMOP	02.020.005-0	BARRAGENS DE BLOQUEIO DE OBRA NA VIA PUBL., COMPREEND. O FORN., PINT. E REAPROV. DO CONJ. 40 VEZES	M	23,45	2,38	55,84
02.02.03	SINAPI	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	M2	33,77	441,17	14.897,36
02.02.04	EMOP	02.020.009-0	SEMAFORO P/SINALIZACAO DE BLOQUEIO DE OBRA NA VIA PUBL., CONSID. 40 VEZES O REAPROV. DA MAD.	UN	23,45	54,99	1.289,47
02.02.05	EMOP	05.013.002-0	CHAPA ACO CARBONO COMUM 3/8". P/PASSAGEM VEICULOS, SOBRE VALA SEM TRAVESSIAS, C/COLOC.USO E RETIRADA, INCL.MOBILIZ.TRANSP.CAR	M2	3.000,00	49,37	148.104,73
02.02.07	EMOP	02.011.002-0	CERCA PROTETORA DE BORDA DE VALA, EM PINHO DE 3ª, CONSID. OUSO 3 VEZES DA MAD.	M	15.000,00	10,83	162.427,75
02.02.08	EMOP	02.011.003-0	RETIRADA E RECOLOCACAO DA CERCA PROTETORA DE BORDA DE VALA, SEGUNDO DESCRICAO DO ITEM 02.011.001, EXCETO O MAT.	M	15.000,00	10,41	156.084,22

ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
02.02.09	SINAPI	73891/001	ESGOTAMENTO COM MOTO-BOMBA AUTOESCOVANTE	H	1.008,00	5,45	5.491,25
02.02.10	EMOP	01.007.010-0	MONTAGEM E DESMONT.DE 1 CONJ.DE BOMBAS (15CV) P/ATE 70,00MDE COLETORES	UN	5,00	2.941,75	14.708,75
02.02.11	EMOP	01.007.020-0	CRAVACAO E RETIRADA DE 1 PONTEIRA FILTRANTE	UN	938,00	150,80	141.448,47
02.02.12	SINAPI	73877/001	ESCORAMENTO DE VALAS COM PRANCHOES METALICOS - AREA CRAVADA	M2	36.000,00	58,66	2.111.835,78
<b>02.03</b>	<b>EXECUÇÃO DO RECALQUE - SERVIÇOS E MATERIAIS</b>						<b>2.743.626,39</b>
02.03.01							454.001,63
02.03.01.01	SINAPI	73404	FORMA MADEIRA 2 VEZES PINHO 3A ESP=2,5CM P/PECAS DE CONCRETO ARMADO INCL FORN MATERIAIS E DESMOLDAGEM EXCL ESCORAMENTO. ARMADO INCL FORN MATERIAISE DESMOLDAGEM EXCL ESCORAMENTO.	M2	600,00	82,50	49.499,38
02.03.01.02	SINAPI	73466	ESCORAMENTO FORMAS 1,50 A 5,00M APROV 2 VEZES	M2	600,00	32,18	19.308,66
02.03.01.03	SINAPI	74137/001	CONCRETO IMPORTADO USINA DOSADO RACIONALMENTE 10MPA INCL TRANSPORTE HO RIZONTAL ATE 20M EM CARRINHOS ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	M3	100,00	419,78	41.977,61
02.03.01.04	SINAPI	74138/004	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	M3	500,00	561,92	280.960,25
02.03.01.05	EMOP	11.002.022-1	LANCAMENTO DE CONCR. EM PECAS ARMADAS, INCL. TRANSP. HORIZ.E VERT., PRODUCAO APROX. DE 3,50M3/H	M3	500,00	76,99	38.495,21
02.03.01.06	SINAPI	74254/003	ARMACAO (CORTE, DOBRA E COLOCAÇÃO) ACO CA-50/60 (NAO INCLUI O ACO) DIA M. DE 6,0 (1/4) À 12,5 (1/2) MM	KG	2.150,00	3,15	6.770,39
02.03.01.07	SINAPI	73391	BARRA DE ACO CA-25 REDONDA DIAM DE 6,3 A 8,00MM (1/4 A 5/16) SEM SALIENCIA OU MOSSA	KG	0,00	6,07	0,00
02.03.01.08	SINAPI	73356	BARRA ACO CA-50B DIAM 8,0 A 12,5MM	KG	900,00	5,57	5.010,52
02.03.01.09	SINAPI	73349	BARRA ACO CA-50B DIAM ACIMA 12,5MM	KG	1.250,00	5,30	6.626,89
02.03.01.10	SINAPI	73711	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA CORRIDA, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	7,40	125,50	928,41
02.03.01.11	EMOP	06.001.672-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 100MM	UN	57,00	31,68	1.806,00
02.03.01.12	EMOP	06.001.675-0	ASSENTAMENTO DE PECAS DE FºFº C/JUNTA MEC. OU FLANGEADA, DIAM. DE 250MM	UN	35,00	74,81	2.618,31
02.03.02							2.289.624,76
02.03.02.01	EMOP	06.009.084-0	TUBO DE FºFº DUCTIL, CLASSE K-7, C/JUNTA ELASTICA, DIAM. DE300MM. FORN. E ASSENT.	M	36,00	487,92	17.565,03
02.03.02.02	COTAÇÃO	MG2.1.44	TUBO EM AÇO CARBONO ØEXT.222.26, ESPESSURA 3/8", L=11029 MM	UN.	1,00	3.046,03	3.046,03
02.03.02.03	COTAÇÃO	Cotação 0135	TUBO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE(PEAD),RESINA PE80/100,NORMA ISO 4427, CLASSE PN-10, DE=355MM. FORNECIMENTO	M	7.500,00	300,00	2.250.000,00
02.03.02.04	COTAÇÃO	MG2.1.45	TÉ DE REDUÇÃO 200X100 ESPECIAL EM AÇO CARBONO, ESPESSURA 3/8"	UN.	1,00	165,02	165,02
02.03.02.05	COTAÇÃO	MG2.1.46	TUBO EM AÇO CARBONO ØEXT.222.26, ESPESSURA 3/8", L=3718 MM	UN.	1,00	1.026,85	1.026,84
02.03.02.06	COTAÇÃO	MG2.1.47	VÁLVULA DE GAVETA COM FLANGES E CUNHA DE BORRACHA CORPO CURTO COM CABEÇOTE PN10 ØNOM.100	UN.	1,00	909,89	909,89
02.03.02.07	COTAÇÃO	MG2.1.48	VENTOSA PARA ESGOTO ØNOM.100	UN.	1,00	4.982,63	4.982,62
02.03.02.08	COTAÇÃO	MG2.1.12	PARAFUSOS DE DIAM. 16 MM E COMP. 80 MM DE ACORDO COM NORMA ABNT NBR 7675; PARA FLANGES PN10, ØNOM.100MM	UN.	16,00	3,51	56,12
02.03.02.09	COTAÇÃO	MG2.1.13	PORCAS PARA PARAFUSOS DE DIAM. 16 MM E COMP. 80 MM DE ACORDO COM NORMA ABNT NBR 7675; PARA FLANGES PN10, ØNOM.100MM	UN.	16,00	3,51	56,12
02.03.02.10	COTAÇÃO	MG2.1.14	ARRUELAS COM ALMA METÁLICA PARA PARAFUSOS DE DIAM. 16 MM E COMP. 80 MM DE ACORDO COM NORMA ABNT NBR 7675; PARA FLANGES PN10, ØNOM.100MM	UN.	16,00	0,35	5,52
02.03.02.11	COTAÇÃO	Cotação 0134	COLARINHO POLIETILENO - PE 100, FABRICADO CONFORME NORMA ISO 4427:3 2007, COM CERTIFICADO DE QUALIDADE - DE 110 - PN 10,0 - SRD 17,0	UN.	2,00	186,02	372,03

ITEM	CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	P. UNIT	VALOR DO SERVIÇO
02.03.02.12	COTAÇÃO	MG2.1.49	FLANGE AVULSO PN-10 EM AÇO SAE 1020, FURAÇÃO CONFORME NORMA ISO 2531, ØNOM. 200 NORMA ISO 2531, ØNOM.200 (VER DETALHE EM PROJETO)	UN.	2,00	294,97	589,94
02.03.02.13	COTAÇÃO	MG2.1.50	PARAFUSOS DE DIAM. 20 MM E COMP. 90 MM DE ACORDO COM NORMA ABNT NBR 7675; PARA FLANGES PN10, ØNOM.200MM	UN.	16,00	4,25	68,02
02.03.02.14	COTAÇÃO	MG2.1.51	PORCAS PARA PARAFUSOS DE DIAM. 20 MM E COMP. 90 MM DE ACORDO COM NORMA ABNT NBR 7675; PARA FLANGES PN10, ØNOM.200MM	UN.	16,00	4,25	68,02
02.03.02.15	COTAÇÃO	MG2.1.52	ARRUELAS COM ALMA METÁLICA PARA PARAFUSOS DE DIAM. 20 MM E COMP. 90 MM DE ACORDO COM NORMA ABNT NBR 7675; PARA FLANGES PN10, ØNOM.200MM	UN.	16,00	0,48	7,65
02.03.02.16	COTAÇÃO	MG2.1.53	ANEL DE VEDAÇÃO PARA FLANGES PN10, ØNOM.200mm	UN.	2,00	4,78	9,56
02.03.02.17	SINAPI	74030/001	GUINDAUTO (CI) CAP.3,5 TON., MONTADO SOBRE CAMINHÃO TOCO (EXCL. O CAMINHÃO) APROX.2,0M DE ALCANCE HORIZONTAL, 7,0 NA VERTICAL. EXCL. OPERADOR.	H	352,00	30,39	10.696,35
<b>02.04</b>	<b>URBANIZAÇÃO</b>						<b>400.119,01</b>
02.04.01	SINAPI	72949	DEMOLICAO DE PAVIMENTACAO ASFALTICA, EXCLUSIVE TRANSPORTE DO MATERIAL RETIRADO	M3	541,50	25,38	13.742,27
02.04.02	SINAPI	74009/001	REGULARIZACAO E COMPACTACAO MANUAL DE TERRENO	M2	496,78	4,25	2.112,24
02.04.03	EMOP	05.002.001-0	DEMOLICAO C/EQUIP. DE AR COMPR., DE PISOS OU PAV. DE CONCR.SIMPLES	M2	356,25	107,13	38.164,26
02.04.04	SINAPI	72965	FABRICAÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE(CBUQ),C AP 50/70, EXCLUSIVE TRANSPORTE	T	1.245,45	235,31	293.070,28
02.04.05	SINAPI	72946	IMPRIMACAO DE BASE DE PAVIMENTACAO COM EMULSAO CM-70	M2	6.768,75	4,08	27.610,46
02.04.06	SINAPI	74236/001	GRAMA BATATAIS EM PLACAS	M2	140,53	13,53	1.900,87
02.04.07	EMOP	13.301.505-0	RECOMPOSICAO DE PASSEIO, DEVIDO A ABERTURA DE VALA, INCL. REMOCAO DE MAT., CONCR. ESP. DE 0,08M, ACAB. ESP. DE 0,02M	M2	356,25	66,02	23.518,63
<b>SUB TOTAL SEM BDI</b>				Custo total serviços		5.880.612,39	
				Custo total materiais		2.771.260,14	
						<b>8.651.872,53</b>	
<b>TOTAL COM BDI</b>				30,0%	Serviços	7.644.796,11	
				12,0%	Materiais	3.103.811,36	
						<b>10.748.607,46</b>	

### ANEXO C – CAPEX Detalhado da ETAR de Santa Cruz

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1	CAPTAÇÃO DO ESGOTO TRATADO <sup>4</sup>			R\$ 694.297,48
1.1	POÇO DE SUÇÃO, CAIXA DE VÁLVULA E CAIXA DO MEDIDOR			R\$ 694.297,48
1.1.1	MOVIMENTO DE TERRA, CARGA, TRANSPORTE E BOTA FORA			R\$ 44.425,69
1.1.2	SERVIÇOS ADICIONAIS			R\$ 30.314,51
1.1.3	EXECUÇÃO DA ELEVATÓRIA - SERVIÇOS E MATERIAIS			R\$ 529.457,62
1.1.4	URBANIZAÇÃO			R\$ 90.099,66
2	UNIDADE DE TRATAMENTO			R\$ 11.342.544,27
2.1	MATERIAIS/EQUIPAMENTOS			R\$ 11.074.600,18
2.1.1	SKID ULTRAFILTRAÇÃO / 252m³/h	2	R\$ 5.486.535,21	R\$ 10.973.070,42
2.1.2	CAIXA/POLIETILENO/FORTLEV/20M³	3	R\$ 7.948,84	R\$ 23.846,52
2.1.3	MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO 14" (350mm)/Flange DIN/Aço carbono com pintura epóxi/VAZÃO 1732m³/h	1	R\$ 14.700,00	R\$ 14.700,00
2.1.4	TUBO PVC-DEFOFO, P/ADUCAO E DISTRIB. DE AGUA, DIAM. NOMINAL250MM	200	R\$ 134,92	R\$ 26.983,24
2.1.5	BOMBA BI-PARTIDA RADIAL NL 100-200 Q=70/S/Hm=63,79 (bomba reserva para sucção)	1	R\$ 36.000,00	R\$ 36.000,00
2.2	BASE DA CONCRETO			R\$ 238.106,15
2.2.1	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO, INCLUSIVE RETIRADA DE ARVORE ENTRE 0,05 M E 0,15M DE DIAMETRO	500,0	R\$ 0,49	R\$ 245,81
2.2.2	ATERRO MECANIZADO COMPACTADO C/EMPRESTIMO	100,0	R\$ 62,38	R\$ 6.238,25
2.2.3	FORMA DE MAD. EM TABUAS DE PINHO DE 3ª P/MOLDAGEM DE PECAS DE CONCR. ARMADO, SERVINDO A MAD. 2 VEZES	28,1	R\$ 68,41	R\$ 1.921,09
2.2.4	ARMAÇAO DE ACO CA-60 DIAM.7,0 A 8,0MM - FORNECIMENTO / CORTE (C/ PERDA DE 10%) / DOBRA / COLOCACAO.	18.000,0	R\$ 8,08	R\$ 145.412,93
2.2.5	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	150,0	R\$ 561,92	R\$ 84.288,08
2.3	BACIA DE CONTENÇÃO PARA PRODUTOS QUÍMICOS			R\$ 3.679,26
2.3.1	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	1,6	R\$ 561,92	R\$ 895,33
2.3.2	FORMA DE MAD. EM TABUAS DE PINHO DE 3ª P/MOLDAGEM DE PECAS DE CONCR. ARMADO, SERVINDO A MAD. 2 VEZES	31,9	R\$ 68,41	R\$ 2.180,15
2.3.3	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS DEMAOS	31,9	R\$ 18,95	R\$ 603,79
2.4	CERCAMENTO			R\$ 26.158,68
2.4.1	PORTAO EM CHAPA DE FERRO E TELA, INCLUSIVE PINTURA E PILARES DE APOIO (PARA PEDESTRES)	1	R\$ 1.196,87	R\$ 1.196,87
2.4.2	ALAMBRADO EM TELA DE ARAME GALV. Nº14, MALHA LOSANGO, C/ALT.TOTAL DE 2,5CM ACIMA DO TER.	187,2	R\$ 101,83	R\$ 19.062,87
2.4.3	ALVENARIA DE TIJOLOS CERAMICOS FURADOS 10X10X20CM, ASSENTADOS COM ARG MASSA CIMENTO/AREIA 1:10 COM PREPARO MANUAL, ESP. PAREDE = 10CM, COM J UNTAS DE 12MM, CONSIDERANDO 9% DE PERDAS NOS TIJOLOS E 10% NA ARGAMASS A DE ASSENTAMENTO	37,44	R\$ 87,35	R\$ 3.270,34

<sup>4</sup> As quantidades e os preços unitários referente a captação de esgoto tratado estão apresentados em maiores detalhes no Anexo A.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
2.4.4	REBOCO PARA PAREDES INTERNAS, ARGAMASSA TRACO 1:2 (CAL E AREIA FINA PE NEIRADA), PREPARO MANUAL	74,88	R\$ 16,16	R\$ 1.209,84
2.4.5	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS DEMAOS	74,88	R\$ 18,95	R\$ 1.418,77
3.	RESERVATÓRIO			R\$ 5.068.708,90
3.1	MATERIAIS/EQUIPAMENTOS			R\$ 4.598.000,00
3.1.1	RESERVATÓRIO METÁLICO 9.000 m³ / CHAPAS DE AÇO CARBONO (ASTM-A36) /h=13,5 e D=30m	1,0	R\$ 4.598.000,00	R\$ 4.598.000,00
3.2	BASE DE CONCRETO			R\$ 470.708,90
3.2.1	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO, INCLUSIVE RETIRADA DE ARVORE ENTRE 0,05 M E 0,15M DE DIAMETRO	855,3	R\$ 0,49	R\$ 420,48
3.2.2	ATERRO MECANIZADO COMPACTADO C/EMPRESTIMO	171,1	R\$ 62,38	R\$ 10.671,13
3.2.3	FORMA DE MAD. EM TABUAS DE PINHO DE 3ª P/MOLDAGEM DE PECAS DE CONCR. ARMADO, SERVINDO A MAD. 2 VEZES	62,2	R\$ 68,41	R\$ 4.255,64
3.2.4	ARMAÇÃO DE AÇO CA-60 DIAM.7,0 A 8,0MM - FORNECIMENTO / CORTE (C/ PERDA DE 10%) / DOBRA / COLOCACAO.	30.790,7	R\$ 8,08	R\$ 248.742,95
3.2.5	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	256,6	R\$ 561,92	R\$ 144.182,95
3.2.6	IMPERMEABILIZACAO DE LAJE COM ASFALTO ELASTOMERICO, INCLUSO PRIMER E V EU DE POLIESTER.	855,3	R\$ 73,00	R\$ 62.435,75
4.	ADUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO <sup>5</sup>			R\$ 8.651.872,53
4.1	ELEVATÓRIA DE ÁGUA DE REÚSO			R\$ 1.280.249,68
4.1.1	MOVIMENTO DE TERRA, CARGA, TRANSPORTE E BOTA FORA			R\$ 42.474,66
4.1.2	SERVIÇOS ADICIONAIS			R\$ 29.150,65
4.1.3	EXECUÇÃO DA ELEVATÓRIA - SERVIÇOS E MATERIAIS			R\$ 1.118.524,71
4.1.4	URBANIZAÇÃO			R\$ 90.099,66
4.2	LINHA DE RECALQUE DE ÁGUA DE REÚSO			R\$ 7.371.622,85
4.2.1	MOVIMENTO DE TERRA, CARGA, TRANSPORTE E BOTA FORA			R\$ 1.335.009,91
4.2.2	SERVIÇOS ADICIONAIS			R\$ 2.892.867,54
4.2.3	EXECUÇÃO DO RECALQUE - SERVIÇOS E MATERIAIS			R\$ 2.743.626,39
4.2.4	URBANIZAÇÃO			R\$ 400.119,01
5.	CABINE DE MEDIÇÃO			R\$ 19.514,28
5.1	MATERIAIS/EQUIPAMENTOS			R\$ 14.700,00
5.1.1	MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO 14" (350mm)/Flange DIN/Aço carbono com pintura epóxi/VAZÃO 1732m³/h	1	R\$ 14.700,00	R\$ 14.700,00
5.2	OBRA CIVIL			R\$ 4.814,28
5.2.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA TERRENOS C/EQUIP MECAN(TRATOR:1000M2/H)	12	R\$ 0,31	R\$ 3,67
5.2.2	ATERRO MECANIZADO COMPACTADO C/EMPRESTIMO	2,4	R\$ 62,38	R\$ 149,72
5.2.3	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	1,8	R\$ 561,92	R\$ 1.011,46
5.2.4	PORTAO EM CHAPA DE FERRO E TELA, INCLUSIVE PINTURA E PILARES DE APOIO (PARA PEDESTRES)	1	R\$ 1.196,87	R\$ 1.196,87

<sup>5</sup> As quantidades e os preços unitários referente a adução de água de reúso estão apresentados em maiores detalhes no Anexo B.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
5.2.5	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO VEDACAO 9X19X39CM, ESPESSURA 9CM, ASSE NTADOS COM ARGAMASSA TRACO 1:0,5:11 (CIMENTO, CAL E AREIA)	16	R\$ 48,30	R\$ 772,77
5.2.6	LAJE PRE-MOLDADA P/FORRO, SOBRECARGA 100KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C /LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 3CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO ( REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	6	R\$ 92,74	R\$ 556,46
5.2.7	REBOCO PARA PAREDES INTERNAS, ARGAMASSA TRACO 1:2 (CAL E AREIA FINA PE NEIRADA), PREPARO MANUAL	32	R\$ 16,16	R\$ 517,02
5.2.8	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS DEMAOS	32	R\$ 18,95	R\$ 606,31
SUB TOTAL SEM BDI		Custo total serviços		R\$ 6.227.486,17
		Custo total materiais		R\$ 19.549.451,28
				<b>R\$ 25.776.937,45</b>
TOTAL COM BDI		30,0%	Serviços	R\$ 8.095.732,03
		12,0%	Materiais	R\$ 21.895.385,43
				<b>R\$ 29.991.117,46</b>

### ANEXO D – CAPEX Detalhado da ETAR de Sepetiba – Cenário 1 e Cenário 2.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
				QUANTIDADE	PREÇO TOTAL	QUANTIDADE	PREÇO TOTAL
<b>1</b>	<b>ETAR</b>						
<b>1.1</b>	<b>MATERIAIS/EQUIPAMENTOS</b>				<b>R\$ 120.529,41</b>		<b>R\$ 136.427,09</b>
1.1.1	SKID F. BAG/UV - 10m³/h	un.	R\$ 58.998,45	1,0	R\$ 58.998,45	1,0	R\$ 58.998,45
1.1.2	RESERVATORIO POLIETILENO 20m³	un.	R\$ 7.948,84	1,0	R\$ 7.948,84	3,0	R\$ 23.846,52
1.1.3	RESERVATORIO HIPOCLORITO DE SODIO 20m³	un.	R\$ 7.948,84	1,0	R\$ 7.948,84	1,0	R\$ 7.948,84
1.1.4	TUBO PVC ESGOTO SERIE R DN 150MM C/ ANEL DE BORRACHA - FORNECIMENTO E INSTALACAO	m	R\$ 83,27	100,0	R\$ 8.326,96	100,0	R\$ 8.326,96
1.1.5	TUBO PVC SOLDAVEL AGUA FRIA DN 32MM, INCLUSIVE CONEXOES - FORNECIMENTO E INSTALACAO	m	R\$ 27,76	25,0	R\$ 693,91	25,0	R\$ 693,91
1.1.6	TUBO PVC SOLDAVEL AGUA FRIA DN 50MM, INCLUSIVE CONEXOES - FORNECIMENTO E INSTALACAO	m	R\$ 39,06	25,0	R\$ 976,59	25,0	R\$ 976,59
1.1.7	TE DE PVC SOLDAVEL AGUA FRIA 32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	un.	R\$ 9,74	4,0	R\$ 38,96	4,0	R\$ 38,96
1.1.8	TE DE PVC SOLDAVEL AGUA FRIA 50MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	un.	R\$ 17,82	4,0	R\$ 71,27	4,0	R\$ 71,27
1.1.9	JOELHO PVC SOLDAVEL 90º AGUA FRIA 32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	un.	R\$ 8,09	4,0	R\$ 32,37	4,0	R\$ 32,37
1.1.10	JOELHO PVC SOLDAVEL 90º AGUA FRIA 50MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	un.	R\$ 13,55	4,0	R\$ 54,21	4,0	R\$ 54,21
1.1.11	VÁLVULA DE RETENÇÃO VERTICAL Ø 32MM (1.1/4") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	un.	R\$ 89,13	4,0	R\$ 356,52	4,0	R\$ 356,52
1.1.12	VÁLVULA DE RETENÇÃO VERTICAL Ø 50MM (2") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	un.	R\$ 137,71	4,0	R\$ 550,83	4,0	R\$ 550,83
1.1.13	REGISTRO DE GAVETA EM BRONZE C/DIAM. DE 1.1/4".FORNECIMENTO E COLOCACAO.	un.	R\$ 75,04	4,0	R\$ 300,18	4,0	R\$ 300,18
1.1.14	REGISTRO DE GAVETA EM BRONZE C/DIAM. DE 2".FORNECIMENTO E COLOCACAO.	un.	R\$ 110,93	4,0	R\$ 443,73	4,0	R\$ 443,73
1.1.15	BOMBA PARA ENCHER CAMINHÃO WEQ W22Plus	un.	R\$ 15.000,00	2,0	R\$ 30.000,00	2,0	R\$ 30.000,00
1.1.16	MEDIDOR DE VAZAO ULTRASSONICO OCTAVE Q3 40m³/h/ DN50	un.	R\$ 3.396,19	1,0	R\$ 3.396,19	1,0	R\$ 3.396,19
1.1.17	ESCADA TIPO MARINHEIRO EM ACO CA-50 12,5", INCLUSO PINTURA COM FUNDO ANTI-OXIDANTE	M	R\$ 63,57	6,0	R\$ 381,39	6,0	R\$ 381,39
1.1.18	PLATAFORMA OU PASSARELA DE MADEIRA DE 1ª, C/APROVEIT.DA MAD.20 VEZES, EXCL. ANDAIME OU OUTRO SUPORTE E MOV.	M2	R\$ 2,26	4,5	R\$ 10,16	4,5	R\$ 10,16
<b>1.2</b>	<b>BASE DA ETA</b>				<b>R\$ 45.538,54</b>		<b>R\$ 65.424,67</b>
1.2.1	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO, INCLUSIVE RETIRADA DE ARVORE ENTRE 0,05 M E 0,15M DE DIAMETRO	M2	R\$ 0,49	94,7	R\$ 46,56	136,4	R\$ 67,06
1.2.2	ATERRO MECANIZADO COMPACTADO C/EMPRESTIMO	M3	R\$ 62,38	18,9	R\$ 1.181,61	27,3	R\$ 1.701,79
1.2.3	FORMA DE MAD. EM TABUAS DE PINHO DE 3ª P/MOLDAGEM DE PECAS DE CONCR. ARMADO, SERVINDO A MAD. 2 VEZES	M2	R\$ 68,41	11,7	R\$ 801,68	14,5	R\$ 993,38
1.2.4	ARMAÇAO DE ACO CA-60 DIAM.7,0 A 8,0MM - FORNECIMENTO / CORTE (C/ PERDA DE 10%) / DOBRA / COLOCACAO.	KG	R\$ 8,08	3409,5	R\$ 27.543,30	4910,4	R\$ 39.668,65

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
				QUANTIDADE	PREÇO TOTAL	QUANTIDADE	PREÇO TOTAL
1.2.5	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	M3	R\$ 561,92	28,4	R\$ 15.965,38	40,9	R\$ 22.993,79
<b>1.3</b>	<b>BACIA DE CONTENÇÃO PARA HIPOCLORITO DE SÓDIO</b>				<b>R\$ 1.059,90</b>		<b>R\$ 1.059,90</b>
1.3.1	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE COLOCACAO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO MECANICO.	M3	R\$ 561,92	0,5	R\$ 257,92	0,5	R\$ 257,92
1.3.2	FORMA DE MAD. EM TABUAS DE PINHO DE 3ª P/MOLDAGEM DE PECAS DE CONCR. ARMADO, SERVINDO A MAD. 2 VEZES	M2	R\$ 68,41	9,2	R\$ 628,05	9,2	R\$ 628,05
1.3.3	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS DEMAOS	M2	R\$ 18,95	9,2	R\$ 173,94	9,2	R\$ 173,94
<b>1.4</b>	<b>CASA PARA O SKID</b>				<b>R\$ 9.091,11</b>		<b>R\$ 9.091,11</b>
1.4.1	VIDRO TEMPERADO INCOLOR, ESPESSURA 10MM, FORNECIMENTO E INSTALACAO, IN CLUSIVE MASSA PARA VEDACAO	M2	R\$ 296,13	30,7	R\$ 9.091,11	30,7	R\$ 9.091,11
<b>1.5</b>	<b>CERCAMENTO</b>				<b>R\$ 20.543,37</b>		<b>R\$ 25.169,49</b>
1.5.1	PORTAO EM CHAPA DE FERRO E TELA, INCLUSIVE PINTURA E PILARES DE APOIO (PARA PEDESTRES)	UN	R\$ 1.196,87	1,0	R\$ 1.196,87	1,0	R\$ 1.196,87
1.5.2	ALAMBRADO EM TELA DE ARAME GALV. Nº14, MALHA LOSANGO, C/ALT.TOTAL DE 2,5CM ACIMA DO TER.	M2	R\$ 216,14	78,1	R\$ 16.884,83	96,8	R\$ 20.922,32
1.5.3	ALVENARIA DE TIJOLOS CERAMICOS FURADOS 10X10X20CM, ASSENTADOS COM ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:10 COM PREPARO MANUAL, ESP. PAREDE = 10CM, COM JUNTAS DE 12MM, CONSIDERANDO 9% DE PERDAS NOS TIJOLOS E 10% NA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	M2	R\$ 87,35	15,6	R\$ 1.364,74	19,4	R\$ 1.691,07
1.5.4	REBOCO PARA PAREDES INTERNAS, ARGAMASSA TRACO 1:2 (CAL E AREIA FINA PE NEIRADA), PREPARO MANUAL	M2	R\$ 16,16	31,2	R\$ 504,87	38,7	R\$ 625,60
1.5.5	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS DEMAOS	M2	R\$ 18,95	31,2	R\$ 592,06	38,7	R\$ 733,64
<b>1.6</b>	<b>INSTALAÇÃO</b>				<b>R\$ 7.300,00</b>		<b>R\$ 7.300,00</b>
1.6.1	INSTALAÇÃO SKID	dias	R\$ 1.250,00	2,0	R\$ 2.500,00	2,0	R\$ 2.500,00
1.6.2	HOSPEDAGEM/ALIMENTAÇÃO/DESLOCAMENTO DOS TECNICOS	pessoas	R\$ 2.400,00	2,0	R\$ 4.800,00	2,0	R\$ 4.800,00
<b>SUB TOTAL SEM BDI</b>		Custo total serviços		R\$ 83.532,92		R\$ 108.045,17	
		Custo total materiais		R\$ 120.529,41		R\$ 136.427,09	
				<b>R\$ 204.062,33</b>		<b>R\$ 244.472,26</b>	
<b>TOTAL COM BDI</b>		30,0%	Serviços	R\$ 108.592,80		R\$ 140.458,72	
		12,0%	Materiais	R\$ 134.992,94		R\$ 152.798,34	
				<b>R\$ 243.585,73</b>		<b>R\$ 293.257,06</b>	



## ANEXO E – Análise de Investimentos da ETAR de Santa Cruz (2017-2042)

DESCRIÇÃO	TOTAL	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	<b>1.531.228.419</b>		<b>16.407.664</b>	<b>17.884.353</b>	<b>19.493.945</b>	<b>21.248.400</b>	<b>23.160.756</b>	<b>25.245.224</b>	<b>27.517.294</b>	<b>29.993.851</b>
Volume de Água (m3)	<b>90.192.960</b>		<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>
RECEITA PELO TRATAMENTO	2.041.637.892		21.876.885	23.845.804	25.991.927	28.331.200	30.881.008	33.660.299	36.689.726	39.991.801
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	<b>-510.409.473</b>		-5.469.221	-5.961.451	-6.497.982	-7.082.800	-7.720.252	-8.415.075	-9.172.431	-9.997.950
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	<b>-218.200.050</b>		<b>-2.338.092</b>	<b>-2.548.520</b>	<b>-2.777.887</b>	<b>-3.027.897</b>	<b>-3.300.408</b>	<b>-3.597.444</b>	<b>-3.921.214</b>	<b>-4.274.124</b>
PIS	<b>-25.265.269</b>		-270.726	-295.092	-321.650	-350.599	-382.152	-416.546	-454.035	-494.899
COFINS	<b>-116.373.360</b>		-1.246.982	-1.359.211	-1.481.540	-1.614.878	-1.760.217	-1.918.637	-2.091.314	-2.279.533
ISS	<b>-76.561.421</b>		-820.383	-894.218	-974.697	-1.062.420	-1.158.038	-1.262.261	-1.375.865	-1.499.693
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	<b>1.313.028.369</b>		<b>14.069.572</b>	<b>15.335.833</b>	<b>16.716.058</b>	<b>18.220.503</b>	<b>19.860.348</b>	<b>21.647.780</b>	<b>23.596.080</b>	<b>25.719.727</b>
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	<b>-907.529.503</b>		<b>-9.262.571</b>	<b>-10.116.848</b>	<b>-11.050.693</b>	<b>-12.071.616</b>	<b>-13.187.850</b>	<b>-14.408.417</b>	<b>-15.743.212</b>	<b>-17.203.082</b>
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	<b>-39.666.423</b>		-425.040	-463.294	-504.990	-550.439	-599.979	-653.977	-712.835	-776.990
INSUMOS	<b>-867.863.080</b>		-8.837.531	-9.653.554	-10.545.702	-11.521.177	-12.587.871	-13.754.441	-15.030.377	-16.426.092
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>405.498.866</b>		<b>4.807.000</b>	<b>5.218.985</b>	<b>5.665.365</b>	<b>6.148.887</b>	<b>6.672.498</b>	<b>7.239.363</b>	<b>7.852.868</b>	<b>8.516.645</b>
<b>DEPRECIÇÃO</b>	<b>-29.991.117</b>		<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>375.507.749</b>		<b>3.653.496</b>	<b>4.065.481</b>	<b>4.511.861</b>	<b>4.995.382</b>	<b>5.518.994</b>	<b>6.085.858</b>	<b>6.699.364</b>	<b>7.363.141</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-127.048.635</b>		<b>-1.218.189</b>	<b>-1.358.263</b>	<b>-1.510.033</b>	<b>-1.674.430</b>	<b>-1.852.458</b>	<b>-2.045.192</b>	<b>-2.253.784</b>	<b>-2.479.468</b>
IMPOSTO DE RENDA	<b>-93.252.937</b>		-889.374	-992.370	-1.103.965	-1.224.846	-1.355.748	-1.497.465	-1.650.841	-1.816.785
CSLL	<b>-33.795.697</b>		-328.815	-365.893	-406.067	-449.584	-496.709	-547.727	-602.943	-662.683
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>248.459.114</b>		<b>2.435.307</b>	<b>2.707.217</b>	<b>3.001.828</b>	<b>3.320.952</b>	<b>3.666.536</b>	<b>4.040.666</b>	<b>4.445.580</b>	<b>4.883.673</b>
<b>RENTABILIDADE</b>	<b>16%</b>		<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>										
<b>HISTÓRICO</b>		<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>			<b>4.807.000</b>	<b>5.218.985</b>	<b>5.665.365</b>	<b>6.148.887</b>	<b>6.672.498</b>	<b>7.239.363</b>	<b>7.852.868</b>	<b>8.516.645</b>
<b>INVESTIMENTOS</b>		<b>-29.991.117</b>								
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>		<b>-29.991.117</b>	<b>4.807.000</b>	<b>5.218.985</b>	<b>5.665.365</b>	<b>6.148.887</b>	<b>6.672.498</b>	<b>7.239.363</b>	<b>7.852.868</b>	<b>8.516.645</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>			<b>-1.218.189</b>	<b>-1.358.263</b>	<b>-1.510.033</b>	<b>-1.674.430</b>	<b>-1.852.458</b>	<b>-2.045.192</b>	<b>-2.253.784</b>	<b>-2.479.468</b>
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>		<b>-29.991.117</b>	<b>3.588.812</b>	<b>3.860.722</b>	<b>4.155.333</b>	<b>4.474.457</b>	<b>4.820.041</b>	<b>5.194.171</b>	<b>5.599.085</b>	<b>6.037.177</b>
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	26	ANOS	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505

DESCRIPTIVO	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	<b>32.693.298</b>	<b>35.635.694</b>	<b>38.842.907</b>	<b>42.338.768</b>	<b>46.149.258</b>	<b>50.302.691</b>	<b>54.829.933</b>	<b>59.764.627</b>	<b>65.143.443</b>
Volume de Água (m3)	3.468.960	3.468.960	3.468.960	3.468.960	3.468.960	3.468.960	3.468.960	3.468.960	3.468.960
RECEITA PELO TRATAMENTO	43.591.063	47.514.259	51.790.542	56.451.691	61.532.343	67.070.254	73.106.577	79.686.169	86.857.924
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	-10.897.766	-11.878.565	-12.947.636	-14.112.923	-15.383.086	-16.767.564	-18.276.644	-19.921.542	-21.714.481
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	<b>-4.658.795</b>	<b>-5.078.086</b>	<b>-5.535.114</b>	<b>-6.033.274</b>	<b>-6.576.269</b>	<b>-7.168.133</b>	<b>-7.813.265</b>	<b>-8.516.459</b>	<b>-9.282.941</b>
PIS	-539.439	-587.989	-640.908	-698.590	-761.463	-829.994	-904.694	-986.116	-1.074.867
COFINS	-2.484.691	-2.708.313	-2.952.061	-3.217.746	-3.507.344	-3.823.004	-4.167.075	-4.542.112	-4.950.902
ISS	-1.634.665	-1.781.785	-1.942.145	-2.116.938	-2.307.463	-2.515.135	-2.741.497	-2.988.231	-3.257.172
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	<b>28.034.503</b>	<b>30.557.608</b>	<b>33.307.793</b>	<b>36.305.494</b>	<b>39.572.988</b>	<b>43.134.557</b>	<b>47.016.667</b>	<b>51.248.168</b>	<b>55.860.503</b>
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	<b>-18.799.929</b>	<b>-20.546.805</b>	<b>-22.458.035</b>	<b>-24.549.339</b>	<b>-26.837.970</b>	<b>-29.342.873</b>	<b>-32.084.850</b>	<b>-35.086.750</b>	<b>-38.373.676</b>
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	-846.919	-923.142	-1.006.224	-1.096.784	-1.195.495	-1.303.090	-1.420.368	-1.548.201	-1.687.539
INSUMOS	-17.953.010	-19.623.664	-21.451.811	-23.452.554	-25.642.475	-28.039.783	-30.664.482	-33.538.549	-36.686.137
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>9.234.574</b>	<b>10.010.803</b>	<b>10.849.757</b>	<b>11.756.155</b>	<b>12.735.018</b>	<b>13.791.685</b>	<b>14.931.818</b>	<b>16.161.418</b>	<b>17.486.827</b>
DEPRECIÇÃO	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>8.081.070</b>	<b>8.857.298</b>	<b>9.696.253</b>	<b>10.602.651</b>	<b>11.581.514</b>	<b>12.638.180</b>	<b>13.778.313</b>	<b>15.007.913</b>	<b>16.333.323</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-2.723.564</b>	<b>-2.987.481</b>	<b>-3.272.726</b>	<b>-3.580.901</b>	<b>-3.913.715</b>	<b>-4.272.981</b>	<b>-4.660.627</b>	<b>-5.078.690</b>	<b>-5.529.330</b>
IMPOSTO DE RENDA	-1.996.267	-2.190.325	-2.400.063	-2.626.663	-2.871.378	-3.135.545	-3.420.578	-3.727.978	-4.059.331
CSLL	-727.296	-797.157	-872.663	-954.239	-1.042.336	-1.137.436	-1.240.048	-1.350.712	-1.469.999
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>5.357.506</b>	<b>5.869.817</b>	<b>6.423.527</b>	<b>7.021.749</b>	<b>7.667.799</b>	<b>8.365.199</b>	<b>9.117.687</b>	<b>9.929.223</b>	<b>10.803.993</b>
<b>RENTABILIDADE</b>	<b>32.693.298</b>	<b>35.635.694</b>	<b>38.842.907</b>	<b>42.338.768</b>	<b>46.149.258</b>	<b>50.302.691</b>	<b>54.829.933</b>	<b>59.764.627</b>	<b>65.143.443</b>
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>									
HISTÓRICO	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>9.234.574</b>	<b>10.010.803</b>	<b>10.849.757</b>	<b>11.756.155</b>	<b>12.735.018</b>	<b>13.791.685</b>	<b>14.931.818</b>	<b>16.161.418</b>	<b>17.486.827</b>
<b>INVESTIMENTOS</b>									
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>9.234.574</b>	<b>10.010.803</b>	<b>10.849.757</b>	<b>11.756.155</b>	<b>12.735.018</b>	<b>13.791.685</b>	<b>14.931.818</b>	<b>16.161.418</b>	<b>17.486.827</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-2.723.564</b>	<b>-2.987.481</b>	<b>-3.272.726</b>	<b>-3.580.901</b>	<b>-3.913.715</b>	<b>-4.272.981</b>	<b>-4.660.627</b>	<b>-5.078.690</b>	<b>-5.529.330</b>
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>6.511.010</b>	<b>7.023.321</b>	<b>7.577.031</b>	<b>8.175.254</b>	<b>8.821.304</b>	<b>9.518.703</b>	<b>10.271.191</b>	<b>11.082.727</b>	<b>11.957.497</b>
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505	-1.153.505

DESCRIPTIVO	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	<b>71.006.353</b>	<b>77.396.925</b>	<b>84.362.648</b>	<b>91.955.287</b>	<b>100.231.262</b>	<b>109.252.076</b>	<b>119.084.763</b>	<b>129.802.391</b>	<b>141.484.607</b>
Volume de Água (m3)	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>	<b>3.468.960</b>
RECEITA PELO TRATAMENTO	94.675.138	103.195.900	112.483.531	122.607.049	133.641.683	145.669.435	158.779.684	173.069.855	188.646.142
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	-23.668.784	-25.798.975	-28.120.883	-30.651.762	-33.410.421	-36.417.359	-39.694.921	-43.267.464	-47.161.536
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	<b>-10.118.405</b>	<b>-11.029.062</b>	<b>-12.021.677</b>	<b>-13.103.628</b>	<b>-14.282.955</b>	<b>-15.568.421</b>	<b>-16.969.579</b>	<b>-18.496.841</b>	<b>-20.161.556</b>
PIS	-1.171.605	-1.277.049	-1.391.984	-1.517.262	-1.653.816	-1.802.659	-1.964.899	-2.141.739	-2.334.496
COFINS	-5.396.483	-5.882.166	-6.411.561	-6.988.602	-7.617.576	-8.303.158	-9.050.442	-9.864.982	-10.752.830
ISS	-3.550.318	-3.869.846	-4.218.132	-4.597.764	-5.011.563	-5.462.604	-5.954.238	-6.490.120	-7.074.230
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	<b>60.887.948</b>	<b>66.367.863</b>	<b>72.340.971</b>	<b>78.851.658</b>	<b>85.948.307</b>	<b>93.683.655</b>	<b>102.115.184</b>	<b>111.305.551</b>	<b>121.323.050</b>
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	<b>-41.973.210</b>	<b>-45.915.670</b>	<b>-50.234.384</b>	<b>-54.966.003</b>	<b>-60.150.835</b>	<b>-65.833.228</b>	<b>-72.061.982</b>	<b>-78.890.814</b>	<b>-86.378.864</b>
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	-1.839.417	-2.004.965	-2.185.412	-2.382.099	-2.596.488	-2.830.172	-3.084.887	-3.362.527	-3.665.154
INSUMOS	-40.133.793	-43.910.705	-48.048.973	-52.583.904	-57.554.347	-63.003.056	-68.977.095	-75.528.287	-82.713.710
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>18.914.738</b>	<b>20.452.193</b>	<b>22.106.587</b>	<b>23.885.656</b>	<b>25.797.473</b>	<b>27.850.427</b>	<b>30.053.202</b>	<b>32.414.736</b>	<b>34.944.186</b>
<b>DEPRECIÇÃO</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>17.761.233</b>	<b>19.298.689</b>	<b>20.953.082</b>	<b>22.732.151</b>	<b>24.643.968</b>	<b>26.696.923</b>	<b>28.899.697</b>	<b>31.261.232</b>	<b>33.790.682</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-6.014.819</b>	<b>-6.537.554</b>	<b>-7.100.048</b>	<b>-7.704.931</b>	<b>-8.354.949</b>	<b>-9.052.954</b>	<b>-9.801.897</b>	<b>-10.604.819</b>	<b>-11.464.832</b>
IMPOSTO DE RENDA	-4.416.308	-4.800.672	-5.214.271	-5.659.038	-6.136.992	-6.650.231	-7.200.924	-7.791.308	-8.423.670
CSLL	-1.598.511	-1.736.882	-1.885.777	-2.045.894	-2.217.957	-2.402.723	-2.600.973	-2.813.511	-3.041.161
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>11.746.414</b>	<b>12.761.135</b>	<b>13.853.034</b>	<b>15.027.220</b>	<b>16.289.019</b>	<b>17.643.969</b>	<b>19.097.800</b>	<b>20.656.413</b>	<b>22.325.850</b>
<b>RENTABILIDADE</b>	<b>17%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>									
<b>HISTÓRICO</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2039</b>	<b>2040</b>	<b>2041</b>	<b>2042</b>
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>18.914.738</b>	<b>20.452.193</b>	<b>22.106.587</b>	<b>23.885.656</b>	<b>25.797.473</b>	<b>27.850.427</b>	<b>30.053.202</b>	<b>32.414.736</b>	<b>34.944.186</b>
<b>INVESTIMENTOS</b>									
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	<b>18.914.738</b>	<b>20.452.193</b>	<b>22.106.587</b>	<b>23.885.656</b>	<b>25.797.473</b>	<b>27.850.427</b>	<b>30.053.202</b>	<b>32.414.736</b>	<b>34.944.186</b>
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	<b>-6.014.819</b>	<b>-6.537.554</b>	<b>-7.100.048</b>	<b>-7.704.931</b>	<b>-8.354.949</b>	<b>-9.052.954</b>	<b>-9.801.897</b>	<b>-10.604.819</b>	<b>-11.464.832</b>
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	<b>12.899.919</b>	<b>13.914.639</b>	<b>15.006.539</b>	<b>16.180.724</b>	<b>17.442.524</b>	<b>18.797.474</b>	<b>20.251.305</b>	<b>21.809.918</b>	<b>23.479.355</b>
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>	<b>-1.153.505</b>

## ANEXO F – Análise de Investimentos da ETAR de Deodoro e Santa Cruz (2017-2042)

DESCRIPTIVO	TOTAL	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	6.108.159		185.077	201.734	219.890	239.680	261.251	284.763	310.392	338.327
<b>Volume de Água (m3)</b>	733.824		45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864
RECEITA PELO TRATAMENTO	8.144.211		246.769	268.978	293.186	319.573	348.334	379.684	413.856	451.103
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	-2.036.053		-61.692	-67.245	-73.297	-79.893	-87.084	-94.921	-103.464	-112.776
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	-870.413		-26.373	-28.747	-31.334	-34.154	-37.228	-40.579	-44.231	-48.212
PIS	-100.785		-3.054	-3.329	-3.628	-3.955	-4.311	-4.699	-5.121	-5.582
COFINS	-464.220		-14.066	-15.332	-16.712	-18.216	-19.855	-21.642	-23.590	-25.713
ISS	-305.408		-9.254	-10.087	-10.994	-11.984	-13.063	-14.238	-15.520	-16.916
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	5.237.746		158.703	172.987	188.555	205.525	224.023	244.185	266.161	290.116
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	-3.927.230		-120.740	-131.288	-142.780	-155.304	-168.954	-183.834	-200.058	-217.749
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	-2.003.966		-60.720	-66.185	-72.141	-78.634	-85.711	-93.425	-101.834	-110.999
INSUMOS (ENERGIA)	-1.923.263		-60.020	-65.103	-70.639	-76.670	-83.243	-90.409	-98.224	-106.751
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	1.310.516		37.963	41.699	45.775	50.221	55.068	60.350	66.103	72.366
<b>DEPRECIÇÃO</b>	-223.227		-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	1.087.289		24.011	27.747	31.823	36.269	41.117	46.398	52.152	58.415
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	-260.949		-5.763	-6.659	-7.638	-8.705	-9.868	-11.136	-12.516	-14.020
IMPOSTO DE RENDA	-163.093		-3.602	-4.162	-4.773	-5.440	-6.167	-6.960	-7.823	-8.762
CSLL	-97.856		-2.161	-2.497	-2.864	-3.264	-3.700	-4.176	-4.694	-5.257
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	826.340		18.249	21.088	24.186	27.565	31.249	35.263	39.635	44.395
<b>RENTABILIDADE</b>	14%		10%	10%	11%	12%	12%	12%	13%	13%
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>										
<b>HISTÓRICO</b>		<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
RESULTADO OPERACIONAL BRUTO		0	37.963	41.699	45.775	50.221	55.068	60.350	66.103	72.366
INVESTIMENTOS		-362.744								
LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR		-362.744	37.963	41.699	45.775	50.221	55.068	60.350	66.103	72.366
IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL		0	-5.763	-6.659	-7.638	-8.705	-9.868	-11.136	-12.516	-14.020
RESULTADO LÍQUIDO		-362.744	32.200	35.039	38.137	41.516	45.200	49.215	53.587	58.347
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	26	Anos	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952

DESCRIÇÃO	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	368.777	401.967	438.144	477.577	520.559	567.409	618.476	674.138	734.811
<b>Volume de Água (m3)</b>	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864
RECEITA PELO TRATAMENTO	491.702	535.956	584.192	636.769	694.078	756.545	824.634	898.851	979.748
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	-122.926	-133.989	-146.048	-159.192	-173.520	-189.136	-206.159	-224.713	-244.937
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	-52.551	-57.280	-62.435	-68.055	-74.180	-80.856	-88.133	-96.065	-104.711
PIS	-6.085	-6.632	-7.229	-7.880	-8.589	-9.362	-10.205	-11.123	-12.124
COFINS	-28.027	-30.549	-33.299	-36.296	-39.562	-43.123	-47.004	-51.235	-55.846
ISS	-18.439	-20.098	-21.907	-23.879	-26.028	-28.370	-30.924	-33.707	-36.741
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	316.226	344.686	375.708	409.522	446.379	486.553	530.343	578.074	630.100
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	-237.044	-258.092	-281.056	-306.115	-333.465	-363.320	-395.916	-431.511	-470.389
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	-120.988	-131.877	-143.746	-156.683	-170.785	-186.156	-202.910	-221.172	-241.077
INSUMOS (ENERGIA)	-116.056	-126.215	-137.310	-149.432	-162.680	-177.164	-193.006	-210.340	-229.312
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	79.182	86.594	94.652	103.407	112.914	123.233	134.427	146.563	159.712
<b>DEPRECIÇÃO</b>	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	65.230	72.642	80.700	89.455	98.962	109.281	120.475	132.611	145.760
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	-15.655	-17.434	-19.368	-21.469	-23.751	-26.228	-28.914	-31.827	-34.982
IMPOSTO DE RENDA	-9.784	-10.896	-12.105	-13.418	-14.844	-16.392	-18.071	-19.892	-21.864
CSLL	-5.871	-6.538	-7.263	-8.051	-8.907	-9.835	-10.843	-11.935	-13.118
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	49.575	55.208	61.332	67.986	75.211	83.054	91.561	100.784	110.778
<b>RENTABILIDADE</b>	13%	14%	14%	14%	14%	15%	15%	15%	15%
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>									
<b>HISTÓRICO</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	79.182	86.594	94.652	103.407	112.914	123.233	134.427	146.563	159.712
<b>INVESTIMENTOS</b>									
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	79.182	86.594	94.652	103.407	112.914	123.233	134.427	146.563	159.712
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	-15.655	-17.434	-19.368	-21.469	-23.751	-26.228	-28.914	-31.827	-34.982
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	63.526	69.160	75.284	81.938	89.163	97.006	105.513	114.736	124.729
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952

DESCRIPTIVO	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	800.944	873.029	951.601	1.037.246	1.130.598	1.232.351	1.343.263	1.464.157	1.595.931
<b>Volume de Água (m3)</b>	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864	45.864
RECEITA PELO TRATAMENTO	1.067.925	1.164.038	1.268.802	1.382.994	1.507.464	1.643.135	1.791.017	1.952.209	2.127.908
DESCONTO 25% PODER CONCEDENTE	-266.981	-291.010	-317.200	-345.749	-376.866	-410.784	-447.754	-488.052	-531.977
<b>DEDUÇÕES DAS RECEITAS</b>	-114.135	-124.407	-135.603	-147.807	-161.110	-175.610	-191.415	-208.642	-227.420
PIS	-13.216	-14.405	-15.701	-17.115	-18.655	-20.334	-22.164	-24.159	-26.333
COFINS	-60.872	-66.350	-72.322	-78.831	-85.925	-93.659	-102.088	-111.276	-121.291
ISS	-40.047	-43.651	-47.580	-51.862	-56.530	-61.618	-67.163	-73.208	-79.797
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	686.809	748.622	815.998	889.438	969.488	1.056.741	1.151.848	1.255.514	1.368.511
<b>CUSTO DE EXPLORAÇÃO</b>	-512.859	-559.263	-609.975	-665.406	-726.006	-792.272	-864.748	-944.032	-1.030.783
SALÁRIOS, ENCARGOS E BENEFÍCIOS	-262.774	-286.424	-312.202	-340.300	-370.927	-404.310	-440.698	-480.361	-523.593
INSUMOS (ENERGIA)	-250.085	-272.839	-297.773	-325.106	-355.080	-387.962	-424.050	-463.671	-507.189
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	173.951	189.359	206.023	224.032	243.481	264.469	287.100	311.482	337.728
<b>DEPRECIÇÃO</b>	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	159.999	175.408	192.072	210.081	229.529	250.517	273.148	297.530	323.776
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	-38.400	-42.098	-46.097	-50.419	-55.087	-61.176	-68.870	-77.160	-86.084
IMPOSTO DE RENDA	-24.000	-26.311	-28.811	-31.512	-34.429	-38.629	-44.287	-50.383	-56.944
CSLL	-14.400	-15.787	-17.286	-18.907	-20.658	-22.547	-24.583	-26.778	-29.140
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	121.599	133.310	145.974	159.661	174.442	189.341	204.278	220.370	237.692
<b>RENTABILIDADE</b>	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>									
<b>HISTÓRICO</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2039</b>	<b>2040</b>	<b>2041</b>	<b>2042</b>
<b>RESULTADO OPERACIONAL BRUTO</b>	173.951	189.359	206.023	224.032	243.481	264.469	287.100	311.482	337.728
<b>INVESTIMENTOS</b>									
<b>LUCRO LÍQUIDO ANTES DO IR</b>	173.951	189.359	206.023	224.032	243.481	264.469	287.100	311.482	337.728
<b>IMPOSTO DE RENDA E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL</b>	-38.400	-42.098	-46.097	-50.419	-55.087	-61.176	-68.870	-77.160	-86.084
<b>RESULTADO LÍQUIDO</b>	135.551	147.261	159.926	173.613	188.394	203.293	218.229	234.322	251.644
<b>TABELA DE DEPRECIÇÃO</b>	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952	-13.952

