

**Companhia Espírito Santense de Saneamento -
CESAN**

Estudo Técnico e Operacional

011 – Afonso Cláudio/ES

20 de março de 2023



Sumário

1. DADOS GERAIS	4
2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL	5
2.1 Sistemas Existentes	5
2.2 Obras em Execução Distrito Sede.....	6
2.2.1 Ligações e Economias	6
2.2.2 Redes	6
2.2.3 Elevatórias	7
2.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	7
3. AÇÕES DO PMSB E METAS DO CP	8
3.1 Ações Previstas no PMSB.....	8
3.2 Metas do Contrato de Programa.....	9
4. ESTIMATIVA POPULACIONAL E DE DOMICÍLIOS	10
4.1 Dados de Referência.....	10
4.2 Metodologia de Cálculo.....	11
4.3 Projeção Populacional e de Domicílios.....	13
5. PARÂMETROS DE PROJETO	14
5.1 Vazões de Contribuição	14
5.1.1 Consumo “Per Capita” Efetivo de Água.....	14
5.1.2 Coeficiente de Retorno Esgoto/Água (C).....	14
5.1.3 Coeficientes de Variação de Demanda.....	15
5.1.4 Vazão de Infiltração	15
5.1.5 Vazão para Redes Coletoras	15
5.1.6 Vazão para Estações Elevatórias	16
5.1.7 Vazão para o Sistema de Tratamento	16
5.2 Critérios Adotados para o Dimensionamento da Rede.....	17
5.3 Interceptores e Emissários por Gravidade	19
5.4 Considerações para Ampliação de Rede Coletora.....	19
5.5 Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB) e Linhas de Recalque	19
5.6 Características do Esgoto Bruto.....	21
6. PROJEÇÕES DO SES.....	22
6.1 Índice de Cobertura	22
6.2 Volume Coletado Estimado	22
6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE.....	23
6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto.....	23

6.5	Rede Coletora e Elevatórias.....	24
6.6	Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	25
6.7	Sistemas Interligados.....	25
6.8	Pro-Rural.....	25
6.9	Mapa Atual do SES.....	25

7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS

26

7.1	Investimentos (Capex).....	27
7.1.1	Obras	27
7.1.2	Curva paramétrica	27
7.1.2.1	Curva Paramétrica de Custos para Elevatórias de Esgoto.....	28
7.1.2.2	Curva Paramétrica de Custos para Estação de Tratamento de Esgoto	29
7.1.3	Projeto Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local	31
7.1.4	Reinvestimento em Melhorias Operacionais do SES.....	32
7.1.5	Serviços Comerciais	32
7.2	Custos e Despesas de Operação e Manutenção (Opex).....	33
7.2.1	Pessoal	33
7.2.2	Energia Elétrica	33
7.2.3	Produtos Químicos	34
7.2.4	Remoção de Lodo	34
7.2.5	Outras Despesas	34
7.2.6	Despesas Fiscais e Tributárias	34

8.	CONCLUSÃO.....	35
-----------	-----------------------	-----------

INTRODUÇÃO

O documento apresentado denominado **Estudo Técnico e Operacional** para o município de **Afonso Cláudio/ES**, externa conceitualmente a infraestrutura existente e a ampliação necessária para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário até o ano de 2024.

Entende-se como universalização a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico, com índice maior ou igual a 90%, na área de abrangência do CONTRATO. Cabe frisar que as metas dos Contratos de Programa entre CESAN e a Municipalidade, não são idênticas as que serão entre CESAN e futura Concessionária, devendo a contratada atentar-se ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

O estudo em questão, trata-se de um Projeto Conceitual referencial, não vinculativo, elaborado de modo a possibilitar estimativas de despesas de capital (CAPEX) e despesas operacionais (OPEX) no horizonte de planejamento, tomando por base metas específicas para o município de **Afonso Cláudio/ES**. O **Estudo Técnico e Operacional** considerou como base os itens elencados a seguir:

- Dados gerais, com descrição da área de abrangência da concessão;
- Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do município, descrição da infraestrutura existente, quando aplicável, considerando ligações, economias, redes coletoras, interceptores, estações elevatórias, estações de tratamento de esgotos e obras em execução;
- Ações previstas no Plano Municipal de Saneamento (PMSB) e metas do Contrato de Programa (CP);
- Estimativa populacional e de domicílios;
- Parâmetros de projeto;
- Projeções do SES de **Afonso Cláudio/ES**, como índice de atendimento de cobertura, volume coletado estimado, vazão de entrada e saída da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), eficiência do tratamento de esgoto de serviços comerciais, sistemas interligados (se houver), pro-rurais (se houver) e mapa do SES.
- Investimentos, custos e despesas operacionais referenciais.

1. DADOS GERAIS

O município de **Afonso Cláudio** está localizado na região sudoeste do estado do Espírito Santo. O município ocupa uma área de 956,51 km², limitando-se com os municípios capixabas de Brejetuba/ES, Conceição do Castelo/ES, Domingos Martins/ES, Itarana/ES, Laranja da Terra/ES, Santa Maria de Jetibá/ES e Venda Nova do Imigrante/ES, e com os municípios mineiros de Aimorés e Mutum. Está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

O Município está a 138 km da capital do estado, possuindo 09 (nove) distritos: Sede, Fazenda Guandu, Ibicaba, Mata Fria, Piracema, Pontões, São Francisco Xavier do Guandu, São Luiz da Boa Sorte e Serra Pelada, sendo que a área de abrangência da concessão da CESAN, atualmente, se limita a área urbana do município.

A população conforme dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ano de 2022 era de 30.603 habitantes.

Figura 1
Mapa de Localização – Município de Afonso Cláudio/ES



No que tange, a topografia, segundo dados do INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, a Sede de **Afonso Cláudio** tem uma altitude que varia de 300 a 1.480 metros.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL

2.1 Sistemas Existentes

O sistema de esgoto sanitário de Afonso Cláudio possui 38.605 m de rede coletora de esgotos, 5 estações elevatórias, 1.875 m de linhas de recalque e uma estação de tratamento composta de gradeamento, desarenador, reator anaeróbio de fluxo ascendente – UASB e lagoa facultativa. A estação tem uma capacidade de tratamento de 40,2 l/s de vazão média. Atualmente o sistema tem 2.927 ligações ativas de esgoto.

O distrito de Serra Pelada é atendido pela Cesan com abastecimento de água, tendo 315 ligações em outubro de 2022. Não possui sistema de esgotamento sanitário.

Quadro 1
Informações de Afonso Cláudio

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Rede de Esgoto	m	2022	38.605
Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)	und	2022	1
Estações Elevatórias de Esgoto (EEE)	und	2022	5
Ligações Ativas de Água	lig	2022	5.647
Ligações Inativas de Água	lig	2022	510
Ligações Ativas + Inativas de Água	lig	2022	6.157
Ligações Residenciais Ativas de Água	lig	2022	5.108
Ligações Residenciais Inativas de Água	lig	2022	410
Ligações Residenciais Ativas + Inativas de Água	lig	2022	5.518
Economias Ativas de Água	eco	2022	6.441
Economias Inativas de Água	eco	2022	540
Economias Ativas + Inativas de Água	eco	2022	6.981
Economias Residenciais Ativas de Água	eco	2022	5.740
Economias Residenciais Inativas de Água	eco	2022	433
Economias Residenciais Ativas + Inativas de Água	eco	2022	6.173
Ligações Ativas de Esgoto	lig	2022	2.927
Ligações Factíveis de Esgoto	lig	2022	1.531
Ligações Ativas + Factíveis de Esgoto	lig	2022	4.458
Ligações Residenciais Ativas de Esgoto	lig	2022	2.572
Ligações Residenciais Factíveis de Esgoto	lig	2022	1.369
Ligações Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto	lig	2022	3.941

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Economias Ativas de Esgoto	eco	2022	3.442
Economias Factíveis de Esgoto	eco	2022	1.712
Economias Ativas + Factíveis de Esgoto	eco	2022	5.154
Economias Residenciais de Esgoto	eco	2022	2.966
Economias Residenciais Factíveis de Esgoto	eco	2022	1.516
Economias Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto	eco	2022	4.482
Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado)	m ³	2022	818.994
Índice de Hidrometração	%	2022	100
Índice de Cobertura ¹	%	2022	94,3
Índice de Atendimento (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água)	%	2022	65,7

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

A Sede do município e o distrito de **Afonso Cláudio**, conforme apresentado no Quadro 1, possuem cerca de 6.173 residenciais ativas e inativas de água, no ano de 2022.

2.2 Obras em Execução Distrito Sede

Estão em execução as obras para a implantação do sistema de esgotos das sub-bacias 5A e 5B, com previsão de término em maio de 2024, composta de 8.396 m de rede coletora em PVC DN 150 a 250, 936 ligações prediais, 1.388 ligações intradomiciliares, 796 m de interceptores em tubulação de ferro fundido 150 e 200 mm e duas estações elevatórias.

2.2.1 Ligações e Economias

Atualmente, a CESAN possui 2.927 ligações ativas de esgoto no município, conforme apresentado no Quadro 1.

2.2.2 Redes

As redes, coletores e interceptores, previstos ao término das obras do SES **Afonso Cláudio**, são apresentados no Quadro 2.

¹ Índice de cobertura, calculado conforme metas do Contrato de Programa de Afonso Cláudio.

Quadro 2

Detalhamento da Rede Coletora, Coletores e Interceptores

Bacias	Rede Coletora e Interceptores (m)	
	Rede Coletora	Interceptores
1	-	
2	-	
3A	-	
3B	-	
4	-	
5A	4.486	709
5B	3.910	87
6	-	
7	-	
8	-	
TOTAL	8.396	796

Fonte: Escopo licitado no edital NCB007/2021. Elaboração: FGV

2.2.3 Elevatórias

As estações elevatórias projetadas são do tipo poço úmido com bombas submersíveis. O Quadro 3 traz o demonstrativo das elevatórias e linhas de recalque projetadas.

Quadro 3

Estações Elevatórias e Linhas de Recalque

Bacia	Vazão (l/s)	Hm (mca)	Potência (CV)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)
5A	8,88	20,45	7,5	100	260
5B	16	23,50	8,9	150	521,4
5B2	8	23,00	5,0	100	87
TOTAL					868,4

Fonte: Escopo licitado no edital NCB007/2021. Elaboração: FGV

2.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A unidade de tratamento existente será mantida. Essa unidade tem uma capacidade de tratamento de vazão média de 40,2 l/s.

O corpo receptor do efluente tratado é o Rio Pardo e as devidas concessões de licenciamento e outorgas estarão detalhadas no Anexo V – Diretrizes de Licenciamento Ambiental.

3. AÇÕES DO PMSB E METAS DO CP

O Contrato de Programa firmado entre a Prefeitura Municipal de Afonso Cláudio e a Cesan tem validade até 21/10/2039.

3.1 Ações Previstas no PMSB

O PMSB de **Afonso Cláudio** lista 14 (quatorze) ações caracterizadas como projetos gerenciáveis de esgoto, que deverão ser consideradas pela futura Concessionária, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4
Projetos, Ações e Status dos Projetos Gerenciáveis do PMSB

Projeto PMSB	Ações	Empreendimento PMSB	Prazo Inicial definido PMSB	Prazo Final definido PMSB
09	03	Dar entrada na portaria de outorga de diluição do sistema sede	2020	2020
10	01	Complementar o sistema de esgotamento sanitário da sede com redes e ligações domiciliares a 100% da população da sede na bacia 5	2020	2024
10	03	Ampliar redes através do crescimento vegetativo	2016	2035
10	04	Ampliar ligações através do crescimento vegetativo	2016	2035
10	05	Melhoria operacional da ETE da sede	2030	2035
13	01	Projeto básico do SES em Serra Pelada	2021	2021
13	02	Execução das obras de implantação de redes coletoras nas áreas ainda não atendidas em Serra Pelada	2021	2023
13	03	Execução das obras de ligações do SES em Serra Pelada	2021	2023
13	04	Execução de obras de implantação da ETE em Serra Pelada	2021	2025
18	01	Treinamento adequado para a operação das ETES, a fim de aumentar a eficiência das mesmas	2016	2035
18	08	Manutenção e melhorias operacionais do SES de Serra Pelada	2020	2035

Fonte: PMSB de Afonso Cláudio. Elaboração: FGV

Cabe salientar que no PMSB de **Afonso Cláudio** foram previstas ações caracterizadas como natureza contínua, que também deverão ser consideradas pela futura Concessionária, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5
Ações Previstas no PMSB

Projeto PMSB	Ações PMSB	Empreendimento PMSB	Prazo Inicial definido PMSB	Prazo Final definido PMSB
10	02	Realizar campanhas para a adesão da população, a efetivar as ligações na rede	2016	2035
18	09	Fazer melhorias operacionais no sistema de esgotamento sanitário da sede sempre que necessário para manter a eficiência.	2020	2035
18	10	Análises da eficiência das ETEs do município	2016	2035

Fonte: PMSB de Afonso Cláudio. Elaboração: FGV

3.2 Metas do Contrato de Programa

As metas relativas ao índice de economias residenciais atendidas com rede coletora e tratamento de esgoto na área de abrangência do prestador de serviços, constantes no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGRAMA DE AFONSO CLÁUDIO, no período de concessão é apresentado no Quadro 6.

Quadro 6
Metas de Cobertura do SES

Ano	Meta	Ano	Meta
2022	71,4%	2032	90%
2023	71,4%	2033	90%
2024	90%	2034	90%
2025	90%	2035	90%
2026	90%	2036	90%
2027	90%	2037	90%
2028	90%	2038	90%
2029	90%	2039	90%
2030	90%		
2031	90%		

Fonte: Contrato de Programa de Afonso Cláudio. Elaboração: FGV

Outro indicador contemplado no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGAMA AFONSO CLÁUDIO, se refere a Incidência das análises de demanda biológica de oxigênio (DBO) na saída do tratamento dentro do padrão estabelecido, conforme demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7

Metas de Incidência das análises de DBO dentro do padrão estabelecido

Ano	Meta	Ano	Meta
2022	80%	2031	87%
2023	80%	2032	87%
2024	80%	2033	87%
2025	85%	2034	87%
2026	85%	2045	87%
2027	85%	2036	87%
2028	85%	2037	87%
2029	85%	2038	87%
2030	87%	2039	87%

Fonte: Contrato de Programa de Afonso Cláudio. Elaboração: FGV

Cabe frisar que as metas dos Contratos de Programa entre CESAN e a Municipalidade, não são idênticas as que serão entre CESAN e futura Concessionária, devendo a contratada atentar-se-á ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

4. ESTIMATIVA POPULACIONAL E DE DOMICÍLIOS

4.1 Dados de Referência

Os dados de referência empregados nos cálculos de projeção estão condensados nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8

População – IBGE 2010

Situação da população	2010	Representatividade
Urbano	15.855	51,00%
Rural	15.236	49,00%
Total	31.091	100,00%

Fonte: Recenseamento Geral do Brasil (IBGE)

Quadro 9 Parâmetros de População e Domicílios

Descrição	Dados
Total de Economias Residenciais Ativas e Inativas de Água (Sincop 2022)	6.173
Taxa de Ocupação dos Domicílios Urbanos (IBGE 2010)	0,8789
Número de Pessoas Por Domicílios Urbanos (IBGE 2010)	2,99
População Total (Estimativa FGV 2022)	13.703
Participação da População dos Distritos Atendidos pela CESAN	0,6166
Proporção da População Urbana dos Distritos Atendidos pela CESAN	0,7262

Fonte: Sincop e Recenseamento Geral do Brasil (IBGE). Elaboração: FGV

4.2 Metodologia de Cálculo

Para a elaboração da projeção populacional dos municípios abrangidos pela Parceria Público Privada (PPP), a Fundação Getúlio Vargas (FGV) adotou uma metodologia organizada em 6 (seis) etapas:

- **Primeira etapa:** é obtida a população total do município a partir dos censos 1970 a 2010.
- **Segunda etapa:** são estimados 7 (sete) modelos para ver qual se adequa melhor a evolução da população total do município de 1970 a 2010. Os modelos estimados são os seguintes (em todos a variável y = população total e a variável tempo = [ano – 1960]), e as letras a , b e c representam parâmetros a serem estimados nos modelos, através de um critério de minimização de erro²):

1. Modelo linear: $y = a + b * (tempo)$

2. Curva de potência: $y = a * (tempo)^b$

3. Tendência exponencial: $y = a * e^{b*(tempo)}$

4. Equação logarítmica: $y = a + b * \ln(tempo)$

5. Equação polinomial: $y = a + b * (tempo) + c * (tempo)^2$

6. Tempo invertido: $y = a + \frac{b}{Tempo}$

² Se no modelo aparecem apenas as letras a e b , então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a , b e c , então esses três parâmetros são estimados.

7. Exponencial invertida: $y = a * e^{\frac{b}{Tempo}}$

- **Terceira etapa:** é realizada a projeção da população total do município usando o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Em caso de empate, opta-se pelo modelo com projeções populacionais mais conservadoras (para evitar otimismo excessivo). Ademais, vale ressaltar que essa projeção é realizada de 2022 até o fim da concessão.
- **Quarta etapa:** a partir da evolução da população de 2022 até fim da concessão são calculadas as taxas de crescimento anuais (de um ano para o outro no período que vai de 2023 até o fim da concessão).
- **Quinta etapa:** são realizados 2 (dois) cálculos de população estimada para o ano de 2023, para o município, conforme apresentado nas alíneas “a” e “b” abaixo, devendo ser selecionado o resultado mais moderado.
 - a. População total ano de 2022 (extraído no sítio eletrônico do IBGE - prévia), multiplicado pela participação da população dos distritos atendidos pela CESAN na população do município (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010), multiplicado pela proporção da população urbana dos distritos atendidos pela CESAN (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010).
 - b. Número de economias ativas e inativas no ano de 2022 (extraído do Sincop), multiplicado pelo número de pessoas por economia urbana (domicílio urbano) no ano de 2010 (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010), multiplicado pela taxa de ocupação dos domicílios urbanos (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010).
- **Sexta etapa:** as taxas de crescimento, obtidas na etapa 4, são aplicadas a um valor inicial da população total do município em 2022, obtidos na etapa 5.

Nesse caso, visando gerar números mais conservadores (para evitar otimismo excessivo nas projeções), o valor inicial escolhido é o menor entre aquele obtido na alínea “a” da etapa 5 e aquele encontrado na alínea “b” da etapa 5.

Nota 1: A população total é utilizada nas projeções, ao invés da população urbana, para gerar números mais conservadores (evitando otimismo excessivo). Note, que a utilização, nas projeções, da população total gera números mais conservadores, porque esta tende a crescer a taxas menores do que a população urbana (lembrando que o Brasil ainda passava por um processo acelerado de urbanização no período compreendido pelos dados do Censo utilizados aqui, que vão de 1970 a 2010).

Nota 2: Quando o município é composto por uma sede e outros distritos, as proporções de 2022 (extraídas do Sincop) são aplicadas aos demais anos. Logo, após projetada a população do município de 2023 até o fim da concessão, separa-se os números de cada ano de acordo com as proporções observadas em 2022. Isso quer dizer que – se um município hipotético possui no ano de 2022 uma sede, com 95% da população, e um distrito adicional, com 5% da população – então essas mesmas proporções são aplicadas aos demais anos da projeção.

Nota 3: O método descrito até aqui também é utilizado na projeção do número total de domicílios (ou número total de economias), ou seja, a grandeza população é substituída por domicílios, nas etapas 1 a 4 e 6. Na quinta etapa é utilizado apenas o cálculo da alínea “b”, que tem como base os dados do Sincop, assim, o valor inicial utilizado no ano de 2022, é o total das economias residenciais ativas e inativas.

4.3 Projeção Populacional e de Domicílios

O resultado da projeção populacional e de domicílios para **Afonso Cláudio**, oriundos da metodologia descrita no item 4.2, estão apresentados no Quadro 10.

Quadro 10

Resultado do Estudo Populacional e de Domicílios - Área Urbana

Ano	Projeção Populacional	Taxa de Crescimento Anual (%)	Domicílios	Taxa de Crescimento Anual (%)
2022	13.703	0,38%	6.173	1,78%
2023	13.756	0,38%	6.283	1,79%
2024	13.808	0,38%	6.395	1,78%
2025	13.860	0,38%	6.510	1,79%
2026	13.913	0,38%	6.626	1,79%
2027	13.966	0,38%	6.744	1,79%
2028	14.019	0,38%	6.865	1,79%
2029	14.072	0,38%	6.987	1,78%
2030	14.126	0,38%	7.112	1,78%
2031	14.180	0,38%	7.239	1,79%
2032	14.234	0,38%	7.368	1,79%
2033	14.288	0,38%	7.500	1,78%
2034	14.342	0,38%	7.633	1,78%

Ano	Projeção Populacional	Taxa de Crescimento Anual (%)	Domicílios	Taxa de Crescimento Anual (%)
2035	14.397	0,38%	7.770	1,78%
2036	14.451	0,38%	7.909	1,79%
2037	14.506	0,38%	8.050	1,79%
2038	14.562	0,38%	8.193	1,78%
2039	14.617	0,38%	8.340	1,79%

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV)

5. PARÂMETROS DE PROJETO

Para o dimensionamento dos sistemas foram utilizados parâmetros de projetos previstos em Normas Técnicas Brasileiras, padrões da CESAN e outros consolidados pelo uso, pertinentes ao tema sistema de esgotamento sanitário.

5.1 Vazões de Contribuição

A estimativa das vazões de contribuição para dimensionamento adequado de um sistema coletor é definida em função de vários fatores, como: consumo per capita, coeficiente de retorno, coeficiente de variação das demandas (K1 e K2) e vazão de infiltração, fatores estes que serão detalhados na sequência.

5.1.1 Consumo “Per Capita” Efetivo de Água

Este valor pode variar de forma significativa de região para região, face a fatores como clima, hábitos de seus habitantes, das características da área e da natureza da ocupação dessas áreas: residencial, comercial, industrial e outras. O coeficiente “per capita” também pode variar ao longo do tempo, conforme os hábitos populacionais, ou a natureza da ocupação das áreas de projeto.

O consumo médio “per capita” adotado para o município em questão foi baseado nos dados do Sincop, tendo como referência o ano de 2022.

A vazão média anual que cada habitante lança na rede coletora de esgoto é diretamente proporcional à taxa “per capita de água” efetivamente consumida.

5.1.2 Coeficiente de Retorno Esgoto/Água (C)

O Coeficiente de Retorno, é a relação média entre o volume de esgoto produzido e de água efetivamente consumida e foi utilizado o valor de 0,80 (C), conforme recomendado pela NBR ABNT 9.649 - Projetos de Redes Coletoras de Esgotos Sanitários.

5.1.3 Coeficientes de Variação de Demanda

São 2 (dois) os coeficientes utilizados para a obtenção das vazões máximas, K1 e K2.

- **No dia de maior consumo – K1**

O coeficiente K1 exprime a relação entre a vazão observada no dia de maior contribuição e a vazão média anual. Coeficiente de máxima vazão diária adotado nos estudos: **K1 = 1,20**.

- **Na hora de maior consumo – K2**

O coeficiente K2 exprime a relação entre a vazão observada na hora de maior consumo e a vazão observada no dia de maior consumo. Coeficiente de máxima vazão horária adotado nos estudos: **K2 = 1,50**.

5.1.4 Vazão de Infiltração

A Norma NBR 9649/1986 da ABNT indica um valor com variação de 0,05 a 1,0 l/s.km como taxa de contribuição de infiltração nas redes coletoras. A quantificação dessas contribuições deve considerar a experiência local ou regional, uma vez que dependerão, entre outros fatores:

- da profundidade do lençol freático;
- do tipo de terreno em que a rede está enterrada;
- do tipo de canalização e de suas juntas; e,
- do tipo e vedação dos poços de visita.

A vazão de infiltração considerada nos estudos foi de **0,10 l/s.km** (rede coletora em PVC).

5.1.5 Vazão para Redes Coletoras

- **População:**

Para definir a população contribuinte de cada sub-bacia do SES proposto/existente foram levantadas informações relacionadas às condições atuais de ocupação, sendo aplicadas para cada sub-bacia as taxas de ocupação e de crescimento populacional previstas para a área de interesse dos estudos.

- **Contribuições Iniciais e Finais:**

Para todos os trechos da rede foram estimadas as contribuições iniciais e finais, expressas em litros/segundo (l/s). A vazão de jusante de cada trecho (inicial ou final), é aquela proveniente dos coletores

tributários, acrescida das vazões singulares ou concentradas, da vazão de infiltração e da vazão de contribuição do trecho.

A vazão de contribuição do trecho foi obtida pelo produto de sua extensão pela taxa de contribuição por metro linear da ocupação demográfica, calculada segundo a população inicial ou final, conforme o caso.

Quanto à vazão mínima, as normas NBR 9649/1986 e 14486/00 da ABNT recomendam que, em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão a ser utilizada nos cálculos é de 1,5 l/s, correspondente ao pico instantâneo de vazão decorrente da descarga de vaso sanitário. Sempre que a vazão a jusante do trecho for inferior a esse valor, para os cálculos hidráulicos deste trecho foram utilizados valores de 1,5 l/s.

5.1.6 Vazão para Estações Elevatórias

Para efeito de estimativa do porte das estações elevatórias e dimensionamento das Linhas de Recalque, foram estimadas vazões com base na máxima contribuição de final de plano, sendo estas calculadas multiplicando-se a vazão média pelos coeficientes K1 e K2 (máxima diária e horária), acrescidos à vazão de infiltração.

5.1.7 Vazão para o Sistema de Tratamento

A vazão estimada para a definição das capacidades de tratamento das ETEs foi considerada como sendo a vazão média de esgotos de final de plano adicionada a vazão de infiltração na área de contribuição do sistema. A fórmula aplicada no cálculo da vazão média afluente, foi a seguinte:

- **Vazão Média Afluente**

$$Q_{méd} = \frac{C \times q_c \times P_{tot.}}{86400} + T_{inf} \times L_{tot.}$$

Sendo:

$Q_{méd}$: vazão média afluente (l/s);

$P_{tot.}$: população total atendida pela ETE (hab);

$T_{inf.}$: taxa de infiltração (l/s.km);

q_c : per capita(l/hab.dia);

C: Coeficiente de retorno;

$L_{tot.}$: comprimento total da rede coletora (km).

A exceção se faz no tratamento preliminar, assim como nas tubulações hidráulicas e estações elevatórias internas as unidades, nas quais foram consideradas as vazões majoradas com os coeficientes de dia e hora de maior consumo (K1 e K2).

5.2 Critérios Adotados para o Dimensionamento da Rede

O dimensionamento hidráulico dos coletores de esgotos obedece aos métodos comumente aplicados aos condutos livres, admitindo-se o regime permanente e uniforme de escoamento. As fórmulas aplicadas no cálculo hidráulico são as seguintes:

- **Fórmula de Manning:**

$$V = \frac{1}{n} \times \left(RH^{\frac{1}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \right)$$

Sendo:

V - Velocidade (m/s);

n - coeficiente de rugosidade, admitido = 0,013;

RH – raio hidráulico (m);

I - Declividade (m/m).

- **Tensão Trativa:**

Para todos os trechos da rede foram verificadas as tensões trativas médias (T), não devendo a de início do plano ser inferior a 0,10 kg/m² ou 1,0 Pa, para garantir as condições de autolimpeza quanto à deposição sólida e evitar a geração de sulfetos. As tensões trativas médias (T), expressas em Pascal foram calculadas pela relação:

$$\sigma = \gamma \times R_H$$

Sendo:

σ - Tensão trativa média (Pa);

γ - Perímetro molhado (m);

R_H – raio hidráulico (m).

- **Declividade:**

Em algumas oportunidades, nas pontas das canalizações, o trecho fica sem esgoto. Esta realidade inviabiliza o cálculo para definir o comportamento da canalização com a vazão mínima. No nível de projeto, a fixação da declividade com essas vazões conduziria a valores exagerados, inaceitáveis.

Para possibilitar a fixação mais realista da declividade, admite-se que a quantidade mínima de esgoto a circular nas extremidades do sistema seja igual à contribuição de uma válvula de descarga de um vaso sanitário. Assim, a vazão para fixação da declividade mínima é igual a 1,5 l/s (NBR's 9649/1986 e 14486/2000).

A declividade mínima de cada trecho, admissível para satisfazer a tensão trativa média igual a 1,0 Pa no início do plano (considerando menor valor de vazão para qualquer trecho da rede igual a 1,5 l/s), foi calculada pela seguinte expressão:

$$I_{\text{mín}} = 0,0035 \times Q_i^{-0,47} \text{ (conforme NBR 14486/2000)}$$

Sendo:

Q_i – vazão inicial de um trecho de rede (l/s)

$I_{\text{mín}}$ - declividade mínima (m/m).

Já a declividade máxima foi limitada pela velocidade máxima de 5,0 m/s no final do plano.

▪ **Diâmetro Mínimo:**

A Norma NBR 9649/1986 da ABNT, admite o diâmetro DN 100 como o mínimo a ser utilizado em redes coletoras de esgoto sanitário. Nos estudos desenvolvidos, o diâmetro dos coletores dimensionados hidráulicamente evolui a partir de DN 150.

▪ **Lâminas D'água:**

As lâminas d'água foram calculadas admitindo o escoamento em regime uniforme e permanente, sendo o seu valor máximo, para a vazão final igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor.

Quando a velocidade final (V_f) teve resultado superior à velocidade crítica, a maior lâmina admissível foi de 50% do diâmetro do coletor, de modo a assegurar a ventilação do trecho.

A velocidade crítica foi definida por:

$$V_c = 6 \times (g \times RH)$$

Sendo:

g : aceleração da gravidade

RH : raio hidráulico

- **Controle de Remanso:**

De modo a manter o gradiente hidráulico e evitar o remanso, para as vazões de final de plano, a cota da geratriz inferior de um tubo na saída de um Poço de Visita - PV foi rebaixada para que a cota do nível d'água neste tubo fosse no máximo igual ao nível d'água mais baixo, verificado nas tubulações de entrada.

- **Recobrimento Mínimo/Profundidade Máxima:**

Para efeito de análise e dimensionamento do sistema foram considerados as seguintes condições de contorno: i) recobrimento mínimo no passeio: 0,65 m; ii) recobrimento mínimo da via carroçável: 0,95 m; e iii) profundidade máxima do sistema coletor de 3 (três) metros. A partir de 3 (três) metros de profundidade é necessária rede auxiliar, com menor profundidade.

5.3 Interceptores e Emissários por Gravidade

Atendimento a Norma NBR 12.207/2016 da ABNT, assim como os Critérios e Parâmetros utilizados no dimensionamento da Rede Coletora (quando aplicável).

5.4 Considerações para Ampliação de Rede Coletora

Para a projeção da rede coletora, no período de crescimento vegetativo, foi considerado que 92% das ligações a executar serão em áreas já atendidas com rede coletora e para os 8% restantes será necessário a expansão da rede, conforme dados da CESAN³. Nesse caso, foi previsto que para cada ligação será executado 20 metros de rede.

5.5 Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB) e Linhas de Recalque

- **Cálculo do Volume do Poço de Sucção:**

A utilização de bombas de velocidade variável requer um volume útil menor do poço de sucção, tendo em vista a acomodação do bombeamento às vazões de chegada. Já para os casos de recalque com vazão de bombeamento constante, faz-se necessário poço úmido com volume de maiores proporções, para evitar partidas muito frequentes de bombeamento, essa situação é a mais utilizada, em função da simplificação na operação, principalmente em pequenas EEEB.

Para motores inferiores a 20 CV, o tempo entre duas partidas consecutivas (ciclo) não deve ser inferior a 10 minutos. Em qualquer situação é recomendável limitar em quatro partidas por hora, para evitar fadiga nas partes elétricas das instalações. Por outro lado, períodos de detenção superiores a 30 minutos (NBR

³ Dados de Crescimento Vegetativo no ano de 2022.

12208/1992) não são recomendáveis, pois, períodos assim originariam sedimentações e condições sépticas indesejáveis. Tendo em vista, adotou-se 10 minutos como período de ciclo, quando a vazão afluyente corresponder à média de projeto.

Assim, o “Volume Útil” do poço úmido é determinado pela expressão:

$$V_u = (Q_b \cdot T)/4$$

Sendo:

Q_b - vazão do conjunto motor bomba;

T - período de ciclo de bombeamento.

O “Volume Efetivo” é determinado pela expressão:

$$V_e = t_d \times Q_{min}$$

Sendo:

t_d - tempo de detenção no poço;

Q_{min} - vazão mínima afluyente no início da operação.

A vazão mínima, quando escolhida dentro do início do horizonte de projeto, representa uma grandeza tão pequena que inviabiliza o cálculo para determinar o volume máximo do poço. A posição mais pragmática e ajustada à realidade, admite assumir que a vazão mínima corresponderá a 25% da vazão média de projeto (K_3), excluindo a vazão correspondente à infiltração de água (Patrício Gallegos Crespo – Elevatórias nos Sistemas de Esgotos, Ed. UFMG - 2001).

▪ Linhas de Recalque e Potência Consumida:

Para a determinação do diâmetro das linhas de recalque foi utilizado a fórmula de Bresse ($D=k \cdot Q^{1/2}$), com Q em m^3/s . A potência P consumida pelo conjunto motor-bomba (potência de entrada) expressa em CV foi estimada com base na seguinte expressão:

$$P = \frac{y \cdot Q_b \cdot H}{75 \cdot \eta_b \cdot \eta_m}$$

Sendo:

P = potência

y = peso

Q_b = vazão

H= altura manométrica

$\eta_b \cdot \eta_m$ = rendimento

Para determinação da perda de carga nas tubulações de sucção e recalque, utilizou-se a fórmula de Hazen-Williams, a fórmula prática mais empregada pelos calculistas para condutos sob pressão desde 1920, principalmente em pré-dimensionamentos. Com resultados bastante razoáveis para diâmetros de 50 a 3500 mm, é equacionada da seguinte forma:

$$J = 10,643 \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot Q^{1,85}$$

Sendo:

J= perda de carga

C= coeficiente de rugosidade

D= diâmetro

Q= vazão

Como condições de contorno, de acordo com a Norma NBR 12208/1992, foram adotados os seguintes limites de velocidade:

- Na sucção: 0,6 – 1,5 m/s;
- No recalque: 0,6 – 3,0 m/s.

A perda de carga máxima considerada no dimensionamento das linhas de recalque foi de 7,5 m/km, sendo adotado como material de referência, tubos em Ferro Fundido, coeficiente “C” de 110.

5.6 Características do Esgoto Bruto

Para cálculo das cargas orgânicas (DBO) foi adotada a taxa per capita de geração, de acordo com o item 5.2 da NBR 12.209/1992 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, sendo a característica de esgoto doméstico bruto de 54 g DBO/hab.dia.

Para as demais características físicas, químicas e bacteriológicas foram adotados os parâmetros abaixo:

- Relação DQO/DBO = 2;
- Relação N-NKT/DBO = 0,166;
- Relação P/DBO = 0,025;
- Coliformes Fecais = $1,0 \times 10^{12}$ NMP/100 ml.

6. PROJEÇÕES DO SES

6.1 Índice de Cobertura

Considerando a conclusão das obras em maio de 2024, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 92.9% em 2024, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

Quadro 11
Projeção do Índice de Cobertura

Ano	Cobertura	Ano	Cobertura
2022	72.6%	2032	92.9%
2023	72.6%	2033	92.9%
2024	92.9%	2034	92.9%
2025	92.9%	2035	92.9%
2026	92.9%	2036	92.9%
2027	92.9%	2037	92.9%
2028	92.9%	2038	92.9%
2029	92.9%	2039	92.9%
2030	92.9%		
2031	92.9%		

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV)

Cabe frisar que as metas dos Contratos de Programa entre CESAN e a Municipalidade, não são idênticas as que serão entre CESAN e futura Concessionária, devendo a contratada atentar-se-á ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

6.2 Volume Coletado Estimado

Para o cálculo do volume coletado estimado foram consideradas as informações do Quadro 12.

Quadro 12
Dados para Projeção do Volume Coletado de Esgoto por Habitante

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado)	m ³	2022	818.994
População Atendida	hab	2022	13.703
Per Capita	l/hab/dia	2022	163,75
Volume Coletado Estimado por habitante	m ³ /mês	-	3,93

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

Diante da apuração Per Capita foi calculado o Volume Coletado Estimado, com coeficiente de retorno de 0,8, conforme apresentado no item 5.1.2, obtendo como resultado 3,93 ($163,75 \times 30 \times 0,80 \div 1.000$) m³/mês por habitante.

6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE

O Quadro 13 apresenta a vazão média estimada para o tratamento proposto neste projeto. As projeções levaram em consideração a per capital atual (Quadro 12) e a fórmula descrita no item 5.1.7.

Quadro 13
Vazão Média Afluente

Ano	Vazão Média Afluente	Ano	Vazão Média Afluente
2023	14,50	2032	23,69
2024	22,97	2033	23,78
2025	23,06	2034	23,87
2026	23,15	2035	23,96
2027	23,24	2036	24,06
2028	23,32	2037	24,15
2029	23,41	2038	24,25
2030	23,50	2039	24,34
2031	23,60		

Fonte: Elaboração: FGV

6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto

O Quadro 13 apresenta as eficiências estimadas para o tratamento proposto neste projeto, bem como a qualidade final esperada para o efluente tratado. As eficiências apresentadas referem-se aos valores estimados em literatura, que podem variar em função da operação e da qualidade afluente ao tratamento.

Quadro 14
Eficiência para Diferentes Processos de Tratamento de Esgoto

Sistema de tratamento	Eficiência			
	DBO (%)	DQO (%)	SST (%)	Coliforme Termotolerantes (Unid log)
	Literatura	Literatura	Literatura	Literatura
Tratamento primário (tanques sépticos)	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tratamento primário convencional	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tratamento primário avançado	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tanque séptico + infiltração	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tanque séptico + biodisco	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Lagoas				
Lagoa facultativa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	0,5 a 2,0
Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa aerada facultativa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa aerada + lagoa sedimentação	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa anaeróbia + facultativa + maturação	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa anaeróbia + facultativa + de alta taxa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa anaeróbia + facultativa + remoção de algas	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Wetlands	75 a 85	65 a 80	70 a 80	0,5 a 2,0
Reatores				
Reator UASB	65 a 75	55 a 70	65 a 80	0,5 a 1,5
UASB + LA	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + biofiltro aerado submerso - FBAS	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + FBAS + decantador secundário	88 a 97	68 a 95	75 a 98	1 a 5
UASB + filtro anaeróbio	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + FBP de alta carga	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + flotação por ar dissolvido	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + lagoas de polimento	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + lagoa aerada facultativa	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + lagoa aerada + lagoa de decantação	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + escoamento superficial	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
Lodos				
Lodos ativados convencional	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados - aeração prolongada	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados - batelada (aeração prolongada)	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados convencional + N	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados convencional + N + P	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados convencional + filtração terciária	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Filtros				
Filtro biológico percolador - FBP de baixa carga	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5
Filtro biológico percolador - FBP de alta carga	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5
Biofiltros				
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5
Biofiltro aerado submerso + N	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5

Fontes: Von Sperling (2014), Campos (2001) e Oliveira (2004) Elaboração: FGV

6.5 Rede Coletora e Elevatórias

Estão em andamento as obras do SES **Afonso Cláudio**, com previsão de conclusão em maio de 2024, conforme detalhado no item 2.2. Após a conclusão das obras, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 92.9% em 2024, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

Para os demais anos foram consideradas obras de crescimento vegetativo para a manutenção e atendimento dos índices previstos no contrato de programa e nas metas estabelecidas no sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

6.6 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Conforme demonstrado nos Quadros 13 e 14, verifica-se que a ETE existente, com capacidade 40,2 l/s atende a projeção do volume estimado para final de CP, bem como a eficiência no tratamento do esgoto pactuados com a municipalidade, assim, não sendo necessário ampliação, apenas sua manutenção.

6.7 Sistemas Interligados

Não existe sistemas interligados a sede municipal.

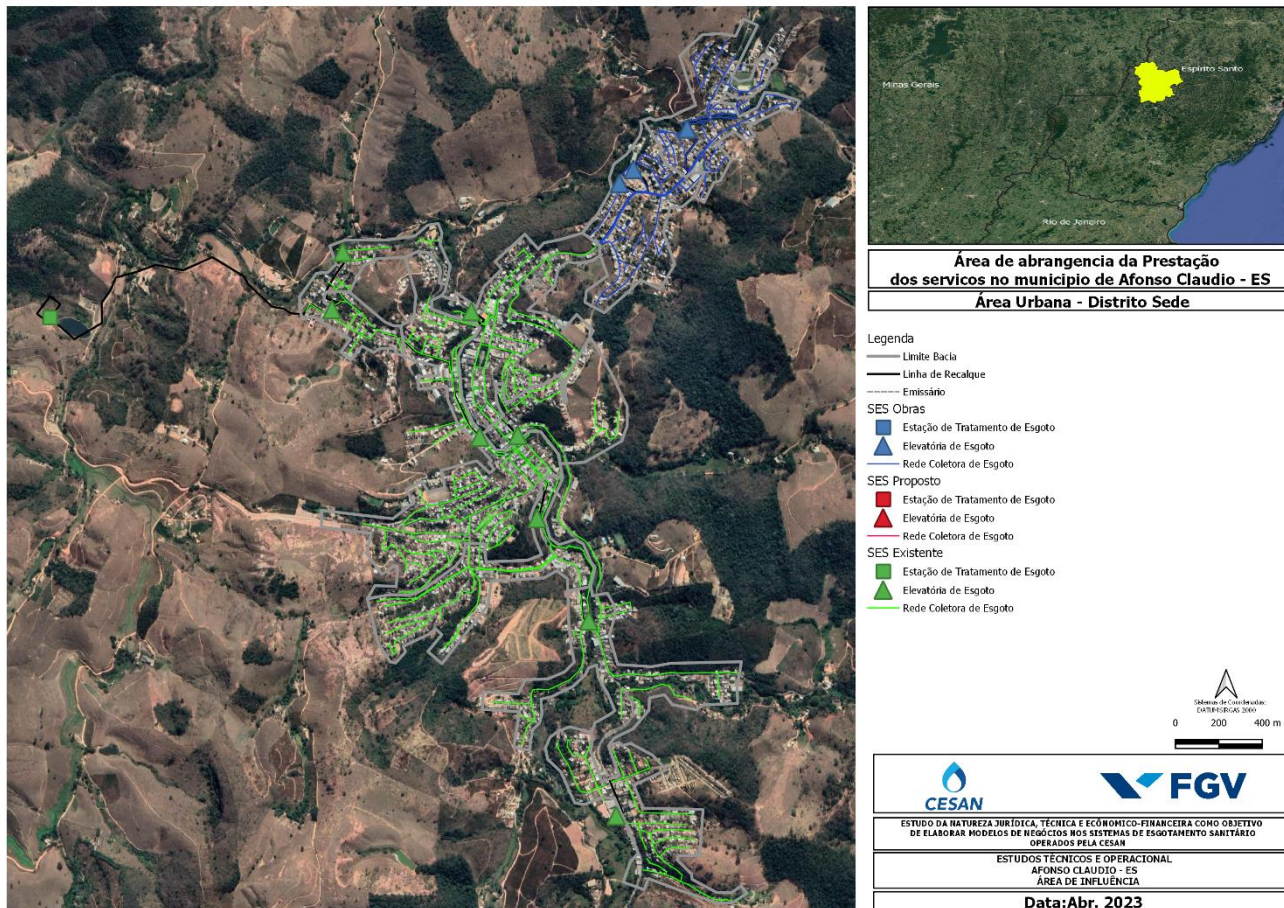
6.8 Pro-Rural

Não há previsão de curto prazo para assunção de pro-rural no município.

6.9 Mapa Atual do SES

Após análise dos projetos existentes, das informações contidas na caracterização do sistema e das definições estabelecidas neste documento foi possível avaliar e mapear a situação atual do SES de **Afonso Cláudio**, conforme demonstrado na figura 2.

Figura 2
Mapa SES – Afonso Cláudio



7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS

Como já há um sistema de esgotamento sanitário em operação, para o SES de **Afonso Cláudio** foi considerado para o ano de 2025, um período de 6 (seis) meses de operação assistida da Cesan e a nova Concessionária e 6 (seis) meses de operação efetiva.

No final de plano (2039) foi considerado um período de 10 (dez) meses de operação, tendo em vista o término do Contrato de Programa em outubro, daquele ano.

7.1 Investimentos (Capex)

Neste item serão apresentadas as premissas adotadas para a composição dos investimentos de obra e composição dos custos com projetos executivo, canteiro de obras e administração local do sistema de esgotamento sanitário do município de **Afonso Cláudio**.

7.1.1 Obras

Para a projeção dos investimentos foram utilizados os orçamentos apresentados pela CESAN, atualizados pela variação do Índice Nacional da Construção Civil (INCC), com data base de dezembro/2022, demonstrados no Quadro 15.

Quadro 15
Valores Unitários de Investimentos

Descrição	Valor	Parâmetro
PVC DN 150 a 250	411,25	R\$/metro
PVC e FoFo DN 150 a 250	598,78	R\$/metro
FoFo DN 150 a 250	1.110,32	R\$/metro
Limpeza e Desobstrução	10,81	R\$/metro
Ligações Prediais	1.132,78	R\$/ligação
Ligações Intradomiciliares	1.234,18	R\$/ligação
Serviços Socioambientais	237,18	R\$/ligação
Linha de Recalque	805,27	R\$/metro
Canteiro de Obras	1,74%	Sobre o custo direto da obra
Administração Local	6,19%	Sobre o custo direto da obra
Projeto Executivo	0,45%	Sobre o custo direto da obra
Melhorias Operacionais	1,5%	Sobre o valor dos ativos acumulados
Estação Elevatória	Conforme curva paramétrica item 7.1.2	
Estação de Tratamento	Conforme curva paramétrica item 7.1.2	

Fonte: Elaboração FGV.

7.1.2 Curva paramétrica

Para a elaboração da projeção de custos foram adotadas duas metodologias, sendo uma para Elevatórias e outra para Estações de Tratamento, em ambos os casos, as metodologias envolvem 3 (três) etapas.

7.1.2.1 Curva Paramétrica de Custos para Elevatórias de Esgoto

A metodologia de projeção de custos das elevatórias é apresentada abaixo:

- **Primeira etapa:** são obtidos, com a Cesan, dados do custo total de construção de Elevatórias e da potência instalada das Elevatórias.
- **Segunda etapa:** são estimados 7 (sete) modelos para ver qual consegue explicar melhor a relação entre o custo total de construção de uma Elevatória e a potência instalada dela (sendo que existem 76 Elevatórias sob controle da Cesan na atualidade). Os modelos estimados são os seguintes (em todos a variável y = custo total; a variável x = potência instalada; e as letras a , b e c representam parâmetros a serem estimados nos modelos, através de um critério de minimização de erro⁴):

1. Modelo linear: $y = a + b * (x)$

2. Curva de potência: $y = a * (x)^b$

3. Tendência exponencial: $y = a * e^{b*(x)}$

4. Equação logarítmica: $y = a + b * \ln(x)$

5. Equação polinomial: $y = a + b * (x) + c * (x)^2$

6. Tempo invertido: $y = a + \frac{b}{x}$

7. Exponencial invertida: $y = a * e^{\frac{b}{x}}$

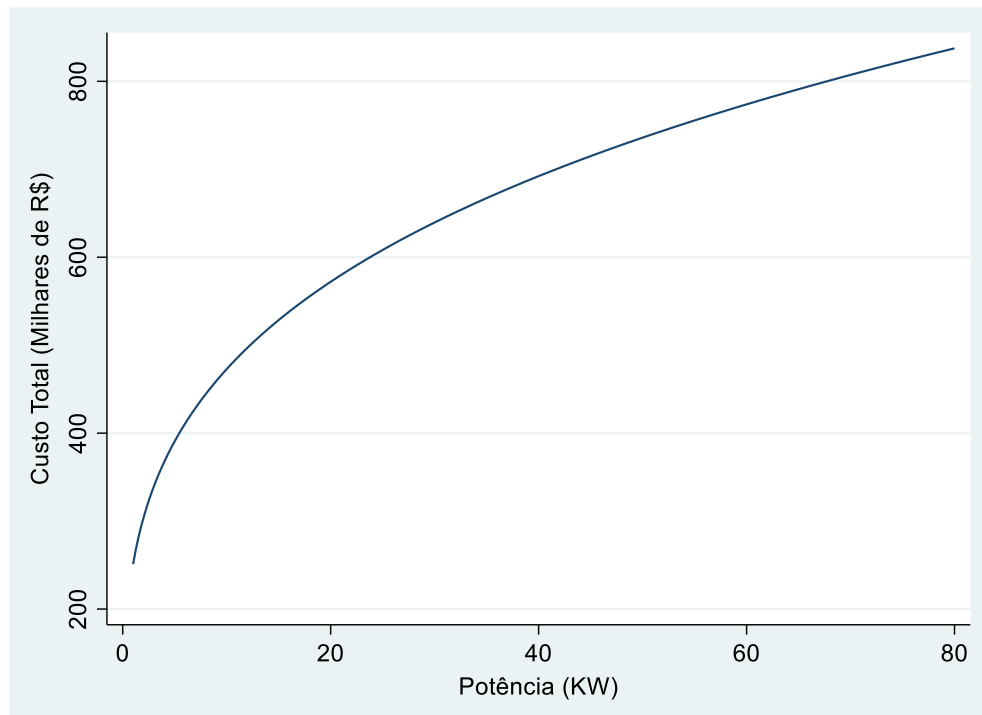
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Mais precisamente, o modelo escolhido foi o de curva de potência apresentado abaixo⁵:

⁴ Se no modelo aparecem apenas as letras a e b , então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a , b e c , então esses três parâmetros são estimados.

⁵ Note que trata-se então de um modelo de curva de potência em que $a = 251.006,50$ e $b = 0,2749746$. Lembrando que nesse modelo $y = \text{custo total}$ e $x = \text{potência}$.

$$y = 251.006,50 * (x)^{0,2749746}$$

Figura 3
Curva de Custo x Potência



7.1.2.2 Curva Paramétrica de Custos para Estação de Tratamento de Esgoto

A metodologia de projeção de custos das estações de tratamento de esgoto é apresentada abaixo:

- **Primeira etapa:** são obtidos, com a CESAN, dados de custo total de construção das Estações de Tratamento e de vazão das referidas Estações de Tratamento.
- **Segunda etapa:** são estimados 7 (sete) modelos para ver qual consegue explicar melhor a relação entre o custo total de construção de uma Estação de Tratamento e a vazão dela (sendo que existem 14 Estações de Tratamento sob controle da CESAN na atualidade). Os modelos estimados são os seguintes (em todos a variável y = custo total; a variável x = vazão; e as letras a , b e c representam parâmetros a serem estimados nos modelos, através de um critério de minimização de erro⁶):

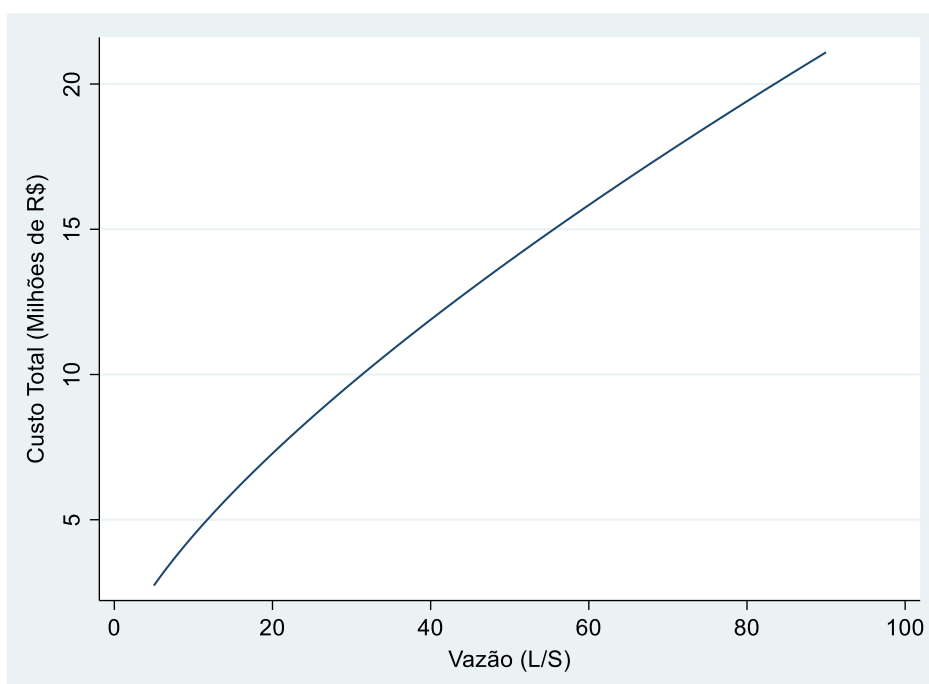
⁶ Se no modelo aparecem apenas as letras a e b , então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a , b e c , então esses três parâmetros são estimados.

1. Modelo linear: $y = a + b * (x)$
 2. Curva de potência: $y = a * (x)^b$
 3. Tendência exponencial: $y = a * e^{b*(x)}$
 4. Equação logarítmica: $y = a + b * \ln(x)$
 5. Equação polinomial: $y = a + b * (x) + c * (x)^2$
 6. Tempo invertido: $y = a + \frac{b}{x}$
 7. Exponencial invertida: $y = a * e^{\frac{b}{x}}$
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Mais precisamente, o modelo escolhido foi o de curva de vazão apresentado abaixo⁷:

$$y = 875.375,30 * (x)^{0,7071515}$$

⁷ Note que se trata então de um modelo de curva de potência em que $a = 875.375,30$ e $b = 0,7071515$. Lembrando que nesse modelo $y = custo\ total$ e $x = vazão$.

Figura 4
Curva de Custo x Vazão



7.1.3 Projeto Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local

Para os estudos foram utilizados orçamentos disponibilizados pela CESAN, para as obras que estão em andamento, ou em processo de contratação.

O Quadro 16 apresenta, breve, resumo dos municípios no qual foram analisados para definição dos valores utilizados e o percentual médio adotado para projetos executivos, canteiro de obras e administração local respectivamente.

Quadro 16

Percentual Médio para Projetos Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local

Município	Projeto Executivo (R\$)	% Projeto Executivo sobre a Parcela de Obra	Canteiro de Obras (R\$)	% Canteiro de Obras sobre a Parcela de Obra	Administração Local (R\$)	% Administração Local sobre a Parcela de Obra
Afonso Cláudio	64.068,40	0,67%	202.595,98	2,12%	607.685,00	6,36%
Água Doce do Norte	-	-	172.953,07	5,42%	220.974,00	6,93%
Anchieta (redes)	32.037,30	0,23%	97.347,24	1,31%	871.640,00	6,35%
Anchieta (ETE)	-	-	127.046,12	0,93%	576.067,00	7,74%

Município	Projeto Executivo (R\$)	% Projeto Executivo sobre a Parcela de Obra	Canteiro de Obras (R\$)	% Canteiro de Obras sobre a Parcela de Obra	Administração Local (R\$)	% Administração Local sobre a Parcela de Obra
Anchieta (Irirí)	-	-	71.662,21	2,65%	-	-
Afonso Cláudio	64.068,40	0,36%	165.932,26	0,94%	1.122.053,00	6,34%
Atilio Vivacqua	-	-	210.539,86	0,95%	1.414.877,00	6,33%
Divino São Lourenço	-	-	76.075,06	1,30%	-	-
Dores do Rio Preto	32.419,20	1,02%	84.002,81	2,65%	217.732,00	6,88%
Ibatiba	16.718,40	0,20%	112.570,77	1,34%	531.791,00	6,34%
Irupi	16.209,60	0,38%	90.670,50	2,11%	291.212,00	6,79%
Iúna	64.068,40	0,62%	112.570,77	1,16%	616.450,00	6,25%
Muqui	102.618,56	0,31%	399.108,13	1,28%	1.721.963,00	5,50%
Pedro Canário	39.907,68	0,16%	82.350,15	0,34%	1.331.163,00	5,47%
Média Ponderada		0,45%		1,74%		6,19%

Fonte: Elaboração: FGV

7.1.4 Reinvestimento em Melhorias Operacionais do SES

Como premissa, foi definido o reinvestimento de 1,5% a.a. sobre o valor do ativo imobilizado da parcela referente as estações de tratamento e elevatórias de esgoto. Para os ativos existentes e das obras a cargo da nova concessionária, o valor das estações de tratamento e elevatórias foi estimado conforme a metodologia descrita nos itens 7.1.2.1 e 7.1.2.2 acima. Para as obras a cargo da Cesan, o valor desses ativos foi obtido diretamente a partir de seus orçamentos.

7.1.5 Serviços Comerciais

Compreenderão o conjunto de ações de apoio à gestão comercial da CESAN os seguintes serviços: (i) Ativação da tarifa de esgoto; (ii) Substituição preventiva do parque de hidrômetros; (iii) Lacração de hidrômetros; (iv) Tratamento de ocorrência grave de leitura; (v) Tratamento de ligações com suspeita de irregularidades; (vi) Agendamento, retirada e entrega de hidrômetro para aferição; (vii) Vistoria para medição alternativa para faturamento de esgoto; (viii) Instalação de medidor em fonte alternativa para faturamento de esgoto e; (ix) Instalação de hidrômetros em clientes ativos e não medidos.

Para a troca de hidrômetros, foi considerada a substituição de todos os hidrômetros existentes e a implantação de hidrômetros nas unidades consumidoras sem medição, durante os 03 primeiros anos. No quarto e quinto ano foi considerada a troca de 5% dos hidrômetros a cada ano. A partir do sexto ano foi considerada a troca de 20% dos hidrômetros anualmente.

7.2 Custos e Despesas de Operação e Manutenção (Opex)

Neste item serão apresentadas as premissas adotadas para a composição dos custos e despesas de operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário do município de **Afonso Cláudio**.

Quadro 17
Custos e despesas de operação e manutenção

Item	Custo Unitário	Unidade
Encanador de Esgoto / Agente Operacional	R\$ 4.647,85	R\$/mês
Auxiliar de Encanador de Esgoto	R\$ 3.983,45	R\$/mês
Operador de ETE	R\$ 5.215,81	R\$/mês
Auxiliar de Operador de ETE	R\$ 3.185,94	R\$/mês
Polímero	R\$ 26,98	R\$/Kg
Destinação do Lodo	R\$ 256,13	R\$/ton
Energia Elétrica	R\$ 0,67	R\$/KWh
Manutenção de redes, eletromecânica, outras	R\$ 149,31	R\$/econ dom. ativa
Materiais	R\$ 10,19	R\$/econ dom. ativa
Gerais	R\$ 0,89	R\$/econ dom. ativa
Segurança ETE	R\$ 1,73	R\$/m ² /mês
Segurança EEE	R\$ 1,73	R\$/m ² /mês

7.2.1 Pessoal

Foi considerado 1 (um) operador fixo na estação de tratamento e mais 1 (um) operador volante que atenderia 3 (três) estações de tratamento, contemplando também as folgas semanais.

Além disso, foi previsto 1 (um) auxiliar de tratamento, que também atenderá 3 (três) estações para apoio em serviços de natureza não contínua como descarga de lodo, limpeza dos leitos de secagem, dentre outros.

Sobre o salário base incidem os acréscimos legais como insalubridade, sobreaviso, encargos sociais e trabalhistas e demais benefícios.

7.2.2 Energia Elétrica

Com base na vazão média diária afluente à estação de tratamento dividida pela capacidade da elevatória final foi calculado o número de horas diárias das elevatórias da cidade. O número de horas diárias em operação x potência instalada em kW x 360 (dias), representa o consumo em kWh do sistema.

Para o cálculo do custo da energia foi adotada a tarifa da Concessionária de Energia Elétrica do estado (Energias de Portugal – EDP/ES), categoria Baixa Tensão B3 até a potência de 50 CV. Para elevatórias com potência acima da citada, foi adotada a categoria de alta tensão A2.

7.2.3 Produtos Químicos

O tratamento previsto para a cidade de **Afonso Cláudio**, reator anaeróbio, biofiltro aerado e decantador secundário, não utiliza produtos químicos no processo.

Porém, para a secagem do lodo serão utilizados polímeros na razão de 6 kg do produto a cada tonelada de sólidos gerados anualmente.

7.2.4 Remoção de Lodo

A partir de 2026, de acordo com a legislação federal, o lodo gerado não poderá ser disposto em aterros sanitários e deverá ser destinado a Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL). Assim, foi previsto que a concessionária criará UGLs, com deslocamento máximo de 50 km, para receber o lodo de várias estações.

Pelo processo de tratamento empregado pela CESAN, esse lodo está apto para ser aplicado na agricultura, após o tratamento adequado.

7.2.5 Outras Despesas

Para a projeção da manutenção de redes, eletromecânica, materiais e despesas gerais foi adotado o custo, expresso em R\$/economia residencial ativa, praticado pela CESAN no ano de 2022. Quanto ao item segurança foi previsto o monitoramento à distância das estações de tratamento e elevatórias.

7.2.6 Despesas Fiscais e Tributárias

Na modelagem econômico-financeira da concessão serão considerados os seguintes tributos sobre as receitas da concessionária:

- **PIS e COFINS** – A base tributável da Contribuição para os Programas de Integração Social (PIS) e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), é a receita operacional bruta, que corresponde ao valor da contraprestação a ser paga ao futuro parceiro privado. Na

avaliação econômico-financeira, será considerado a adoção de tributação pelo lucro real, de forma que a tributação pelo PIS e COFINS se enquadrem no regime tributário não cumulativo, segundo as alíquotas de 1,65% e 7,6%, respectivamente. Da base tributável serão abatidos créditos tributários decorrentes dos custos operacionais com energia elétrica, produtos químicos, transporte e destinação de lodo e segurança. Além disso, considerar-se-á que 80% do valor do CAPEX como base de incidência dos créditos sobre o valor total dos custos de construção.

- **ISS** – O Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza é de competência dos municípios e Distrito Federal e incide sobre a prestação de serviços, tendo como fato gerador a relação de serviços contida na Lei no 11.438/1997, e sendo regida pela Lei Complementar 116/2003.

Com relação aos tributos diretos, na modelagem econômico-financeira da concessão será considerado a **adoção de tributação pelo lucro real** como base de cálculo para o Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL).

Sobre a base de cálculo apurada, para efeitos de cálculo das estimativas dos respectivos desembolsos, aplicam-se as seguintes alíquotas conforme legislação vigente:

- **Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ):** 15% (quinze por cento) sobre o lucro apurado, além de alíquota adicional de 10% (dez por cento) sobre o lucro que exceder R\$ 240.000,00 (duzentos e quarenta mil) por ano; e
- **Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL):** 9% (nove por cento) sobre o lucro apurado.

8. CONCLUSÃO

Conforme se apresenta, no presente documento, a CESAN deverá entregar as obras do SES **Afonso Cláudio** em maio de 2024, ficando a nova Concessionária responsável por sua operação, manutenção, bem como ampliar o sistema a ser entregue através de crescimento vegetativo, com o objetivo de alcançar/manter a universalização da coleta e tratamento de esgoto e atingir as metas estabelecidas entre CESAN e futura Concessionária.