

Projeto: PPP para Esgotamento sanitário de Cariacica, Espírito Santo

SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA: Município de Cariacica/ES

Revisão	Data	Responsável	Descrição
0	31/05/2016	LFL	Emissão Inicial
1	22/06/2016	LFL	Revisão Geral
2	31/10/2017	CESAN	Revisão Geral
3	28/05/2018	CESAN	Revisão Geral
4	16/08/2018	CESAN	Revisão Geral

Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN

**Sistema de Esgotamento Sanitário do Município
de Cariacica**

Região Metropolitana da Grande Vitória/ES

SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA

AGOSTO/2018

Nº CESAN:	
Verificação CESAN	

Sumário

1.	Condicionantes da Solução	8
1.1.	Condicionantes Técnicas	8
1.2.	Condicionantes Ambientais	11
1.3.	Condicionantes Econômicas	12
2.	Diagnóstico do Esgotamento Sanitário	13
2.1.	Rede Coletora	15
2.1.1.	Cariacica	15
2.2.	Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB)	16
2.2.1.	Sistema Bandeirantes	16
2.2.2.	Sistema Flexal	18
2.2.3.	Sistema Mocambo	19
2.2.4.	Sistema Nova Rosa da Penha	19
2.2.5.	Sistema Padre Gabriel	19
2.2.6.	Sistema Vila Oásis	20
2.3.	Estações de Tratamento	20
2.3.1.	Cariacica	20
2.3.1.1.	Sistema Bandeirantes	20
2.3.1.2.	Sistema Cariacica Sede	22
2.3.1.3.	Sistema Flexal	23
2.3.1.4.	Sistema Mocambo	25
2.3.1.5.	Sistema Nova Rosa da Penha	25
2.3.1.6.	Sistema Padre Gabriel	27
2.3.1.7.	Sistema Vilas Oásis	27
2.4.	Corpos Receptores	28
3.	Definição dos Parâmetros do Sistema	30
3.1.	População de Projeto	30
3.1.1.	Resumo da População de Projeto (População Urbana Residente e Flutuante)	30
3.1.2.	População Coberta	32
3.2.	Parâmetros de Definição da Vazão	33
3.2.1.	Período de Projeto	33
3.2.2.	Consumo “per capita”	33
3.2.3.	Coeficiente de Variação de Vazão	33
3.2.4.	Coeficiente de Retorno	34
3.2.5.	Coeficiente de Infiltração	34
3.3.	Plano de Escoamento	34
3.3.1.	População por Sistema	37
3.3.2.	Esquemas das Proposições Sistêmicas	37
4.	Definição da Solução de Referência	39
4.1.	Definição das Tecnologias e Processos de Tratamento	39
4.2.	Descrição dos Processos dos Tratamentos Propostos	39
4.2.1.	UASB + FBP	39
4.2.2.	Lodos Ativados + Aeração Prolongada + Valo de Oxidação	41

4.2.3.	Dimensionamento dos módulos das ETEs	42
4.3.	Emissários	46
4.3.1.	Bandeirantes	46
4.3.2.	Flexal	47
4.3.3.	Pedreiras	48
5.	Critérios para Orçamentação da Solução de Referência	49
5.1.	Custos Unitários das Obras	49
5.2.	Definição da Área de Planejamento	50
5.3.	Projeção das Demandas Futuras	50
5.3.1.	Cobertura e adesão	51
5.3.1.1.	Sistemas de Coleta	51
5.3.1.2.	Estações de Tratamento – Premissas do Estudo	53
5.4.	Estimativa Orçamentária - ETE	54
6.	Resumo CAPEX	55
7.	Volumes Coletados e Tratados	57
8.	Despesas de Exploração	59
8.1.	Instalações de Esgoto Consideradas	59
8.2.	Custos Unitários	59
8.2.1.	Custos de Operação das Estações Elevatórias de Rede e Elevatórias de Reversão	60
8.2.2.	Custos de Energia Elétrica Utilizada Nas Estações de Tratamento de Esgoto	60
8.2.3.	Disposição Final de Lodo das ETEs	60
8.2.4.	Custo de Produtos Químicos	60
8.2.5.	Monitoramento	60
8.2.6.	Pessoal	60
8.2.7.	Materiais de Manutenção	66
8.2.8.	Serviços Gerais	66
8.3.	Resultados	66

Lista de Figuras

Figura 1: Sistemas de esgotamento sanitário de Cariacica	14
Figura 2: EEEB CC 01	16
Figura 3: EEEB Vale Esperança.....	16
Figura 4: EEEB Itaquari.....	17
Figura 5: EEEB Jardim América.....	17
Figura 6: EEEB Jardim Alah H-H	17
Figura 7: EEEB Jardim Alah II H-H.....	17
Figura 8: EEEB São Francisco	17
Figura 9: EEEB Sotelândia.....	17
Figura 10: EEEB Nova América.....	18
Figura 11: EEEB Campo Grande	18
Figura 12: EEEB Jardim Botânico	18
Figura 13: EEEB Jardim Botânico II	18
Figura 14: EEEB Campo	19
Figura 15: EEEB Porto Belo.....	19
Figura 16: Esquema da ETE Bandeirantes.....	21
Figura 17: Tratamento preliminar - gradeamento.....	22
Figura 18: Tratamento preliminar – grade fina.....	22
Figura 19: Tratamento preliminar: caixa de areia, desarenadores e rosca transportadora.....	22
Figura 20: Início do tratamento: tanque anóxico (entrada submersa)	22
Figura 21: Digestor	22
Figura 22: Adensador.....	22
Figura 23: Disposição Operacional da ETE Flexal	24
Figura 24: ETE Flexal	24
Figura 25: ETE Mocambo.....	25
Figura 26: Disposição Operacional da ETE Nova Rosa da Penha.....	26
Figura 27: Calha Parshall e tratamento preliminar – Nova Rosa da Penha.....	26
Figura 28: Lagoa – ETE Nova Rosa da Penha	26
Figura 29: ETE Padre Gabriel.....	27
Figura 30: UASB – Vila Oásis.....	28
Figura 31: Delimitação do bairro Nova América.....	31
Figura 32: Situação futura do sistema de esgotamento sanitário do municípios de Cariacica	36
Figura 33: Proposição Sistemas.....	38
Figura 34: Representação esquemática de um filtro biológico percolador	40
Figura 35: Fluxograma do processo UASB + FBP	41
Figura 36: Localização da ETE Bandeirantes, do Córrego Campo Grande e do Rio Marinho.....	47
Figura 37: Localização da ETE Flexal e dos possíveis corpos receptores	48
Figura 38: Localização proposta da ETE Pedreiras em relação à Baía de Vitória.....	49

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Evolução das redes de coleta a implementar (Km)	52
Gráfico 2: Evolução das ligações a implementar	53
Gráfico 3: Evolução dos coletores tronco, recalque e emissário a implementar (Km)	53

Lista de Tabelas

Tabela 1: Extensão de redes por sistema.....	15
Tabela 2: Informações das Elevatórias do Sistema Bandeirantes.....	16
Tabela 3: Informações das Elevatórias do Sistema Flexal	18
Tabela 4: Informações das Elevatórias do Sistema Nova Rosa da Penha.....	19
Tabela 5: Informações das Elevatórias do Sistema Padre Gabriel.....	19
Tabela 6: Informações da Estação de Tratamento de Esgoto do Sistema Araçás	20
Tabela 7: Corpos Receptores dos sistemas do Município de Cariacica.....	29
Tabela 8: Projeção da população urbana coberta de Cariacica e Viana Bairros	32
Tabela 9: Projeção da População Coberta (em hab.)	33
Tabela 10: Projeção da população por sistema	37
Tabela 11: Projeção população de projeto e população por sistema.....	37
Tabela 12: Processo de tratamento por sistema – Cariacica/ES.....	39
Tabela 13: Dimensionamento dos módulos UASB - 100 L/s - Continua	43
Tabela 14: Dimensionamento dos módulos UASB - 100 L/s – Continuação	44
Tabela 15: Dimensionamento do pós tratamento - continua	45
Tabela 16: Dimensionamento do pós tratamento – continuação	46
Tabela 17: Custos unitários utilizados	50
Tabela 18: Quantitativos a serem implementados no sistema de coleta do município de Cariacica em 10 anos.	51
Tabela 19: Quantitativos a serem implementados no sistema de coleta do município de Cariacica (anos 11 à 30)	52
Tabela 20: Quantitativos a serem implementados no sistema de coleta do município de Cariacica- Total	52
Tabela 21: Planilha orçamentária – ETEs resumo geral.....	54
Tabela 22: Resumo CAPEX ano 10	55
Tabela 23: Resumo CAPEX a partir do décimo ano	55
Tabela 24: Resumo Capex 30 anos	56
Tabela 25: Volume coletado e tratado nos sistemas propostos para cada ano da concessão (m ³ /ano).	58
Tabela 26: Sistemas de esgoto e tipos de tratamento adotados	59
Tabela 27: Custo com o Pessoal das Unidades de Tratamento - Bandeirantes.....	62
Tabela 28: Custo com o Pessoal das Unidades de Tratamento - Flexal.....	63
Tabela 29: Custo com o Pessoal das Unidades de Tratamento - Pedreira	63
Tabela 30: Custo com o Pessoal de manutenção e operação das unidades ETE's e Redes	64
Tabela 31: Custo com o Pessoal Administrativo	64
Tabela 32: Custo dos benefícios com o pessoal das unidades de trabalho	65
Tabela 33: Custo com o materiais de manutenção	66
Tabela 34: OPEX total (30 anos) por tipo de despesa – Bandeirantes	67
Tabela 35: OPEX total (30 anos) por tipo de despesa – Flexal	68
Tabela 36: OPEX total (30 anos) por tipo de despesa – Pedreiras	69

1. Condicionantes da Solução

Inicialmente a solução de referência e o orçamento foram elaboradas pela Estruturadora Brasileira de Projetos – EBP e pela subcontratada Conen, cujos documentos foram entregues a CESAN em 2016. No ano seguinte, a CESAN desenvolveu novos estudos para contratação de um conjunto de obras para ampliação da cobertura do sistema de coleta de esgoto, no município de Cariacica, com financiamento do Banco Mundial. Diante desse novo cenário, a CESAN redesenhou a solução de referência inicialmente proposta, conforme detalhado neste documento. No que se refere aos sistemas de tratamento mantiveram-se as concepções inicialmente previstas.

Ressalta-se que a Solução Referencial de Engenharia e seu respectivo orçamento foram elaborados para subsidiarem a modelagem Econômica-Financeira, entretanto não devem ser considerados como solução única para o propósito da concessão de Parceria Pública Privada.

1.1. Condicionantes Técnicas

As condicionantes técnicas que nortearam a solução referencial de engenharia estão a seguir sintetizadas:

A principal ferramenta para a elaboração do trabalho foi o software Gis da CESAN.

GIS significa sistema de informações geográficas. É um sistema projetado para, armazenar, manipular, analisar, gerenciar e apresentar dados espaciais ou geográficos. Aplicativos GIS são ferramentas que permitem aos usuários criar consultas interativas, analisar informações espaciais, editar dados em mapas e apresentar os resultados dessas operações.

As informações se encontram em camadas, nomeadas arquivos shape ou shp. Os shapes podem ser criados e relacionados e editadas, motivo pelo qual a ferramenta foi adota.

O trabalho envolveu levantar os quantitativos dos seguintes elementos:

- Rede de esgoto
- Elevatórias
- Estações de tratamento
- Ligações
- População coberta

- Volume de esgoto anual

O primeiro passo foi o posicionamento das estações de tratamento de esgoto no Gis, feito a partir do planejamento pré-estabelecido para a concepção do sistema.

Feito isso deu-se início ao lançamento das redes de esgoto. Foi identificado que a camada existente no banco de dados do Gis da CESAN, chamada Eixo de Logradouro, ou eixo de rua, poderia atender os requisitos necessários para representar as redes de esgoto, visto que essa camada é composta por uma linha por rua. Portanto foi feita uma cópia dessa camada e renomeada como rede de esgoto projetada. Dessa forma foi possível uma estimativa com excelente precisão em um curto período de tempo. O trabalho manual foi recortar as linhas nos limites dos bairros para que não houvesse contagem em duplicidade.

O segundo passo do estudo foi a delimitação das bacias. Fazendo a criação dessa camada, representada por poligonais, é possível relacionar e levantar informações das demais contidas dentro dela. Para auxiliar na delimitação das bacias foram utilizadas camadas auxiliares existentes, como as curvas de níveis e pontos cotados, a base de cartográfica, além dos princípios básicos de engenharia sanitária para prever o fluxo e posicionar elevatórias. Foram posicionadas no ponto baixo das bacias de convergência do esgoto. O terceiro passo foi o lançamento dos recalques das elevatórias direcionando o fluxo para as estações de tratamento.

Portanto foi possível levantar, número de ligações, economias, carregadas com as informações do banco de dados.

Feita a construção dos elementos de esgoto, a próxima etapa foi o dimensionamento dos mesmos. Para isso foi utilizada uma planilha auxiliar para ser preenchida com os dados do Gis.

A planilha foi estruturada com o nome de todas as sub-bacias e o nome do sistema a qual pertencia. O nome da bacia foi dado a partir do bairro na qual ela esta inserida, para facilitar a localização e visualização.

Para calcular a vazão por bacia, a fim de pré-dimensionar elevatórias, recalques e consequentemente verificar as vazões das estações de tratamento, era necessário levantar a população residente. Para isso foi feito o relacionamento das camadas de bacias com a camada de ligações, carregadas das informações de número de economias, feito a partir de outro cruzamento de informações. Tendo o número de economias por bacias era necessário saber a média de

habitantes por residência para cada bacia. Isso foi possível a partir de um shape disponibilizado pelo IBGE na internet, criado a partir do censo 2010, que fornece o número de residências e população em áreas georreferenciadas. Esse método permitiu alcançar números muito próximos à projeção feita pelo IBGE para população atual do município.

Com os dados foi possível realizar análises de densidade demográfica e identificar áreas mais ou menos consolidadas possibilitando planejar ações de atuação e investimentos.

A partir da população atual foi calculada sua projeção para 30 anos, calculada vazão e o volume de esgoto ano a ano. A partir daí os demais elementos do sistema podem ser calculados.

- A projeção populacional utilizada para definição das vazões de projetos e pré-dimensionamento das unidades é resultante de estudos que utilizou como ponto de partida o Censo IBGE 2010, estimando-se pelos Censos anteriores a população total para os anos seguintes. Além disso, foram utilizadas como parâmetros de apoio análises das projeções previstas em projetos existentes, bem como análise das tendências das localidades. Desta maneira, puderam-se buscar particularidades locais que contribuem para o entendimento dos fatores que funcionam como freio e/ou aceleradores de seu dinamismo, sejam naturais ou legais, evolução das construções, etc.
- As soluções de tecnologia adotadas para o sistema de esgotamento sanitário do município de Cariacica teve como critério básico para sua adoção o fato de serem conceituados sistemas tecnológicos que já comprovaram a sua eficiência durante sua vida útil, seja em unidades da própria CESAN, seja em unidades instaladas em outras regiões do Brasil;
- A solução de referência para cada subsistema do município, para o período de planejamento, considerou os aspectos relativos à maior ou menor proximidade ou o isolamento entre os sistemas, de forma a possibilitar a racionalização do aproveitamento das unidades existentes ou a implantar. Contemplou assim os seguintes aspectos:
 - Eficiência: a solução deve ser operacionalmente e economicamente aceitável;
 - Tecnologia adequada: a solução deve absorver uma tecnologia moderna; e
 - Aspecto ambiental: a solução deve ser adequada sob o aspecto ambiental, levando em consideração uma importante condicionante a grande extensão territorial do município

de Cariacica. Além disso, serão consideradas medidas que promovam a sustentabilidade ambiental nas estruturas dos sistemas, principalmente das ETE's.

- Adoção de solução correta para disposição final dos resíduos sólidos gerados nos sistemas de esgotos sanitários, notadamente o lodo gerado nas ETE's, de acordo com a legislação vigente e condicionantes ambientais.

1.2. Condicionantes Ambientais

As condicionantes ambientais que nortearam a solução referencial de engenharia estão sintetizadas a seguir.

- Atendimento às metas progressivas para o enquadramento dos corpos receptores, preceito estabelecido tanto na Resolução CONAMA nº 357/05, como também na Instrução Normativa IEMA 11/07. Deve-se considerar que o enquadramento expressa as metas finais a serem alcançadas, devendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação e o controle dos progressos alcançados. Este controle implicará na necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e o controle das metas estabelecidas.
- Condições do corpo receptor: em atendimento à Resolução CONAMA nº 357/05, à Resolução CONAMA 430/11 e à Instrução Normativa IEMA 11/07 o corpo receptor dos efluentes das ETE's deverá atender ou ser programado para atender (Metas Progressivas) aos parâmetros estipulados para a classe de enquadramento do recurso hídrico, principalmente DBO.
- Como regra geral, todas as unidades previstas na solução referencial de engenharia inserem-se em meio de médio a alto grau de intervenção antrópica, ou seja, referindo-se a uma zona urbana consolidada. Desta forma, o grau de intervenção antrópica encontrado nessas áreas demonstra que qualquer interferência para implantação, ampliação ou melhoria proposta não deverá trazer alterações profundas às áreas cogitadas, pois a maioria delas se encontra em área já bastante alterada quanto às condições naturais.

1.3. Condicionantes Econômicas

As condicionantes econômicas que nortearam a solução referencial de engenharia estão sintetizadas a seguir.

- Os estudos para a otimização dos sistemas avaliaram as intervenções necessárias e os respectivos custos estimados envolvidos em curto, médio e longo prazo, de modo a explorar a capacidade das unidades existentes da maneira mais eficiente, adequar ou ampliar as unidades deficitárias e complementar o sistema com novas unidades necessárias para o atendimento frente ao crescimento populacional e à expansão das malhas urbanas;
- A solução de referência resultou de estudo comparativo econômico-financeiro entre as alternativas: foram considerados os custos de implantação e as despesas de exploração para cada unidade pré-dimensionada nas alternativas, tendo sempre como objetivo principal delinear as principais obras e respectivas unidades agregadas ao sistema estudado, sem maiores detalhamentos, apenas o necessário e suficiente para obter-se um orçamento estimativo adequado e compatível para análises comparativas. Assim, para este nível de detalhamento foram utilizadas curvas paramétricas de custos que permitiram retratar com um grau de confiabilidade necessário os custos de materiais, insumos e serviços praticados no mercado da construção civil e do saneamento básico.

2. Diagnóstico do Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário de Cariacica possui uma cobertura de 45,4%, sendo o índice de atendimento de 34,6% da população total (Fonte: CESAN/P-CPE/SINCOP abril 2018). Esta diferença se deve ao fato de que nem todas as ligações estão conectadas à rede, apesar da existência desta.

O sistema de esgotamento atende 127.549 habitantes, totalizando 415 km de rede coletora, 31.139 ligações e 46.309 economias ativas. Atualmente encontra-se dividido em 6 (seis) sub-sistemas: Mocambo, Nova Rosa da Penha, Flexal, Vila Oásis, Bandeirantes e Padre Gabriel. O bairro Nova América, apesar de se encontrar no Município de Vila Velha, participa do Sistema Bandeirantes (associado diretamente ao Município de Cariacica) e o sistema implantado no bairro deverá ser operado pela Concessionária. Este bairro possui aproximadamente 240 ligações não interligadas ao SES, sendo destas, em torno de 140 sem rede disponível.

A representação destes sistemas pode ser visualizado a partir da Figura 1 a seguir, que indica a abrangência das bacias. Entretanto há necessidade de complementação das mesmas com redes coletoras e ligações.



Figura 1: Sistemas de esgotamento sanitário de Cariacica

2.1. Rede Coletora

2.1.1. Cariacica

De acordo com os dados cadastrais da CESAN, verifica-se no Município de Cariacica um total aproximado de 415 km de tubulações coletoras, considerando nestes valores também as extensões dos coletores tronco e linhas de recalque.

A seguir apresenta-se escrutinado por sistema o quantitativo de rede. No bairro Nova América, foram identificadas 3,33 km de redes coletoras de esgoto..

Tabela 1: Extensão de redes por sistema

Sistema	Rede coletora (m)	Linha de Recalque (m)	Total (m)
Bandeirantes	319.570,49	10.925,10	330.495,59
Flexal	38.805,46	2.986,10	41.791,56
Mocambo	2.096,60	0	2.096,60
Nova Rosa da Penha	24.797,80	2.316,10	27.113,90
Padre Gabriel	12.140,60	571,9	12.712,50
Vila Oásis	837,7	0	837,7
TOTAL REDES			415.047,85

2.2. Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB)

A seguir, apresenta-se a relação das elevatórias identificadas por sistema de esgotamento do município de Cariacica.

2.2.1. Sistema Bandeirantes

Em relação às elevatórias existentes no Sistema Bandeirantes, apresentam-se a seguir as informações associadas às mesmas. As informações estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Informações das Elevatórias do Sistema Bandeirantes

Elevatórias de Rede	Coordenadas		Dados técnicos		
	S	O	Nº Bombas	Potência (cv)	Vazão (L/s)
EEEB CC 01 (Cordovil)	20° 21.949'	40° 22.264'	3	76	459,5
EEEB Vale Esperança	20° 20.822'	40° 21.934'	2	5	8
EEEB Sotelândia	20° 21.196'	40° 21.583'	2	18	40
EEEB Itaquari	20° 19.782'	40° 21.856'	2	7,5	18,3
EEEB Jardim América	20° 20.250'	40° 21.484'	2	60	138
EEEB Jardim Alah	20° 22.816'	40° 21.961'	2	34	31,1
EEEB Jardim Alah II	20° 22.547'	40° 22.300'	2	5	9
EEEB São Francisco	20° 19.730'	40° 21.532'	2	1	3
EEEB Nova América	20° 20.729'	40° 21.319'	2	3,26	9,3
EEEB Jardim Botânico I	20° 23.198'	40° 21.986'	2	3	9,3
EEEB Jardim Botânico II	20° 23.133'	40° 22.247'	1	10	36
EEEB Campo Grande (6 A)	20° 30.316'	40° 23.485'	2	25	15

A seguir, apresentam-se as fotos de algumas das elevatórias do referido sistema.



Figura 2: EEEB CC 01



Figura 3: EEEB Vale Esperança



Figura 4: EEBB Itaquari



Figura 5: EEBB Jardim América



Figura 6: EEBB Jardim Alah H-H



Figura 7: EEBB Jardim Alah II H-H



Figura 8: EEBB São Francisco



Figura 9: EEBB Sotelândia

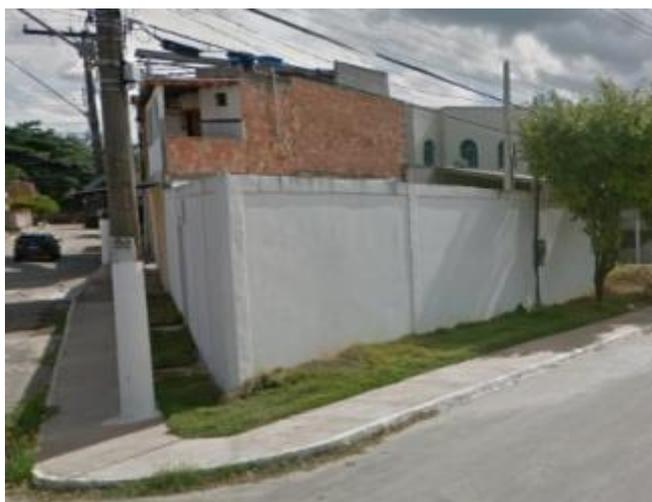


Figura 10: EEEB Nova América



Figura 11: EEEB Campo Grande



Figura 12: EEEB Jardim Botânico



Figura 13: EEEB Jardim Botânico II

2.2.2. Sistema Flexal

Em relação às elevatórias existentes no Sistema Flexal, destaca-se a existência de 04 (quatro) elevatórias. As informações estão apresentadas a seguir.

Tabela 3: Informações das Elevatórias do Sistema Flexal

Elevatórias de Rede	Coordenadas		Dados técnicos		
	S	O	Nº Bombas	Potência (cv)	Vazão (L/s)
EEEB Campo	20° 16.942'	40° 23.161'	3	5	12
EEEB Porto Belo	20° 16.924'	40° 23.916'	1	10	20
EEEB Flexal	20° 16.930'	40° 23.525'	3	10	20
EEEB Campo Verde	20° 17.349'	40° 24.070'	2	5	9,3



Figura 14: EEEB Campo



Figura 15: EEEB Porto Belo

2.2.3. Sistema Mocambo

O Sistema Mocambo não possui elevatória.

2.2.4. Sistema Nova Rosa da Penha

O sistema Nova Rosa da Penha possui 02 (duas) elevatórias em sua área de abrangência, as EEEBs Brejo e Borracharia. As informações referente às EEEBs estão explicitadas na tabela a seguir.

Tabela 4: Informações das Elevatórias do Sistema Nova Rosa da Penha

Elevatórias de Rede	Coordenadas		Dados técnicos		
	S	O	Nº Bombas	Potência (cv)	Vazão (L/s)
EEEB Nova Rosa da Penha I (Brejo)	20°15.529'	40°22.992'	2	18	5,7
EEEB Nova Rosa da Penha II (Borracharia)	20° 15.951'	40° 23.210'	2	10	15

2.2.5. Sistema Padre Gabriel

Em relação ao Sistema Padre Gabriel existem 03 (três) estações elevatórias ao todo. As características das mesmas estão apresentadas na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Informações das Elevatórias do Sistema Padre Gabriel

Elevatórias	Coordenadas		Dados técnicos		
	S	O	Nº Bombas	Potência (cv)	Vazão (L/s)
EEEB Jardim dos Palmares	20° 22.523'	40° 23.581'	2	3	10
EEEB Padre Gabriel	20° 22.196'	40° 23.464'	2	5	7

2.2.6. Sistema Vila Oásis

No Sistema Vila Oásis existe uma estação elevatória, sendo esta localizada na área da ETE.

2.3. Estações de Tratamento

2.3.1. Cariacica

O Município de Cariacica conta atualmente com 7 (sete) ETEs, conforme descrito nos subitens a seguir, sendo que a ETE de Cariacica Sede, ainda não está em operação.

2.3.1.1. Sistema Bandeirantes

A Estação de Tratamento de Esgotos Bandeirantes é a principal do Município de Cariacica possuindo uma capacidade nominal de 250 L/s, operando com vazão média mensal de aproximadamente 101 l/s (ago/17 a jun/18). A ETE opera pelo processo de lodos ativados UNITANK.

Os bairros atendidos são Jardim de Alah I; Castelo Branco; Santa Catarina; Bandeirantes; Vila Izabel; Campo Belo; Parque Gramado; Santa Bárbara; Santo André; São Francisco; Vila Palestina; Cruzeiro do Sul; Morada de Santa Fé; Rosa da Penha; São Benedito; São Geraldo; São Geraldo II; Itapemirim; Maracanã; Vista Mar; Sotelândia; Bela Aurora; Boa Sorte; Vale Esperança; São Conrado; Vera Cruz; Campo Grande; Vasco Da Gama; Jardim América; Itaquari; Alto Laje; Rio Branco; Dom Bosco; Vila Capixaba; Vila Independência.

A seguir, apresenta-se um resumo das informações operacionais desta estrutura. Os dados de vazão e eficiência são referentes ao período de agosto/2017 a junho/2018.

Tabela 6: Informações da Estação de Tratamento de Esgoto do Sistema Araçás

ETE	Sistema de Tratamento	Capacidade nominal (L/s)	Vazão média (L/s)	Eficiência Média (%)
Bandeirantes	Lodos Ativados (UNITANK)	250	101	93

A seguir, é possível visualizar o esquema operacional da ETE Bandeirantes (Figura 16), bem como algumas fotos das unidades da ETE.



Figura 16: Esquema da ETE Bandeirantes



Figura 17: Tratamento preliminar - gradeamento



Figura 18: Tratamento preliminar – grade fina



Figura 19: Tratamento preliminar: caixa de areia, desarenadores e rosca transportadora



Figura 20: Início do tratamento: tanque anóxico (entrada submersa)



Figura 21: Digestor



Figura 22: Adensador

2.3.1.2. Sistema Cariacica Sede

A construção da estação de tratamento de esgotos de Cariacica Sede, pela Prefeitura, não foi finalizada, entretanto está a cargo da CESAN concluir as instalações a fim de deixar a ETE em condições de operação. A ETE Cariacica Sede é do tipo UASB+Biofiltro com capacidade de até 35 l/s. Esta ETE deverá ser operada pela parceira privada, imediatamente após a entrega pela CESAN, até que o esgoto desse sistema seja revertido para o sistema de esgotamento de Flexal; conforme previsto na solução de referência, ou outra solução dada pela concessionária privada.

A complementação e manutenção de todo o sistema de redes coletoras de Cariacica sede e adjacências deve ser feita pela Concessionária, que deve prever inclusive a recuperação de redes já implantadas devido à longa inatividade.

2.3.1.3. Sistema Flexal

A Estação de Tratamento de Esgotos Flexal possui capacidade nominal de 13 l/s, operando com vazão média mensal de aproximadamente 13l/s. A ETE opera pelo processo Australiano (gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão, lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa). A eficiência média de remoção de DBO é de 93%, calculada a partir da DBO filtrada do efluente. Os dados de vazão e eficiência são referentes ao período de agosto/2017 a junho/2018.

Os bairros atendidos são: Flexal II, Santa Luzia e Campo Verde. A seguir, pode se visualizar a disposição operacional da ETE Flexal (Figura 23).



Figura 23: Disposição Operacional da ETE Flexal



Figura 24: ETE Flexal

2.3.1.4. Sistema Mocambo

A ETE Mocambo possui capacidade nominal de tratamento de 1,2 L/s e atualmente opera com vazão média mensal de 0,7l/s. O tratamento do efluente é efetuado através de reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), tendo como eficiência média de remoção de DBO de 78%. Esta ETE atende apenas o bairro Antônio Ferreira Borges. Está prevista sua desativação após a implantação da elevatória de reversão a ser executada pela CESAN. Os dados de vazão e eficiência são referentes ao período de setembro/2017 a junho/2018.

A retirada e destinação adequada de lodo, limpeza e desinfecção das instalações desativadas, bem com a remoção do UASB, será de responsabilidade da Parceira Privada que deverá entregar a estrutura do UASB retirado à CESAN, em local definido pela mesma na Região da Grande Vitória.



Figura 25: ETE Mocambo.

2.3.1.5. Sistema Nova Rosa da Penha

A Estação de Tratamento de Esgotos Nova Rosa da Penha é responsável pelo atendimento parcial do bairro Nova Rosa da Penha. A ETE possui uma capacidade nominal de 48 L/s, operando com vazão média mensal de aproximadamente 7,5 L/s. A tecnologia de tratamento da ETE é Australiano (gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão, lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa). A eficiência média de remoção de DBO é de 97%, calculada a partir da DBO filtrada do efluente. Os dados de vazão e eficiência são referentes ao período de setembro/2017 a junho/2018.

A seguir, pode-se visualizar a disposição operacional da ETE Nova Rosa da Penha (Figura 26), bem como algumas fotos das unidades do sistema.



Figura 26: Disposição Operacional da ETE Nova Rosa da Penha



Figura 27: Calha Parshall e tratamento preliminar – Nova Rosa da Penha



Figura 28: Lagoa – ETE Nova Rosa da Penha

2.3.1.6. Sistema Padre Gabriel

A ETE Padre Gabriel possui capacidade nominal de tratamento de 8,50 L/s e atualmente opera com vazão média mensal de 3,8 L/s. O tratamento do efluente é efetuado através de dois reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB). Esta ETE atende fundamentalmente os bairros Padre Gabriel e Jardim dos Palmares. A eficiência média de remoção de DBO é de 68%. Está prevista sua desativação após a implantação da elevatória de reversão a ser executada pela CESAN. Os dados de vazão e eficiência são referentes ao período de outubro/2017 a junho/2018.

A retirada e destinação adequada de lodo, limpeza e desinfecção das instalações desativadas, bem com a remoção do UASB, será de responsabilidade da Parceira Privada que deverá entregar a estrutura do UASB retirado à CESAN, em local definido pela mesma na Região da Grande Vitória.



Figura 29: ETE Padre Gabriel.

2.3.1.7. Sistema Vilas Oásis

A ETE Vilas Oásis possui capacidade nominal de tratamento de 0,70 L/s e atualmente opera com vazão média mensal de 0,4 L/s. A tecnologia para o tratamento do efluente é UASB + Biofiltro Aerado Submerso. Esta ETE atende apenas o bairro Vila Oásis. A eficiência média de remoção de DBO é de 95%. Os dados de vazão e eficiência são referentes ao período de agosto/2017 a junho/2018.



Figura 30: UASB – Vila Oásis

2.4. Corpos Receptores

O corpo receptor deve ser entendido como todo o corpo hídrico que recebe o lançamento de efluentes. De acordo com a Resolução CONAMA nº 430, 05/2011, todos os efluentes gerados e oriundos de qualquer fonte poluidora só poderão ser efetivamente lançados nestes corpos hídricos após tratamento adequado.

“Art. 2º - A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Art. 3º - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento, mediante fundamentação técnica:

I - acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor; ou

II - exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.”

(BRASIL, 2011)

Desta maneira, torna-se importante a identificação dos corpos receptores associados aos sistemas até então discutidos. Para os sistemas de esgotamento sanitário do Município de Cariacica, tem-se os seguintes corpos receptores e a situação de suas outorgas de lançamento:

Tabela 7: Corpos Receptores dos sistemas do Município de Cariacica

Sistema	Corpo Receptor	Outorga	Licenciamento
Sistema Bandeirantes	Córrego Campo Grande	Certificado pela Portaria 31 de 01/07/2014	LO 046/2003 (vencida) Requerimento de renovação realizado em 17/08/2007 em análise pelo IEMA
Sistema Flexal	Rio Bubu	Certificado pela Portaria 246 de 09/08/2007	Licenciado - LARS 60/2016
Sistema Mocambo	Afluente Córrego Areinha	Lançamento no solo.	Requerimento de LARS de desativação realizado em 23/07/2014 - Em análise pelo IEMA
Sistema Nova Rosa da Penha	Afluente Rio Vasco Coutinho	Requerimento realizado em 18/07/2016, processo 75078260.	LO 315/2000 (vencida) Requerimento de LARS realizado em 23/07/2014 - Em análise pelo IEMA
Sistema Padre Gabriel	Afluente do Córrego Campo Grande	Requerimento realizado em 06/05/2010, processo 49148095.Em	Licenciado - LARS 76/2016
Sistema Vila Oásis	Córrego Piranema	Processo 50964453 - Estuário	Licenciado – LAC 320/2017

3. Definição dos Parâmetros do Sistema

3.1. População de Projeto

3.1.1. Resumo da População de Projeto (População Urbana Residente e Flutuante)

A população de projeto foi obtida a partir de informações do IBGE, censo 2010, considerando população urbana residente e população urbana flutuante. Entretanto o município de Cariacica não possui população flutuante expressiva. Deve-se destacar que o bairro Nova América, localizado em Vila Velha/ES, foi considerado na população de projeto pois o mesmo destina seus efluentes para o Sistema Bandeirantes (Cariacica/ES). A Figura abaixo, apresenta a delimitação do bairro Nova América.



Figura 31: Delimitação do bairro Nova América.

Apesar do município de Viana não fazer parte do escopo, os sistemas de esgotamento sanitário das localidades inseridas na região denominada Viana bairros (Marcílio de Noronha, Primavera, Canaã,

Universal, Vila Bethania, Arlindo Villaschi, Caxias do Sul, Nova Bethania, Areinha, Campo Verde, Morada de Bethania e Parque Industrial) serão revertidos para tratamento na ETE Bandeirantes, no município de Cariacica.

Ficará a cargo da CESAN desativar as estações de tratamento em Viana bairros, onde houver, complementar seus sistemas de coleta, e disponibilizar este esgoto em um único ponto na divisa dos municípios de Cariacica e Viana, nas proximidades do rio Formate, bem como a construção da elevatória e linha de recalque, até 2022. A partir deste ponto faz parte integrante do escopo desta PPP, operação e manutenção dessa elevatória e sua respectiva linha de recalque, bem como o tratamento de esgoto que será destinado a ETE Bandeirantes. Todos os custos provenientes da operação e manutenção desta elevatória serão de responsabilidade do Parceiro Privado, tais como: Impostos, Conservação Física, Multas Ambientais, Energia, entre outros.

Considerando o crescimento geométrico da população, foram adotados os seguintes parâmetros,:

- Início de plano: 2019
- Final de plano: 2048
- Taxa de crescimento populacional de Cariacica: 1% ao ano
- Taxa de crescimento populacional de Viana: 1,5% ao ano

Tabela 8: Projeção da população urbana coberta de Cariacica e Viana Bairros

Ano	Cariacica	Viana Bairros
2019	368.315	57 373
2022	379.532	60 013
2028	403.001	65 665
2038	445.385	76 292
2048	492.226	88 639

3.1.2. População Coberta

A população coberta resulta da adoção do índice de cobertura atual e da sua progressão ao longo do período da concessão. Para o presente estudo a cobertura de serviço de esgoto será de 95% da população urbana coberta com sistema de água, a ser alcançado em no máximo 10 anos (curto prazo). A população coberta pode ser visualizada na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9: Projeção da População Coberta (em hab.)

Ano	Cariacica	
	População urbana coberta de Água	População urbana coberta de Esgoto
2019	368.315	171.459
2022	379.532	235.468
2028	403.001	383.109
2038	445.385	423.401
2048	492.226	467.930

3.2. Parâmetros de Definição da Vazão

3.2.1. Período de Projeto

O período de projeto considerado foi de 30 anos.

3.2.2. Consumo “per capita”

Para o dimensionamento das instalações na solução de referência, CAPEX, adotou-se coeficiente de consumo “per capita” de água de 155 L/hab.dia.

Para o cálculo do OPEX, que está diretamente ligado à receita gerada pelo volume real de esgoto, adotou-se coeficiente de consumo “per capita” de água de 144 L/hab.dia, que é o consumo médio “per capita” do município de Cariacica no período de Janeiro/16 à Dezembro/16.

3.2.3. Coeficiente de Variação de Vazão

Como coeficientes de variação de vazão foram utilizados:

- Coeficiente de vazão máxima diária $K1 = 1,2$.
- Coeficiente de vazão máxima horária $K2 = 1,5$.

Esses valores são aqueles recomendados pela NBR ABNT 9.649 - Projetos de Redes Coletoras de Esgotos Sanitários.

3.2.4. Coeficiente de Retorno

Foi utilizado o valor de 0,80 para o coeficiente de retorno. Este valor é recomendado pela NBR ABNT 9.649 - Projetos de Redes Coletoras de Esgotos Sanitários.

3.2.5. Coeficiente de Infiltração

O coeficiente de infiltração adotado para o município de Cariacica e Viana foi de 14%, que corresponde aproximadamente à 0,1 l/s.km.

A NBR 9.649 recomenda a utilização de 0,05 a 1,0 l/s.km como taxa de infiltração para as redes coletoras de esgoto.

3.3. Plano de Escoamento

Com base no cadastro técnico, onde constam os sistemas em operação e os em implantação, a metodologia utilizada no Plano de Escoamento visou quantificar o sistema de coleta a implantar na área urbana, incluindo elevatórias. Sobre este cadastro foram levantados os comprimentos das vias desprovidas desta infraestrutura onde deverão ser implantadas as redes.

Avaliando as cotas da superfície do terreno foi adotado o sentido de escoamento destas redes e os pontos de localização de elevatórias, coincidentes com os pontos de cotas mais baixos de uma determinada bacia. Os recalques buscaram o caminhamento mais favorável até o ponto de descarga.

Foram denominadas estações elevatórias de expansão, as elevatórias implantadas em novas redes coletoras, para o incremento da cobertura do sistema de coleta ou atendimento pelo crescimento vegetativo. As elevatórias de reversão foram definidas como sendo as elevatórias com vazão superior a 100 l/s.

O atual sistema de esgotamento de Cariacica possui 7 (sete) estações de tratamento, sendo que Cariacica Sede ainda não está em operação, e pela solução proposta, serão mantidas as ETEs Bandeirantes e Flexal. Além disso deverá ser implantada uma nova estação de tratamento denominada ETE Pedreiras, com capacidade de tratamento para uma vazão de 250 l/s.

Atualmente a capacidade de tratamento da ETE Bandeirantes é de 250 l/s e ainda assim, deverá ser construída uma ETE ao lado da existente para um acréscimo de vazão nominal de 300 l/s. Já a ETE Flexal deverá ser remodelada para tratar uma vazão total de 200 l/s.

Estas 3 (três) estações irão compor o Sistema de Esgotamento Sanitário de Cariacica: Bandeirantes, Flexal e Pedreiras. Os outros sistemas anteriormente apresentados deverão ter seus efluentes revertidos para serem tratados nestas estações apresentadas.

Já no município de Viana, os sistemas existentes e a serem construídos pela CESAN nos bairros Marcílio de Noronha, Primavera, Canaã, Universal, Vila Bethania, Arlindo Villaschi, Caxias do Sul, Nova Bethania, Areinha, Campo Verde, Morada de Bethania e Parque Industrial, serão revertidos para tratamento de seus esgotos na ETE Bandeirantes. A previsão de início da reversão do sistema de Viana será em 2022, sendo que as obras no município de Viana são de responsabilidade da CESAN, que disponibilizará o esgoto na ETEB de recalque localizada na área da ETE Vila Bethânia. A ETEB de recalque terá vazão estimada média de 56,3 l/s (2022) e vazão média de final de plano de 109,4l/s (2048). Após a entrega das obras de reversão, será de responsabilidade da concessionária a operação e manutenção da elevatória e recalque de reversão (ETEB Vila Bethania).

As ETE's serão dotadas com tecnologias de tratamento que propiciem o atendimento às diretrizes ambientais e metas estabelecidas em contrato, a serem expandidas em áreas atualmente ocupadas pelas ETE's, com exceção da ETE Pedreiras que faz-se necessária a desapropriação da área para a sua construção.

Assim, a ETE Bandeirantes deverá ser mantida e ampliada, para receber, além dos esgotos gerados no próprio sistema, os gerados em Viana bairros (Sistemas Canaã, Soteco, Parque do Flamengo, Universal, Macílio de Noronha e Vila Bethânia) e no sistema Padre Gabriel, em Cariacica. A ETE Flexal será remodelada, recebendo os esgotos do seu próprio sistema, dos sistemas Nova Rosa da Penha, de Cariacica Sede e de Mocambo. Já a ETE Pedreiras, receberá os esgotos gerados em seu próprio sistema, além do pequeno sistema independente Vila Oásis.

A resultante final do sistema proposto pode ser visualizada a partir da Figura 32.

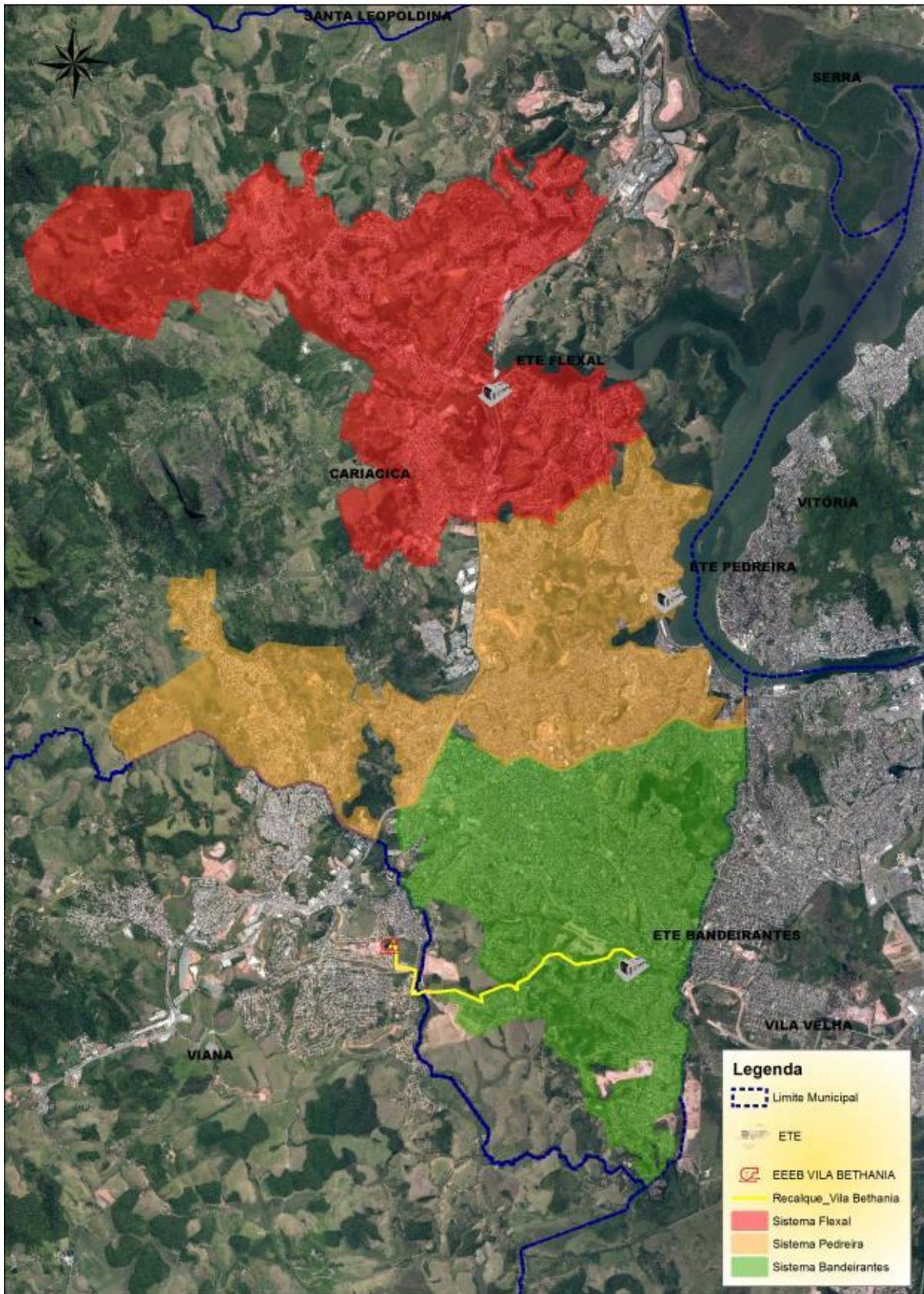


Figura 32: Situação futura do sistema de esgotamento sanitário do municípios de Cariacica

3.3.1. População por Sistema

Com o intuito de permitir a avaliação das estruturas a serem implementadas, apresenta-se a seguir a projeção populacional por sistema adotado como solução.

Tabela 10: Projeção da população por sistema

	Bandeirantes	Flexal	Pedreira
Ano	População coberta água	População coberta água	População coberta água
2019	178 100	74 302	115 913
2022	183 524	76 565	119 443
2025	189 113	78 897	123 081
2028	194 872	81 300	126 829
2038	215 367	89 850	140 168
2048	238 017	99 300	154 910

Tabela 11: Projeção população de projeto e população por sistema

Viana Bairros	
Ano	População coberta água
2019	56 518
2022	57 373
2025	60 013
2028	65 665
2038	76 292
2048	88 639

3.3.2. Esquemas das Proposições Sistêmicas

A partir do exposto, a seguir apresentam-se os esquemas desenvolvidos e apresentados para cada um dos Sistemas de Esgotamento Sanitários previstos, de maneira a possibilitar o entendimento da distribuição dos equipamentos a serem implementados, não significando que seja a solução a ser adotada pela concessionária privada.

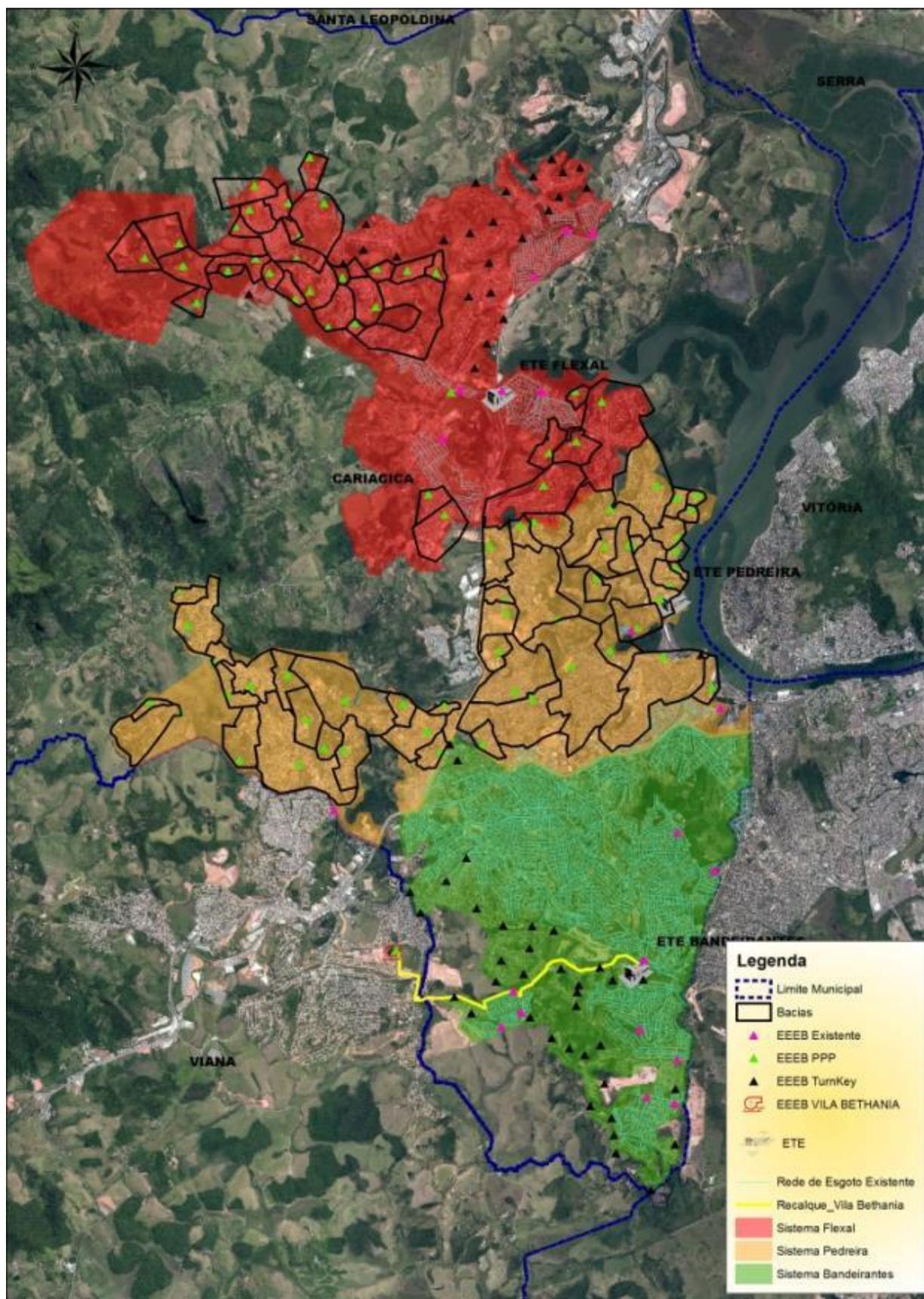


Figura 33: Proposição Sistemas

4. Definição da Solução de Referência

4.1. Definição das Tecnologias e Processos de Tratamento

A definição da tecnologia de tratamento de cada sistema de esgotamento sanitário proposta está apresentada no quadro a seguir, assim como outros dados de interesse referentes à tecnologia de tratamento proposta para ser adotada, mantida ou ampliada.

Tabela 12: Processo de tratamento por sistema – Cariacica/ES

Sistema	Subsistema	Tratamento	
		Tecnologia Atual	Tecnologia Proposta
Bandeirantes	Bandeirantes	Lodos Ativados + DS + UV	Manutenção da ETE existente. Construção de uma nova ETE ao lado com a tecnologia de UASB + FBP + (desinfecção)
	Padre Gabriel	UASB	Reversão para a ETE Bandeirantes – a cargo da CESAN
Flexal	Mocambo	UASB	Reversão para a ETE Flexal – a cargo da CESAN
	Nova Rosa da Penha	Australiano	Reversão para a ETE Flexal
	Cariacica Sede	UASB + Biofiltro	Reversão para a ETE Flexal
	Flexal	Australiano	UASB + FBP + (desinfecção)
Pedreiras	Vila Oásis/Pedreiras	UASB + Biofiltro	UASB + FBP + (desinfecção)

Legenda	FBP -	Filtro Biológico Percolador
	BFAS -	Biofiltro Aerado Submerso
	DS -	Decantador Secundário
	UV -	Ultravioleta
	RALF-	Reator Anaeróbico de Leito Fluidizado – RALF
	UASB -	Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente

4.2. Descrição dos Processos dos Tratamentos Propostos

4.2.1. UASB + FBP

Um filtro biológico consiste, basicamente, de um tanque preenchido com material de alta permeabilidade, tal como pedras, ripas ou material plástico, sobre o qual os esgotos são aplicados sob a forma de gotas ou jatos. Após a aplicação, os esgotos percolam em direção aos drenos de fundo. Esta percolação permite o crescimento bacteriano na superfície da pedra ou do material de enchimento, na forma de uma película fixa denominada biofilme. O esgoto passa sobre o biofilme, promovendo o contato entre os microrganismos e o material orgânico.

Os filtros biológicos são sistemas aeróbios, pois o ar circula nos espaços vazios entre as pedras, fornecendo o oxigênio para a respiração dos microrganismos. A ventilação é usualmente natural. A aplicação dos esgotos sobre o meio é frequentemente feita através de distribuidores rotativos, movidos pela própria carga hidrostática dos esgotos. O líquido escoar rapidamente pelo meio suporte. No entanto, a matéria orgânica é adsorvida pelo biofilme, ficando retida um tempo suficiente para a sua estabilização (Figura 34).

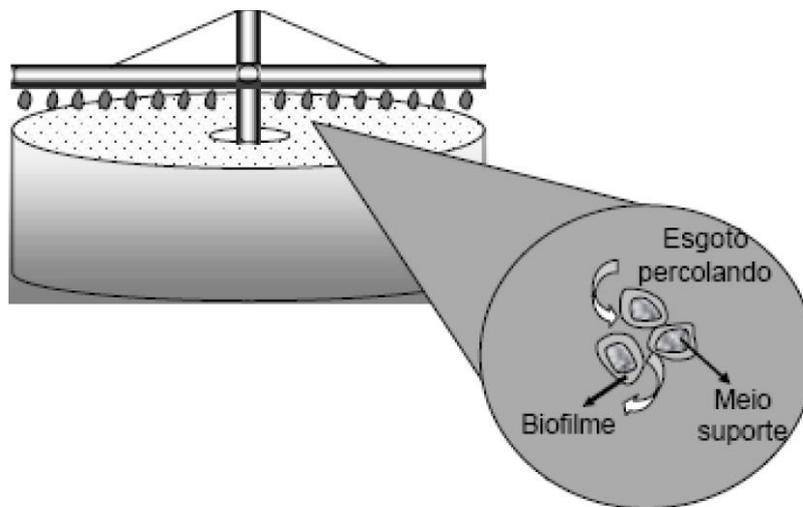


Figura 34: Representação esquemática de um filtro biológico percolador

Os filtros são normalmente circulares, podendo ter vários metros de diâmetro. Contrariamente ao que indica o nome, a função primária do filtro não é a de filtrar, uma vez que o diâmetro das pedras utilizadas é da ordem de alguns centímetros, ou seja, permitindo um grande espaço de vazios, ineficientes para o ato de peneiramento. A função do meio é tão somente a de fornecer suporte para a formação da película microbiana. Existem também meios sintéticos de diversos materiais e formas, os quais apresentam a vantagem de serem mais leves do que as pedras, além de apresentarem uma área superficial de exposição bem superior. No entanto, os meios sintéticos são mais caros.

À medida em que a biomassa cresce na superfície das pedras, o espaço vazio tende a diminuir, fazendo com que a velocidade de escoamento nos poros aumente. Ao atingir um determinado valor, esta velocidade causa uma tensão de cisalhamento, que desaloja parte do material aderido. Esta é

uma forma natural de controle da população microbiana no meio. O lodo desalojado deve ser removido nos decantadores secundários, de forma a diminuir o nível de sólidos em suspensão no efluente final.

O Processo FBP também exige etapas de tratamento preliminar e primário antecedendo o FBP propriamente dito. Nos últimos anos, devido as grandes vantagens apresentadas pelos reatores UASB em países de clima quente, o decantador primário tem sido substituído por tais reatores estabelecendo assim um fluxograma de processo composto por gradeamento, caixa de areia, UASB, Filtro Biológico Percolador e Decantador Secundário. A Figura 35 ilustra o processo completo.

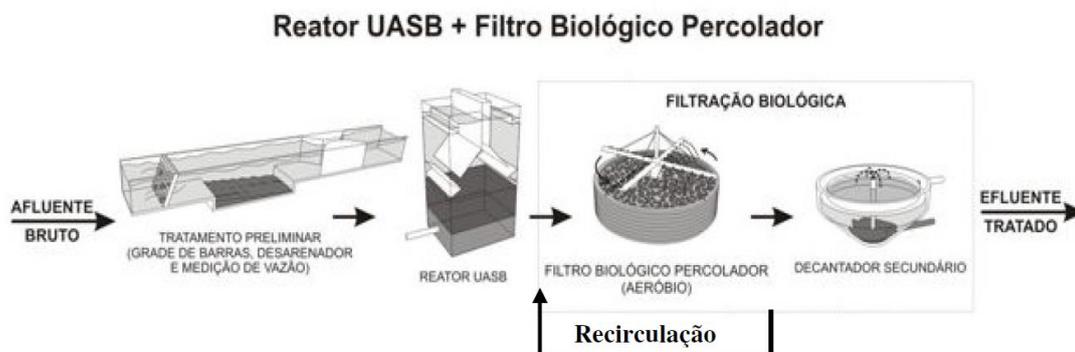


Figura 35: Fluxograma do processo UASB + FBP

4.2.2. Lodos Ativados + Aeração Prolongada + Valo de Oxidação

O esgoto bruto chega à ETE através da unidade de entrada, que disponibiliza de gradeamento mecanizado fino (15mm) e ultrafino (3mm), seguido de desarenação e medição de vazão. Neste momento é realizado também o processo de separação de óleos e graxas dos efluentes.

O sistema de lodos ativados com aeração prolongada tem como característica um maior tempo de detenção da biomassa no sistema, em torno 18 a 30 dias. Em virtude da biomassa localizada no reator ser maior que na tecnologia de lodos ativados convencional, faz-se necessário maior volume do reator aeróbio, com um tempo de retenção hidráulica na ordem de 16 a 24h. Neste sentido, há uma menor quantidade de bactéria por unidade de volume no tanque de aeração e também por unidade de biomassa do reator, assim sendo, os microorganismos necessitam metabolizar intensamente a matéria orgânica biodegradável que compõe suas células.

A partir desta atividade microbiológica, já ocorre a estabilização da biomassa de forma aeróbia no próprio tanque de aeração. Assim sendo, não se faz necessário a estabilização do lodo biológico excedente do sistema de aeração prolongada, conseqüentemente, normalmente, não se é utilizado decantadores primários antes dos sistemas de aeração prolongada, simplificando o fluxograma do processo.

Os valos de oxidação possuem como base, os mesmos princípios da aeração prolongada e, usualmente, são caracterizadas por serem unidades compactas, e instalações com o mínimo possível de unidades de tratamento, concentrando assim os processos físicos químicos e biológicos.

4.2.3. Dimensionamento dos módulos das ETEs

Adotou-se como base para a elaboração do tratamento proposto módulos de 100 L/s para a tecnologia UASB + Filtro Biológicos.

A seguir, apresentam-se as informações acerca do dimensionamento das estações de Bandeirantes, Flexal e Pedreiras.

Tabela 13: Dimensionamento dos módulos UASB - 100 L/s - Continua

DIMENSIONAMENTO DE REATORES UASB		unidade	Valor
Vazões Afluentes			
Vazão Mínima		(l/s)	50
Vazão Média		(l/s)	100
Vazão de Pico - Máxima Horária		(l/s)	160
Carga Orgânica Afluente		(kgDQO/dia)	3456
Concentração DQO Afluente		(mg DQO/l)	400
Concentração DBO Afluente		(mg DBO/l)	250
Dimensões do UASB			
Número de Módulos		(ud)	2
Resultado para os Módulos			
Área do Módulo		(m ²)	288,0
Volume do Módulo		(m ³)	1440,0
Largura do Módulo		(m)	13,9
Comprimento do Módulo		(m)	20,8
Profundidade Útil		(m)	5
Eficiência Esperada na Remoção de DQO		%	67
Eficiência Esperada na Remoção de DBO		%	65
Parâmetros de Cálculo			
Parâmetros de Cálculo para o TDH			
Altura do Reator		(m)	5
Velocidade Ascensional			
para a Vazão Média		(m/h)	0,5 a 0,7
para a Vazão Máxima Horária		(m/h)	1,5
Tempo de Detenção Hidráulica Médio		(h)	8
Parâmetros de Cálculo para o Digestor			
Volume Máximo por Módulo		(m ³)	2000
Área de Influência Máxima da Célula de Distribuição		(m ²)	2,5
Parâmetros de Cálculo para o Decantador			
Taxa de Aplicação Superficial			
para a Vazão Média		(m/h)	< 0.8
para a Vazão Máxima Horária		(m/h)	< 1.6
Velocidade nas Aberturas do Decantador			
para a Vazão Média		(m/h)	< 2.3
para a Vazão Máxima Horária		(m/h)	< 6.0
Tempo de Detenção Hidráulica no Decantador			
para a Vazão Média		(h)	> 1.5
para a Vazão Máxima Horária		(h)	> 0.6
Largura do Coletor de Gás		(m)	0,25
Espessura da Parede do Coletor Gás		(m)	1,5
Altura da parte reta do decantador		(m)	0,3
Inclinação do defletor		(°)	50

Tabela 14: Dimensionamento dos módulos UASB - 100 L/s – Continuação

Parâmetros de Cálculo para a produção de biogás			
Altitude local	(m)		380
Temperatura do esgoto	(°)		23
Porcentagem de Metano no biogás	(%)		75
Produção de sólidos Y	(kgSST/kgDQOapl)		0,18
Densidade do Lodo	(%)		4
Parâmetros de verificação do tubo de distribuição			
Distancia do pé do tubo ao fundo do reator	(cm)		15
Velocidade ascensional das bolhas de ar	(m/s)		0,2
RESULTADOS			
Resultados do Cálculo do TDH			
TDH para a vazão média	(h)		8
Eficiência Esperada na Remoção de DQO	(%)		67
Velocidade Ascensional para a Vazão Média	(m/h)		0,63
Resultados do Cálculo do Digestor			
Área Total	(m ²)		576,0
Volume Total	(m ³)		2880
Número de Módulos	ud		2
Resultado para os Módulos			
Área do Módulo	(m ²)		288,0
Volume do Módulo	(m ³)		1440,0
Largura do Módulo	(m)		13,9
Comprimento do Módulo	(m)		20,8
Número de Células de Distribuição	(ud)		115
Resultado para as Células de Distribuição			
Área de Influencia	(m ²)		2,50
Largura da Célula	(m)		1,39
Comprimento da Célula	(m)		1,81
Número de Células na Largura do Reator	(ud)		10
Número de Células no Comprimento do Reator	(ud)		11,5
Resultados de Cálculo da Produção de Gás e Lodo			
Produção Metano(CH ₄)	(m ³ /dia)		1029
Produção de BioGás	(m ³ /dia)		1372
Taxa de Liberação de Gás	(m ³ /m ² h)		1,1
Produção de Lodo	(kgSST/dia)		622
Produção Volumétrica Lodo	(m ³ /dia)		15,2
Resultados da verificação do tubo de Distribuição			
Diâmetro do tubo	(mm)		75
Comprimento do tubo	(m)		4,85
Velocidade do afluente no tubo de distribuição na vazão de pico	(m/s)		0,16

Tabela 15: Dimensionamento do pós tratamento - continua

DIMENSIONAMENTO DOS FILTROS BIOLÓGICOS		
<u>VAZÕES AFLUENTES</u>		
Vazão média	l/s	100
Vazão máxima	l/s	160
DBO afluente ao UASB	mg/l	250
Efic. de rem. da DBO no UASB	%	65
DBO afluente ao pós-tratamento	mg/l	88
SSV/SST	%	70
<u>TANQUE DE PRÉ-AERAÇÃO</u>		
Vazão máxima	l/s	160
Tempo de detenção	min.	20
Número de tanques	ud	2
Profundidade útil	m	4
Borda livre	m	0,5
Lado maior	m	6,0
Lado menor	m	4,0
Concentração de OD a manter	mg/l	4
Taxa de transferência de oxigênio	%	5
Consumo de oxigênio	kg/h	46,1
Consumo de ar (volume)	m ³ /min.	2,8
Pressão	m.c.a	4,5
Soprador de ar		
- vazão	Nm ³ /min	4,5
- pressão	m.c.a	4,5
<u>FILTROS BIOLÓGICOS (ALTA TAXA)</u>		
Meio suporte: brita 4		
Vazão média	l/s	100
Vazão máxima	l/s	160
DBO afluente	mg/l	88
- Número de filtros	(ud)	2
- Diâmetro	m	25
- Profundidade útil	m	2,2
- Volume unitário	m ³	1080
- Carga orgânica volum. p/ Qm	kg DBO/m ³ .d	0,35
- Carga hidr.aplicada p/ Qmáx	m ³ /m ² .d	8,8
<u>DECANTADORES SECUNDÁRIOS</u>		
tipo: circulares mecanizados		
Vazão média	l/s	100
Vazão máxima	l/s	160
Número de decantadores		
- em operação		1
- diâmetro	m	22
- área superficial	m ²	380
- prof. lateral	m	3
- volume	m ³	1140
TAXA VAZÃO SUPERF.		
- de projeto, p/ vazão média	m ³ /m ² .d	22,7
TAXA NO VERTEDOR		
- ABNT	m ³ /m.d	<720
- de projeto	m ³ /m.d	125
TEMPO DE DETENÇÃO		
- p/ vazão média	h	3,2
- p/ vazão máxima	h	2,0

Tabela 16: Dimensionamento do pós tratamento – continuação

SECAGEM DO LODO		
Lodo no UASB	kgSS/d	622
Lodo no Dec. Sec./FB	kgSS/d	567
Geração total de lodo para secagem	kgSST/d	1189
	TS (%)	4
	m3ST/d	30
Geração total de lodo seco	kgSST/d	1019
	TS (%)	40
	m3ST/d	3
Geração de lodo do esgoto no UASB	kgSS/kgDBOaplic.	0,28
Produção de lodo no dec.secund.FB	kgSS/kgDBOaplic.	0,75
Redução de SV (lodo sec) no UASB	%	30
Secagem do lodo nos leitos		
- número de ciclos por ano	(ud)	20
- carga de SST aplicada por ciclo	kgSST/m2	15
- área necessária de leito	m2	1447

4.3. Emissários

Há de se salientar que para a disposição adequada dos efluentes tratados, conforme previsto a partir da definição da solução de referência proposta, deverão ser construídos emissários para o lançamento dos efluentes tratados. Neste sentido, a seguir apresenta-se o encaminhamento preferencial para a alocação dos emissários, quando da necessidade de sua implementação. A extensão do emissário, bem como suas estruturas para dispersão/diluição do efluente, serão definidas a partir de estudo de dispersão a ser realizado pela parceria privada.

4.3.1. Bandeirantes

A Estação de Tratamento Bandeirantes terá seus efluentes tratados lançados no Rio Marinho a uma distância de aproximadamente 1,14 Km. Atualmente o efluente da ETE é lançado no Córrego Campo Grande.

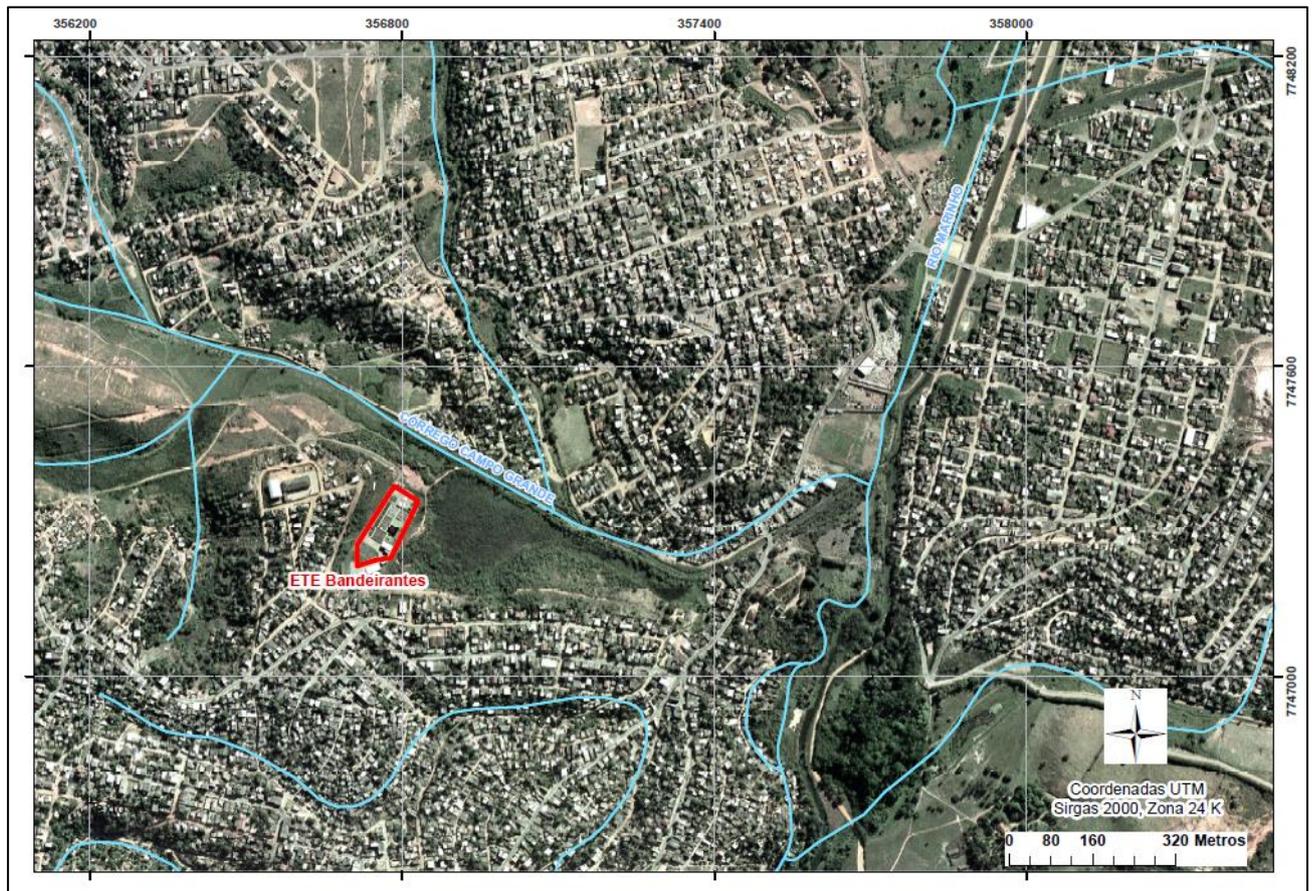


Figura 36: Localização da ETE Bandeirantes, do Córrego Campo Grande e do Rio Marinho.

4.3.2. Flexal

A Estação de Tratamento Flexal terá seus efluentes tratados lançados no estuário do Rio Bubu ou na Baía de Vitória a partir do implemento de um novo emissário. A definição do corpo receptor será obtida a partir de estudo de dispersão a ser realizado pela parceria privada. A seguir, apresenta-se a localização da ETE de do manancial.

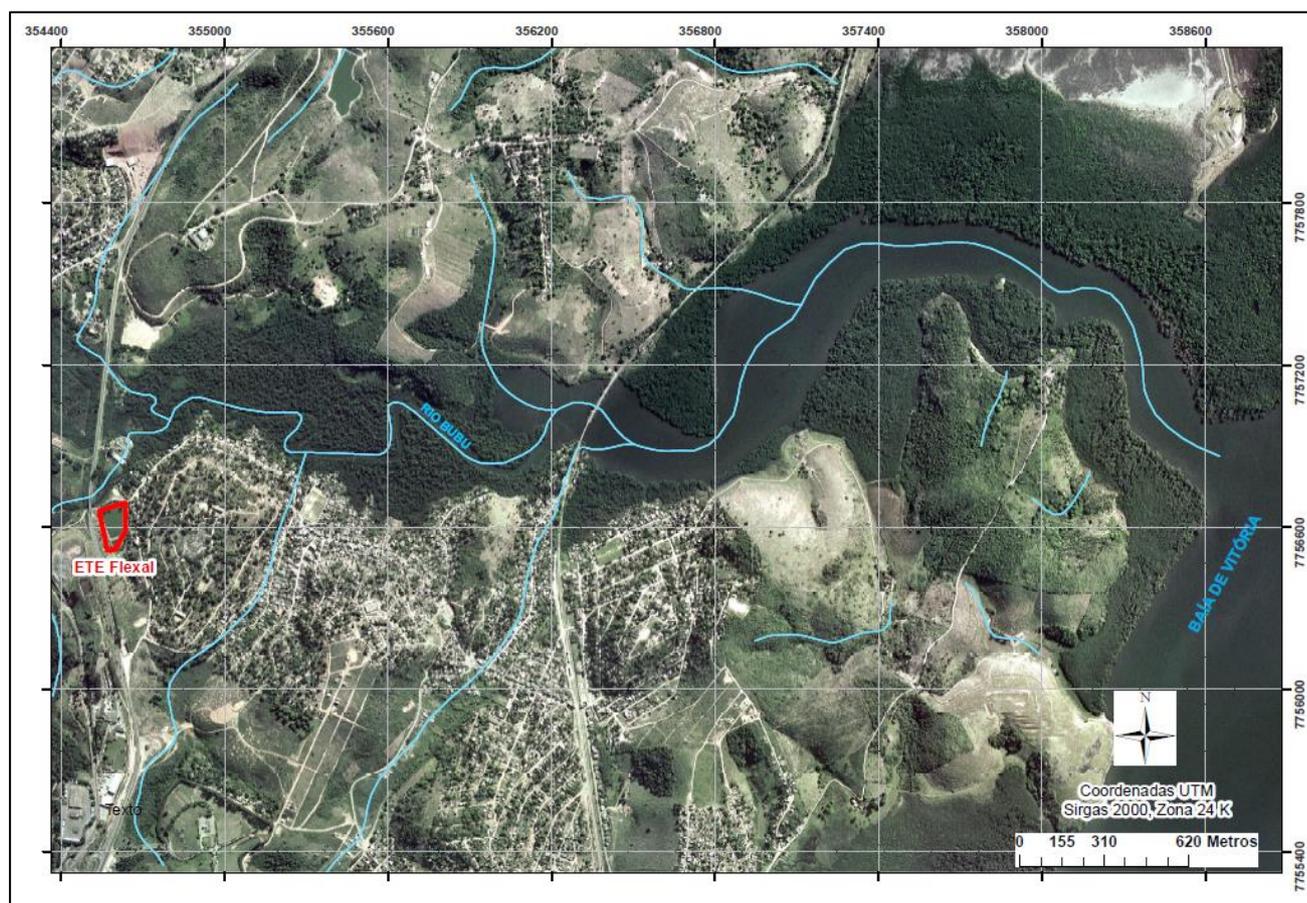


Figura 37: Localização da ETE Flexal e dos possíveis corpos receptores

4.3.3. Pedreiras

A Estação de Tratamento Pedreiras a ser implementada, utilizará como corpo receptor a Baía de Vitória, conforme demonstrado na figura a seguir.



Figura 38: Localização proposta da ETE Pedreiras em relação à Baía de Vitória.

5. Critérios para Orçamentação da Solução de Referência

5.1. Custos Unitários das Obras

Os custos unitários utilizados para orçamento do custo direto das obras a serem implantadas (CAPEX) tiveram por base os preços do orçamento da EBP/CONEN, que foram atualizados pelo IPCA, até a referência 04/2018. Itens não previstos no estudo inicial como elevatórias compactas, emissário, tiveram como referência a preços adotados pela CESAN em licitações similares.

Tabela 17: Custos unitários utilizados

Componente		Custo sem BDI
Rede Coletora	R\$/m	303,99
Coletores Tronco	R\$/m	508,37
Ligações	R\$/un	553,38
Recalque Rede	R\$/m	469,87
Recalque Reversão	R\$/m	767,42
EEE Compacta	R\$/un	48.105,92
EEE Rede	R\$/un	357.903,93
EEE Reversão	R\$/un	663.369,56
Emissário	R\$/m	1.402,68
Desativação ETE	R\$/un	8.021,85
ETE'S - Bandeirantes, Flexal, Pedreiras -750 l/s	R\$	94.145.970,61

5.2. Definição da Área de Planejamento

A adequada definição da Área de Planejamento foi fundamental para assegurar a efetividade dos investimentos que serão realizados. Neste quesito, são consideradas as seguintes premissas principais:

- Priorização dos investimentos na implantação dos sistemas de esgoto de forma a proporcionarem o maior retorno sócio-ambiental – via de regra, esta hierarquização se baseou na densidade de ocupação das áreas; proximidade a sistemas pré-existentes em operação; consolidação da urbanização; proximidade a serviços essenciais e outros fatores de atração de ocupação.
- Nas áreas constituídas por glebas de terra urbanizáveis, a implantação da infraestrutura básica, inclusive os sistemas de água e esgoto, é obrigação do incorporador, conforme estabelece a legislação pertinente, devendo o poder público local fazer valer esta obrigação legal.

5.3. Projeção das Demandas Futuras

Considerando as variáveis mais relevantes para o dimensionamento das estruturas de coleta e tratamento de esgoto – vazões de esgoto e suas respectivas cargas – tem-se que a projeção da evolução destas variáveis ao longo do tempo é função do produto da projeção de diversas premissas de planejamento:

- Estimativas de crescimento populacional, não apenas no conjunto do espaço físico de Cariacica, mas, como já apontado anteriormente ao longo do item “Definição dos Parâmetros do Sistema”.
- Coeficiente de retorno dos esgotos, ou seja, a quantidade da água que é consumida e que retorna para as redes na condição de esgoto, também afetada por praticamente todos os itens apontados no parágrafo acima;
- Coeficiente de infiltração, que é a quantidade de águas pluviais e águas do subsolo que acabam infiltrando no sistema de coleta e tratamento de esgotos. Neste item conta a qualidade da construção e manutenção das redes e PV, a existência ou não de redes pluviais, entre outras condicionantes;
- Carga do esgoto gerado, em função também dos itens já relacionados acima.

5.3.1. Cobertura e adesão

Para a elaboração desta Solução de Referência, foi adotado como 95% de atendimento mínimo para o serviço de esgoto, a ser alcançada em 10 (dez) anos a partir da data de eficácia do contrato. A partir deste ano, considerou-se a manutenção das mesmas ao longo dos anos até o final do horizonte do projeto. A taxa de adesão utilizada foi da ordem de 95%.

5.3.1.1. Sistemas de Coleta

Considerou-se para a implementação das obras o período de 10 anos (curto prazo) como àquele prioritário para os investimentos. O quantitativo estabelecido para os sistemas de coleta pode ser visualizado a partir da tabela a seguir.

Tabela 18: Quantitativos a serem implementados no sistema de coleta do município de Cariacica em 10 anos.

Componente		Quantitativo a implementar
Rede Coletora	Km	436,042
Coletores Tronco	Km	17,78
Ligações	Un	49.600
Recalque de Rede até 350 mm	Km	27,5
Recalque de Reversão acima 350 mm	Km	3,34
EEE Compacta até 3 l/s	Un	15
EEE Intermediária até 100 l/s	Un	46
EEE de Reversão acima de 100 l/s	Un	03

Tabela 19: Quantitativos a serem implementados no sistema de coleta do município de Cariácia (anos 11 à 30)

Componente		Quantitativo a implementar
Rede Coletora	Km	120.0
Coletores Tronco	Km	6.6
Ligações	Un	22.490
Recalque de Rede até 350 mm	Km	6,5
EEE Compacta até 3 l/s	Un	13
EEE Intermediária até 100 l/s	Un	03

Tabela 20: Quantitativos a serem implementados no sistema de coleta do município de Cariácia- Total

Componente		Quantitativo a implementar
Rede Coletora	Km	556,042
Coletores Tronco	Km	24.4
Ligações	Un	72.090
Recalque de Rede até 350 mm	Km	34
Recalque de Reversão acima 350 mm	Km	3,34
EEE Compacta até 3 l/s	Un	28
EEE Intermediária até 100 l/s	Um	49
EEE de Reversão acima de 100 l/s	Un	03

Os gráficos a seguir registram a evolução da implantação das estruturas adotadas neste estudo.

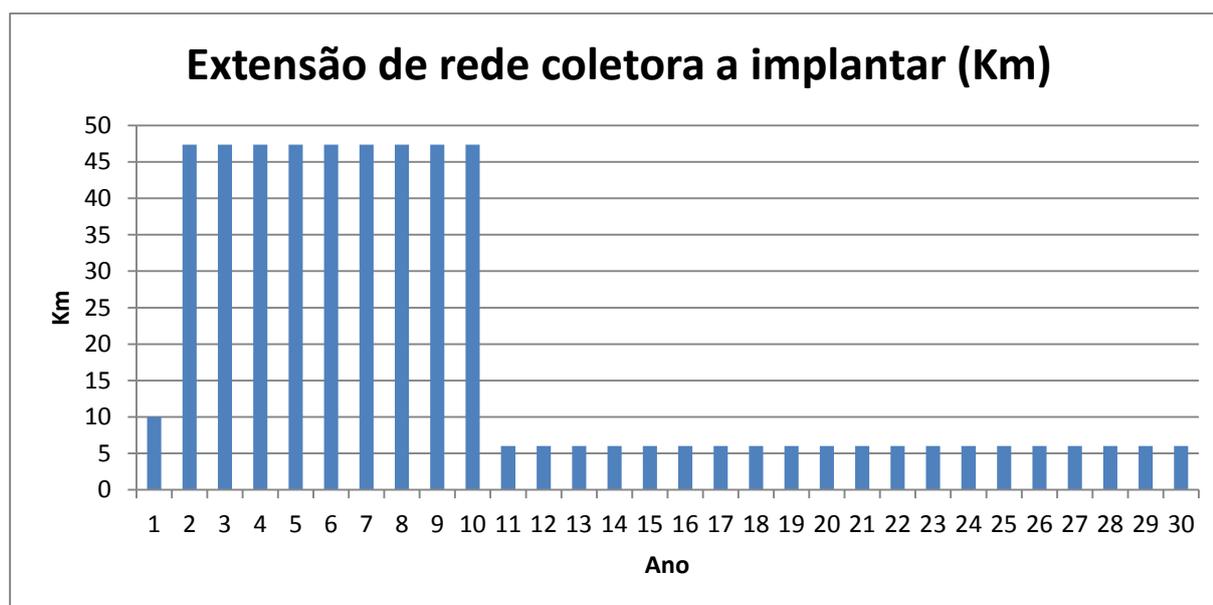


Gráfico 1: Evolução das redes de coleta a implementar (Km)

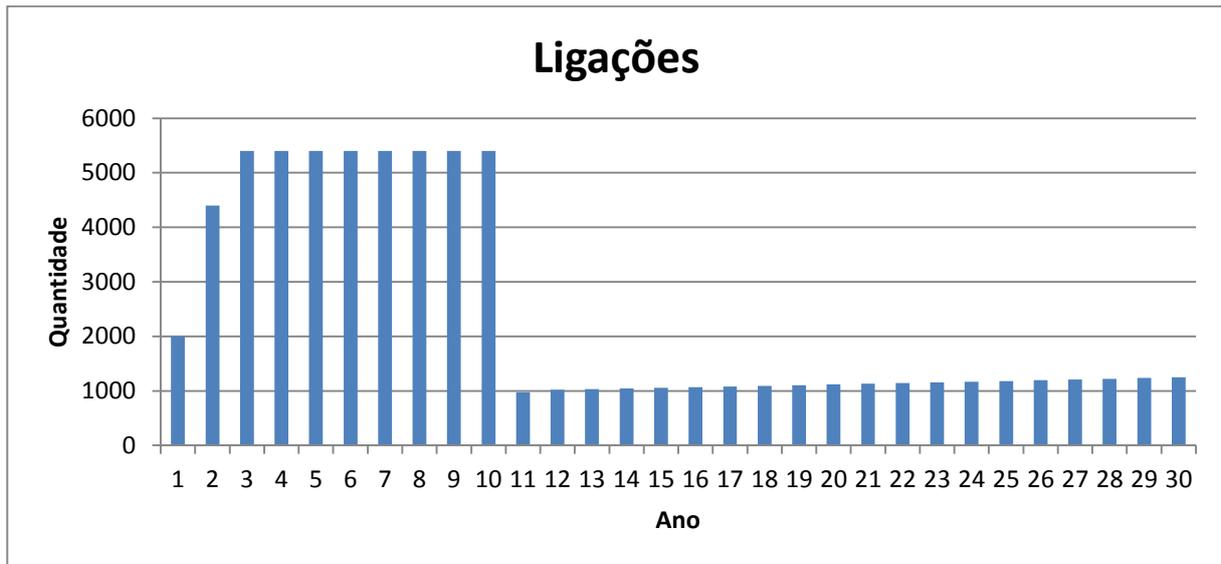


Gráfico 2: Evolução das ligações a implementar

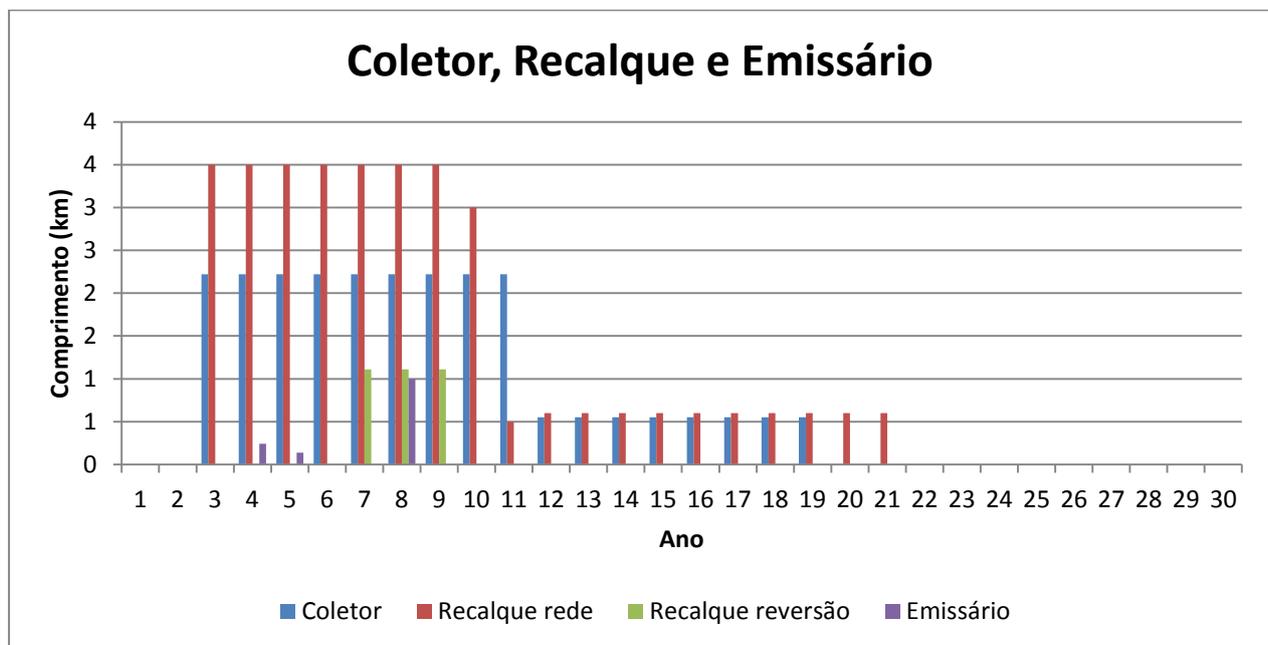


Gráfico 3: Evolução dos coletores tronco, recalque e emissário a implementar (Km)

5.3.1.2. Estações de Tratamento – Premissas do Estudo

- A capacidade dos Sistemas de Tratamento estaria permanentemente compatível com os requisitos técnicos e ambientais, contemplando folga operacional de 10% em relação às vazões;

- Caberia à Contratada avaliar, com base nos critérios técnicos e ambientais, as efetivas viabilidades de aproveitamento das Estações de Tratamento existentes, elaborando o seu planejamento de desativação e implantação de novas ETE's sob esta premissa;
- A implantação de novas ETE's poderá ser efetuada em fases até atingir a configuração para final de plano, tendo em vista a evolução da demanda de volume de esgotos em função do crescimento populacional e da meta da cobertura e atendimento (adesão);
- A evolução da tecnologia de tratamento necessária, decorrente da evolução da demanda de volume e carga dos esgotos afluentes às ETE's, também poderá ser implementada por etapas, desde que mantido o atendimento dos requisitos mínimos estabelecidos para o licenciamento ambiental e critérios de outorga.

5.4. Estimativa Orçamentária - ETE

O custo total previsto para ampliação das Estações de Tratamento de Esgoto dos municípios de Cariacica e Viana/ES é apresentado na tabela abaixo o resumo do orçamento obtido sem BDI.

Tabela 21: Planilha orçamentária – ETEs resumo geral

Descrição	Totais (R\$)
ETE Bandeirantes	R\$ 37 658 388.24
ETE Flexal	R\$ 25 105 592.16
ETE Pedreira	R\$ 31 381 990.20

6. Resumo CAPEX

A tabela a seguir apresenta um resumo dos investimentos totais a serem realizados ao longo do horizonte do projeto.

Tabela 22: Resumo CAPEX ano 10

Partes do Sistema de Esgoto	Quantitativo		Custo Unitário (R\$)		Custos (R\$ milhões)
	Unidade	Qtd.	Unidade	Custo	
Rede Coletora	m	436 042	R\$/m	303,99	132 551 242,57
Coletores Tronco	m	17 778	R\$/m	508,37	9 037 713,32
Ligações	un	49 600	R\$/un	553,38	27 447 716,90
EEE Compacta até 3 l/s	un	15	R\$/un	48 105,92	721 588,83
EEE Intermediária até 100 l/s	un	46	R\$/un	357 903,93	16 463 580,74
Recalque de Rede até 350 mm	m	27 500	R\$/m	469,87	12 921 328,59
EEE Reversão acima de 100 l/s	un	3	R\$/un	663 369,56	1 990 108,68
Recalque de Reversão > 350 mm	m	3 335	R\$/m	767,42	2 559 357,87
Emissário Bandeirantes	m	1 139	R\$/m	1 402,68	1 597 651,29
Emissário Flexal	m	1 000	R\$/m	1 402,68	1 402 678,92
Emissário Pedreira	m	240	R\$/m	1 402,68	336 642,94
Desativação das ETE´s	un	4.0	R\$/un	8 021,85	32 087,40
ETE Bandeirantes	un	1.0	R\$/un	37 658 388,24	37 658 388,24
ETE Flexal	un	0.5	R\$/un	25 105 592,16	12 552 796,08
ETE Pedreira	un	1.0	R\$/un	31 381 990,20	31 381 990,20
Aquisição áreas de ETE e EEEB	Vb	0.80	R\$	6 715 280,14	5 372 224,11
TI (ERP,CCO, Call Center, etc)	Vb	0.50	R\$	9 000 000,00	4 500 000,00
Hidrômetros	Vb	0.36	R\$	88 701 128,27	31 605 169,58

Tabela 23: Resumo CAPEX a partir do décimo ano

Partes do Sistema de Esgoto	Quantitativo		Custo Unitário (R\$)		Custos (R\$ milhões)
	Unidade	Qtd.	Unidade	Custo	
Rede Coletora	m	120 000	R\$/m	303,99	36 478 479,39
Coletores Tronco	m	6 622	R\$/m	508,37	3 366 548,21
Ligações	un	22 490	R\$/un	553,38	12 445 788,68
EEE Compacta até 3 l/s	un	13	R\$/un	48 105,92	625 376,99
EEE Intermediária até 100 l/s	un	3	R\$/un	357 903,93	1 073 711,79
Recalque de Rede até 350 mm	m	6 500	R\$/m	469,87	3 054 132,21
ETE Flexal	un	0,5	R\$/un	25 105 592,16	12 552 796,08
Aquisição áreas de ETE e EEEB	Vb	0,20	R\$	6 715 280,14	1 343 056,03
TI (ERP,CCO, Call Center, etc)	Vb	0,50	R\$	9 000 000,00	4 500 000,00
Hidrômetros	Vb	0,64	R\$	88 701 128,27	57 095 958,70

Tabela 24: Resumo Capex 30 anos

Partes do Sistema de Esgoto	Quantitativo		Custo Unitário (R\$)		Custos (R\$ milhões)
	Unidade	Qtd.	Unidade	Custo	
Rede Coletora	m	556 042	R\$/m	303,99	169 029 721,96
Coletores Tronco	m	24 400	R\$/m	508,37	12 404 261,53
Ligações	un	72 090	R\$/un	553,38	39 893 505,58
EEE Compacta até 3 l/s	un	28	R\$/un	48 105,92	1 346 965,82
EEE Intermediária até 100 l/s	un	49	R\$/un	357 903,93	17 537 292,53
Recalque de Rede até 350 mm	m	34 000	R\$/m	469,87	15 975 460,80
EEE Reversão acima de 100 l/s	un	3	R\$/un	649 866,36	1 990 108,68
Recalque de Reversão > 350 mm	m	3 335	R\$/m	767,42	2 559 357,87
Emissário Bandeirantes	m	1 139	R\$/m	1 402,68	1 597 651,29
Emissário Flexal	m	1 000	R\$/m	1 402,68	1 402 678,92
Emissário Pedreira	m	240	R\$/m	1 402,68	336 642,94
Desativação das ETE´s	un	4	R\$/un	8 021,85	32 087,40
ETE Bandeirantes	un	1	R\$/un	37 658 388,24	37 658 388,24
ETE Flexal	un	1	R\$/un	25 105 592,16	25 105 592,16
ETE Pedreira	un	1	R\$/un	31 381 990,20	31 381 990,20
Aquisição áreas de ETE e EEEB	Vb	1	R\$	6 715 280,14	6 715 280,14
TI (ERP,CCO, Call Center, etc)	Vb	1	R\$	9 000 000,00	9 000 000,00
Hidrômetros	Vb	1	R\$	88 701 128,27	88 701 128,27

7. Volumes Coletados e Tratados

A partir da avaliação e entendimento dos valores encontrados tomando-se por base o Estudo Populacional, foi possível calcular os volumes coletados e tratados a serem adotados. Considerou-se percapta de água de 144 l/hab.dia.

Tabela 25: Volume coletado e tratado nos sistemas propostos para cada ano da concessão (m³/ano).

Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bandeirantes	5 510 405	5 696 983	6 046 095	6 476 111	6 862 857	7 087 420	7 312 077	7 536 835	7 761 697	7 986 671
Flexal	687 128	880 077	1 302 783	1 839 487	2 128 235	2 370 256	2 611 644	2 852 397	3 092 515	3 332 000
Pedreira	10 650	10 757	10 865	691 626	1 420 801	2 146 882	2 887 414	3 642 614	4 412 702	5 197 995
Viana bairros	0	0	0	1 776 202	1 818 201	1 861 063	1 904 805	1 949 445	1 994 999	2 041 484

Sistema	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bandeirantes	8 066 938	8 148 012	8 229 901	8 312 613	8 396 156	8 480 539	8 565 770	8 651 857	8 738 810	8 826 636
Flexal	3 365 487	3 399 311	3 433 474	3 467 981	3 502 835	3 538 039	3 573 597	3 609 512	3 645 789	3 682 429
Pedreira	5 250 236	5 303 001	5 356 297	5 410 129	5 464 502	5 519 421	5 574 892	5 630 921	5 687 512	5 744 673
Viana bairros	2 254 229	2 306 462	2 359 758	2 414 139	2 469 625	2 526 236	2 583 994	2 642 921	2 703 039	2 764 371

Sistema	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Bandeirantes	8 915 345	9 004 946	9 095 447	9 186 858	9 279 187	9 372 445	9 466 640	9 561 781	9 657 878	9 754 942
Flexal	3 719 438	3 756 819	3 794 576	3 832 712	3 871 232	3 910 138	3 949 436	3 989 128	4 029 220	4 069 714
Pedreira	5 802 408	5 860 723	5 919 624	5 979 117	6 039 208	6 099 903	6 161 208	6 223 130	6 285 673	6 348 845
Viana bairros	2 826 939	2 890 766	2 955 878	3 022 297	3 090 048	3 159 157	3 229 650	3 301 551	3 374 888	3 449 688

8. Despesas de Exploração

- Período de operação: 2019 a 2048 – 30 anos
- Preços: Real (R\$) ref. 2015, corrigido pela taxa de 1,1511 (IPCA) referente ao período de julho/15 a abril/18.

Tabela 26: Sistemas de esgoto e tipos de tratamento adotados

Sistema	ETE	Tecnologia	Vazão Final de Plano (L/s)
Bandeirantes	Bandeirantes	UNITANK (Existente)	250
		UASB + FBP	300
Flexal	Flexal	UASB + FBP	200
Pedreiras	Pedreiras	UASB + FBP	250

8.1. Instalações de Esgoto Consideradas

Os custos de Operação e Manutenção foram calculados separadamente para as seguintes Unidades Operacionais:

- Rede Coletora, ligações prediais, coletores tronco e linhas de recalque;
- Estações Elevatórias (EEE) das redes coletoras;
- Estações Elevatórias (EEE) de reversão;
- Estações de Tratamento (ETEs)
- Emissários

8.2. Custos Unitários

Foram considerados os seguintes custos na formação da OPEX:

- Energia Elétrica;
- Pessoal;
- Produtos Químicos;
- Disposição de Lodo e Resíduos Sólidos;
- Materiais de Manutenção e Escritório;
- Coleta e Análise de Amostras (laboratório) e Monitoramento.

8.2.1. Custos de Operação das Estações Elevatórias de Rede e Elevatórias de Reversão

Foram calculados em função das informações referentes a manutenção eletromecânica e do consumo de energia atualmente aplicadas no sistema. Calculou-se um custo unitário expresso em valor pago para cada metro cúbico de esgoto tratado (R\$/m³).

8.2.2. Custos de Energia Elétrica Utilizada Nas Estações de Tratamento de Esgoto

Os custos foram calculados com base nos consumos energéticos das tecnologias propostas e na tarifa média praticada para o cálculo da tarifa unitária, também em valor pago por esgoto tratado (R\$/m³).

8.2.3. Disposição Final de Lodo das ETEs

O volume de lodo gerado, calculado em função da vazão tratada e da tecnologia adotada, associado às tarifas locais de transporte e disposição em aterro sanitário da torta e resíduos sólidos, resultou nas tarifas em função do volume de esgoto tratado (R\$/m³).

8.2.4. Custo de Produtos Químicos

O volume de produtos químicos (cloro e polímero), calculado em função da vazão tratada, a serem consumidos nas Unidades de Tratamento associado aos preços dos produtos no mercado local, resultou nas tarifas em função do volume de esgoto tratado (R\$/m³).

8.2.5. Monitoramento

Calculou-se o custo de monitoramento ambiental a ser realizado tendo por base a média dos custos atuais praticados no monitoramento das estações de tratamento existentes no município.

8.2.6. Pessoal

O quadro de Pessoal Operacional foi dimensionado em função do porte das instalações operadas, mantidas e conservadas, levando-se em conta os seguintes parâmetros:

- Número de unidades de Tratamento e tipo delas;

- Extensão das Redes de Esgoto;
- Número de EEE

A equipe necessária para garantir a operacionalidade efetiva do contrato deverá ser exclusiva para essa concessão, devendo ser garantido dedicação exclusiva a nível de gestão para os seguintes processos:

- Administrativo/Financeiro
- Operação e Manutenção
- Projetos e Obras
- Meio Ambiente, Segurança e Qualidade

As atividades podem ser realocadas, entre os processos, de acordo com a expertise do Parceiro Privado, devendo ser mantido no mínimo 4 (quatro) profissionais na gestão desses processos.

Os salários considerados são os praticados na Região Metropolitana da Grande Vitória, acrescidos dos adicionais de lei, benefícios e encargos sociais, conforme apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 27: Custo com o Pessoal das Unidades de Tratamento - Bandeirantes

Situação de funcionários para os anos de 2019 até 2025						
Cargo	Qtd.	Salário Unitário ()	Encargos	Benefícios ()	EPI	Custo (/ano)
Coordenador de Tratamento	1,0	7 920.00	82.14%	1 424.51	155.26	192 063.07
Analista Ambiental	1,0	1 882.16	82.14%	1 424.51	155.26	60 095.18
Biólogo/Químico	1,0	2 319.78	82.14%	1 424.51	155.26	69 660.09
Técnico de Laboratório	2,0	2 352.07	82.14%	1 424.51	155.26	140 731.89
Supervisor de Manutenção	1,0	1 533.69	82.14%	1 424.51	155.26	52 478.68
Vigilante	3,0	937.00	100.58%	1 424.51	155.26	124 531.28
Operador de ETE	4,0	1 344.22	82.14%	1 424.51	155.26	193 350.24
Auxiliar de Operador de ETE	2,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	83 839.22
Eletromecânico	1,0	3 071.43	82.14%	1 424.51	155.26	86 088.80
Servente	2,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	83 839.22
TOTAL						1.086.677,67
Situação de funcionários a partir de 2026						
Coordenador de Tratamento	1,0	7 920.00	82.14%	1 424.51	155.26	192 063.07
Analista Ambiental	1,0	1 882.16	82.14%	1 424.51	155.26	60 095.18
Biólogo/Químico	1,0	2 319.78	82.14%	1 424.51	155.26	69 660.09
Técnico de Laboratório	2,0	2 352.07	82.14%	1 424.51	155.26	140 731.89
Supervisor de Manutenção	1,0	1 533.69	82.14%	1 424.51	155.26	52 478.68
Vigilante	3,0	937.00	100.58%	1 424.51	155.26	124 531.28
Operador de ETE	4,0	1 344.22	82.14%	1 424.51	155.26	193 350.24
Auxiliar de Operador de ETE	2,0	954.00	82.14%	1 424.51	155.26	79 617.20
Eletromecânico	2,0	3 071.43	82.14%	1 424.51	155.26	172 177.61
Servente	3,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	125 758.83
TOTAL						1.210.464,06

Tabela 28: Custo com o Pessoal das Unidades de Tratamento - Flexal

Cargo	Qtd.	Salário Unitário (R\$)	Encargos	Benefícios (R\$)	EPI	Custo (R\$/ano)
Coordenador de Tratamento	0,5	7 920.00	82.14%	1 424.51	155.26	96 031.53
Analista Ambiental	1,0	1 882.16	82.14%	1 424.51	155.26	60 095.18
Biólogo/Químico	0,5	2 319.78	82.14%	1 424.51	155.26	34 830.04
Técnico de Laboratório	1,0	2 352.07	82.14%	1 424.51	155.26	70 365.95
Supervisor de Manutenção	0,5	1 533.69	82.14%	1 424.51	155.26	26 239.34
Vigilante	2,0	937.00	100.58%	1 424.51	155.26	83 020.85
Operador de ETE	3,0	1 344.22	82.14%	1 424.51	155.26	145 012.68
Auxiliar de Operador de ETE	1,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	41 919.61
Eletromecânico	1,0	3 071.43	82.14%	1 424.51	155.26	86 088.80
Servente	1,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	41 919.61
TOTAL						685 523.60

Tabela 29: Custo com o Pessoal das Unidades de Tratamento - Pedreira

Cargo	Qtd.	Salário Unitário (R\$)	Encargos	Benefícios (R\$)	EPI	Custo (R\$/ano)
Coordenador de Tratamento	0,5	7 920.00	82.14%	1 424.51	155.26	96 031.53
Analista Ambiental	1,0	1 882.16	82.14%	1 424.51	155.26	60 095.18
Biólogo/Químico	0,5	2 319.78	82.14%	1 424.51	155.26	34 830.04
Técnico de Laboratório	1,0	2 352.07	82.14%	1 424.51	155.26	70 365.95
Supervisor de Manutenção	0,5	1 533.69	82.14%	1 424.51	155.26	26 239.34
Vigilante	2,0	937.00	100.58%	1 424.51	155.26	83 020.85
Operador de ETE	3,0	1 344.22	82.14%	1 424.51	155.26	145 012.68
Auxiliar de Operador de ETE	1,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	41 919.61
Eletromecânico	1,0	3 071.43	82.14%	1 424.51	155.26	86 088.80
Servente	1,0	954.00	100.58%	1 424.51	155.26	41 919.61
TOTAL						685 523.60

Tabela 30: Custo com o Pessoal de manutenção e operação das unidades EEE's e Redes

Cargo	Qtd.	Salário Unitário (R\$)	Encargos	Benefícios (R\$)	EPI	Custo (R\$/ano)
Coordenador de Manutenção	1	7.920,00	82%	1 424.51	155.26	192 063.07
Encanador	6	2 263.05	82%	1 424.51	155.26	410 521.16
Encanador Líder	2	4 137.23	82%	1 424.51	155.26	218 767.86
Operador de Equipamentos	3	1 122.41	82%	1 424.51	155.26	130 468.30
Operador de Máquinas	3	1 122.41	82%	1 424.51	155.26	130 468.30
Operador Volante - EEE/ETE Distritos	3	1 122.41	82%	1 424.51	155.26	130 468.30
Servente	12	937.00	101%	1 424.51	155.26	498 125.12
Supervisor de Redes	1	1 533.69	82%	1 424.51	155.26	52 478.68
TOTAL						1 763 360.79

Tabela 31: Custo com o Pessoal Administrativo

Cargo	Qtd.	Salário Unitário (R\$)	Encargos	Benefícios (R\$)	EPI	Custo (R\$/ano)
Consultor Jurídico	1,0	6 853.78	82,14%	1 424.51	-	166 895.79
Diretor Administrativo	1,0	14 272.62	82,14%	1 424.51	-	329 047.88
Diretor de Operações	1,0	14 272.62	82,14%	1 424.51	-	329 047.88
Secretária	2,0	2 848.38	82,14%	1 424.51	-	158 701.09
Assistente Administrativo	4,0	3 269.12	82,14%	1 424.51	-	354 186.42
Auxiliar Administrativo	4,0	1 659.11	82,14%	1 424.51	-	213 428.07
Serviços Gerais	4,0	954.00	100,58%	1 424.51	-	160 225.96
Vigilante	6,0	954,00	100,58%	1 424.51	-	240 338.95
TOTAL						1 951 872.03

Tabela 32: Custo dos benefícios com o pessoal das unidades de trabalho

Benefícios	Unidade	Quantidade	Unitário	Total
Convênio Médico	R\$/mês	1	483.48	483.48
Vale Refeição	R\$/mês	22	31.08	683.78
Treinamentos	R\$/mês	1	57.56	57.56
Vale Transporte	R\$/mês	44	4.26	187.41
Seguro de Vida	R\$/mês	0.62%	1 982.26	12.29
Subtotal (R\$/mês)				1 424.51
Uniformes e EPI's				
Calça e Camisa de Brim	Conj/ano	4	57.56	230.23
Bota de Couro	Par/ano	3	55.25	165.76
Protetor Auricular	Unid/ano	2	7.48	14.96
Luva de Couro	Par/ano	6	5.18	31.08
Boné Jockey	Unid/ano	3	5.76	17.27
Capa de Chuva	Unid/ano	1	20.14	20.14
Jaqueta de Frio	Unid/ano	1	71.37	71.37
Material de Consumo	Unid/mês	1	109.36	109.36
Subtotal (R\$/mês)				1 863.12

8.2.7. Materiais de Manutenção

Neste item estão incluídos todos os equipamentos e materiais necessários à manutenção e operação do sistema de esgotamento sanitário proposto. Para tal estimou-se um custo de material em R\$ 1049,85 por quilômetro de rede por ano e R\$ 7,50 por ligação de esgoto por ano tendo-se por base estudos feitos pela EBP/CONEM no município de Serra/ES¹. Também são incluídos combustíveis necessários à operação e manutenção da frota de veículos.

Foram considerados os maquinários básicos para a execução do serviço conforme tabela a seguir:

Tabela 33: Custo com o materiais de manutenção

Cargo	Parâmetro de Dimensionamento	Quantidade Total (unidade)	Custo (R\$/ano)
	(ligações/unidades)		
Caminhão Basculante 6 m ³	200.000	1	183 890.82
Caminhão Jato/Vácuo Pressão	100.000	1	601 939.49
Mini-jet (Sewerjet)	100.000	1	389 438.85
Pick-up 1600 CC Cap. 500 a 800 kg	60.000	2	118 737.30
Retroescavadeira com operador	100.000	1	255 644.45
Veículo Leve 1.000 completo	40.000	3	163 747.47
TOTAL			1 713 398.37

8.2.8. Serviços Gerais

Neste item estão incluídos os custos com serviços e materiais gerais de consumo como: papel, telefones, xerox, material de limpeza, etc. Estimou-se um total de gasto mensal da ordem de R\$ R\$ 34.534,18 totalizando uma despesa de R\$ 414.410,15 ao ano.

8.3. Resultados

A partir do exposto, apresentam-se os seguintes resultados obtidos:

- OPEX Total obtido (30 anos), separados por tipo de despesa;
- Custos Unitários Médios (R\$/m³) separados por tipo de despesa;

¹ Os valores foram corrigidos pelo INCC de 2012 para o ano de 2015, adicionado ainda ao índice de 1.1511393 (IPCA) referente a inflação até Abril de 2018.

➤ OPEX total (R\$/m³)

O valor total da exploração resultou em aproximadamente R\$ 477 milhões, considerando o período de 30 anos. O custo unitário médio por metro cúbico de esgoto coletado e tratado para o município de Cariacica é de **R\$ 0,999/m³**. Para Viana bairros o custo unitário médio por metro cúbico de esgoto tratado ficou em R\$ 0,438/m³.

A seguir serão apresentados estes custos por sistemas.

Tabela 34: OPEX total (30 anos) por tipo de despesa – Bandeirantes

Ligações de esgoto	un	51.499
Extensão da rede de esgotos	km	476,295
Volume coletado e tratado de esgotos	m ³	245.989.851
Tipo da Despesa		R\$/m³
Produtos químicos de ETEs (Polímero)		0.021
Disposição final de lodo de ETEs		0.007
Produtos químicos de ETEs (Cloro)		0.084
Energia elétrica das ETEs		0.162
Monitoramento de Corpos D'água		0.005
Energia elétrica de Reversão		0.026
Manutenção de Reversão		0.038
Energia Elétrica das ETEs de Redes		0.039
Manutenção das ETEs de Redes		0.057
EE Emissário		0.028
Pessoal de ETEs		0.149
Manutenção de ETE		0.007
Pessoal de ETEs e Redes		0.077
Materiais (Manutenção, Combustível, Ferramentas, Oficina, Veículos, etc)		0.168
Pessoal Administrativo e Financeiro e Coordenadores		0.079
Serviços gerais e aluguéis, tel, xerox, etc		0.017
OPEX de esgoto tratado		0.964

Tabela 35: OPEX total (30 anos) por tipo de despesa – Flexal

Ligações de esgoto	un	25 740
Extensão da rede de esgotos	km	344,144
Volume coletado e tratado de esgotos	m ³	95 237 390
Tipo da Despesa		R\$/m ³
Produtos químicos de ETEs (Polímero)		0.017
Disposição final de lodo de ETEs		0.006
Produtos químicos de ETEs (Cloro)		0.069
Energia elétrica das ETEs		0.046
Monitoramento de Corpos D'água		0.007
Energia elétrica de Reversão		0.026
Manutenção de Reversão		0.038
Energia Elétrica das ETEs de Redes		0.039
Manutenção das ETEs de Redes		0.057
EE Emissário		0.023
Pessoal de ETEs		0.216
Manutenção de ETE		0.009
Pessoal de ETEs e Redes		0.124
Materiais (Manutenção, Combustível, Ferramentas, Oficina, Veículos, etc)		0.270
Pessoal Administrativo e Financeiro e Coordenadores		0.205
Serviços gerais e aluguéis, tel, xerox, etc		0.044
OPEX de esgoto tratado		1.194

Tabela 36: OPEX total (30 anos) por tipo de despesa – Pedreiras

Ligações de esgoto	un	36 095
Extensão da rede de esgotos	km	387,575
Volume coletado e tratado de esgotos	m ³	136 093 728
Tipo da Despesa		R\$/m ³
Produtos químicos de ETEs (Polímero)		0.017
Disposição final de lodo de ETEs		0.006
Produtos químicos de ETEs (Cloro)		0.069
Energia elétrica das ETEs		0.046
Monitoramento de Corpos D'água		0.012
Energia elétrica de Reversão		0.026
Manutenção de Reversão		0.038
Energia Elétrica das EEEs de Redes		0.039
Manutenção das EEEs de Redes		0.057
EE Emissário		0.000
Pessoal de ETEs		0.151
Manutenção de ETE		0.015
Pessoal de EEEs e Redes		0.087
Materiais (Manutenção, Combustível, Ferramentas, Oficina, Veículos, etc)		0.189
Pessoal Administrativo e Financeiro e Coordenadores		0.143
Serviços gerais e aluguéis, tel, xerox, etc		0.030
OPEX de esgoto tratado		0.925