

**ESTADO DE GOIÁS**

**PLANO MICRORREGIONAL DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

**ANEXO C:  
RELATÓRIO DE PREMISSAS**

Julho de 2025

## ÍNDICE GERAL

1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	5
2.	ESTUDO POPULACIONAL.....	6
3.	PARÂMETROS DO ESTUDO DE DEMANDA - SES.....	14
3.1	<i>Área de Abrangência</i> .....	14
3.2	<i>População Atendida</i> .....	16
3.3	<i>Contribuição per Capita</i> .....	17
3.4	<i>Coeficiente de Retorno</i> .....	17
3.5	<i>Taxa de Infiltração</i> .....	17
3.6	<i>Coeficientes de Variação de Consumo</i> .....	18
3.7	<i>Cálculo de Contribuições de Esgoto Sanitário</i> .....	18
3.8	<i>Parâmetros e Condicionantes de Projeto</i> .....	19
3.8.1	Redes Coletoras e Interceptores .....	19
3.8.2	Estações Elevatórias e Linhas de Recalque .....	20
3.8.3	Sistema de Tratamento .....	22
3.8.4	Soluções de Tratamento Alternativas/Individuais .....	23
3.8.5	Emissário.....	24
3.8.6	Ligações e Economias .....	24
3.8.7	Extensão de Redes coletoras e interceptores.....	24
4.	PREMISSAS DE CAPEX E OPEX .....	25
4.1	<i>Premissas CAPEX</i> .....	26
4.1.1	Rede Coletora e Interceptor .....	26
4.1.2	Estação Elevatória de Esgoto Bruto .....	28
4.1.3	Linha de Recalque.....	30
4.1.4	Estação de Tratamento de Esgoto .....	31
4.1.5	Aquisição de Áreas.....	33
4.1.6	Ligações Domiciliares.....	36
4.1.7	Projetos .....	37
4.1.8	Obras de Responsabilidade da SANEAGO .....	37
4.2	<i>Premissas OPEX</i> .....	43
4.2.1	Despesas de Pessoal Operacional .....	43
4.2.2	Energia Elétrica Esgoto .....	44
4.2.3	Produtos Químicos - Esgoto.....	46
4.2.4	Manutenção do Sistema .....	47
4.2.5	Análises Laboratoriais .....	48
4.2.6	Lodo de Esgoto .....	48
4.2.7	Despesas com Veículos.....	51
4.3	<i>Comerciais &amp; Administrativas – Esgoto</i> .....	52
4.3.1	Despesas com Licenciamento Ambiental e Terceiros .....	52
4.3.2	Despesas com Veículos.....	54

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos diâmetros de rede no estado de Goiás.....	20
Tabela 2. Tabela comparativa dos processos de tratamento biológico de esgoto .....	23
Tabela 3. Preço médio Saneago por metro de rede implantada. ....	27
Tabela 4. Preço médio Saneago por metro de interceptor.....	28
Tabela 5. Porcentagens e custos unitários de reforma para elevação de esgoto bruto e substituição de conjunto motobombas. ....	30
Tabela 6. Preço médio Saneago por metro linear de linha de Recalque. ....	31
Tabela 7. Custo unitário para tratamento de esgoto.....	32
Tabela 8. Porcentagens e custos unitários de reforma e retrofit para tratamento de esgoto. ....	33
Tabela 9. Fator de área das estruturas do sistema de esgotamento sanitário (SES). ....	35
Tabela 10. Preço da área por microrregião.....	35
Tabela 11. Preço médio Saneago por ligação domiciliar implantada.....	36
Tabela 12. Obras sob responsabilidade da SANEAGO.....	39
Tabela 13. Quantidade de ligações atendidas por funcionário para engenharia, manutenção e operação/tratamento. ....	43
Tabela 14. Salário anual da mão de obra operacional. ....	44
Tabela 15. Projeção do custo de energia elétrica. ....	45
Tabela 16. Parâmetros dos produtos químicos utilizados no SES. ....	46
Tabela 17. Custo unitário dos produtos químicos utilizados no SES. ....	46
Tabela 18. Taxa de Acúmulo de lodo nas lagoas de estabilização .....	51
Tabela 19. Informações de licenciamento ambiental usadas para calcular o custo OPEX com despesas de licenciamento do SES.....	52
Tabela 20. Custo unitário com licenciamento ambiental e serviços de terceiros do SES.	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taxa de Crescimento Populacional dos municípios no Estado de Goiás (2026-2066).....	11
Figura 2. Taxas de crescimento de domicílios ocupados. Goiás, 2023-2066 .....	12
Figura 3. Relação morador/domicílios dos municípios de Goiás. 2026-2056 .....	13
Figura 4. Municípios integrantes do Projeto - Etapa 1.....	15
Figura 5. Municípios integrantes do Projeto - Etapa 2.....	16
Figura 6. Esquema EEE típica .....	22
Figura 7. Dispersão e Linha de Tendencia dos valores EEE por vazão .....	29
Figura 8. Relação da área das EEE com a vazão .....	34
Figura 9. Tarifa média de fornecimento de energias para Serviços Públicos em Goiás..	45

## **1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Este anexo apresenta as premissas fundamentais adotadas para a projeção populacional, o cálculo de demandas e a valoração dos investimentos, as quais embasaram o desenvolvimento do Plano Microrregional de Esgotamento Sanitário (PMES) das Microrregiões Centro, Leste e Oeste do estado de Goiás.

Para o dimensionamento das demandas, foi elaborada uma modelagem específica que considerou a projeção da população e dos domicílios dos 217 municípios envolvidos. Os critérios e parâmetros utilizados foram baseados em Normas Técnicas Brasileiras, em padrões operacionais e técnicos da SANEAGO e em referências técnicas pertinentes ao tema de sistemas de esgotamento sanitário.

As estruturas propostas foram dimensionadas com base em um horizonte de projeto de 40 anos, assegurando a sustentabilidade técnica e operacional das soluções ao longo do período considerado.

As premissas técnicas, operacionais e econômicas utilizadas na estimativa dos custos de CAPEX (investimentos em infraestrutura) e OPEX (custos operacionais) também foram detalhadas neste documento, servindo de base para a definição das soluções propostas.

O projeto foi estruturado com o objetivo de viabilizar o atendimento de 90% da população urbana com acesso ao serviço de esgotamento sanitário até o ano de 2033, em conformidade com as metas estabelecidas pela Lei Federal nº 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento). Além da meta final, foram consideradas metas intermediárias adequadas às necessidades e realidades de cada microrregião, com base em critérios técnicos e na capacidade de execução das soluções propostas.

## 2. ESTUDO POPULACIONAL

Para dimensionamento das demandas foi realizada a modelagem da projeção da população e dos domicílios dos 217 municípios em estudo no estado de Goiás.

A estimativa do tamanho, das características e da composição de uma população, tanto no presente quanto no futuro, em circunstâncias onde um levantamento direto não é possível, representa uma tarefa desafiadora, porém fundamental para a formulação de planos e estratégias. Este processo tem relevância tanto em esferas públicas quanto privadas, com implicações de natureza social, econômica, política e ambiental. Uma projeção demográfica é um procedimento de cálculo da evolução futura de uma população, partindo de cenários hipotéticos de fecundidade, mortalidade e migração (IUSPP, 1985).

Para projetar populações com precisão obtendo as estimativas por faixa etária e sexo, outros métodos mais complexos são indicados, como o método das componentes por coorte (FREIRE; GONZAGA; GOMES, 2020). Este método estima a mudança de uma população de acordo com seus componentes de crescimento e acompanha cada coorte de pessoas da mesma idade ao longo de suas vidas, levando em consideração a exposição à mortalidade, fecundidade e migração. Começando com a população base por idade e sexo, a população em cada idade específica é modificada pelos efeitos de óbitos, nascimentos e migrações que ocorrem anualmente na população. O procedimento completo é repetido para cada ano do período de projeção, resultando na população projetada por idade e sexo por ano civil (ARRIAGA, 2001).

As vantagens do método das componentes por coorte são descritas a seguir. Essas vantagens tornam o método das componentes por coorte uma ferramenta valiosa para prever e analisar a dinâmica demográfica com mais precisão e detalhamento:

- i. Detalhamento por sexo e idade:** Permite uma análise detalhada e específica por faixa etária e sexo, sendo útil para projeções precisas nos diferentes grupos etários.
- ii. Capacidade de prever mudanças na dinâmica demográfica:** Pode prever e acompanhar as mudanças na estrutura de uma população ao longo do tempo, levando em consideração a mortalidade, a fecundidade e a migração em diferentes faixas etárias.
- iii. Flexibilidade:** Oferece flexibilidade para prever populações em diferentes níveis geográficos, como estados, regiões e municípios.
- iv. Precisão de projeção:** Possibilita alcançar projeções mais precisas de populações, já que leva em consideração as variações demográficas por faixa etária e sexo, tornando as previsões mais ajustadas às características específicas de grupos populacionais, se adaptando a diferentes cenários e permitindo considerar variações na taxa de fecundidade, mortalidade e migração ao longo do tempo.

No que diz respeito às limitações deste método, é importante destacar a exigência de dados precisos sobre fecundidade, mortalidade e migração em várias faixas etárias, bem como sua sensibilidade a variações nas componentes demográficos, diante de flutuações ou alterações imprevistas.

Dentre os métodos demográficos mais utilizados para projeções de pequenas áreas, encontram-se aqueles de distribuição do crescimento, conhecidos em inglês como métodos “i”. É importante destacar que a estimativa das populações em pequenas áreas possui uma significância considerável no âmbito das políticas públicas para sua implementação, monitoramento e avaliação (WALDVOGEL, 1997). Embora existam diferentes variantes desses métodos, de longe o mais conhecido é a fórmula proporcional de distribuição com o nome de *apportionment method*.

No Brasil, o *apportionment method*, conhecido como método de tendência do crescimento ou AIBI, é amplamente empregado por instituições e órgãos oficiais de pesquisa. É crucial ressaltar, no entanto, que em certas circunstâncias em que uma avaliação detalhada dos dados e do contexto local é insuficiente, a aplicação desse método pode resultar em projeções pouco realistas ou distorcidas da situação demográfica. Todavia, quando precedido por uma análise detalhada e desde que não se antecipe uma mudança abrupta nas tendências demográficas no futuro próximo, os resultados obtidos tendem a ser consistentes e confiáveis. É válido mencionar sua utilização pelo IBGE na projeção das populações municipais no Brasil.

Uma vantagem significativa deste método reside em assumir que o aumento populacional nas regiões menores é proporcionado pelo crescimento nas áreas maiores, assegurando, assim, que a totalização das populações das regiões menores corresponda à população da região de maior abrangência, dispensando a necessidade de ajustes adicionais para harmonizar esses números. Essa premissa cria uma conexão intrínseca entre as populações de áreas distintas, garantindo que, quando somadas, as populações das áreas menores alcancem a população da área maior.

Em relação às vantagens do *apportionment method* pode-se destacar a sua robustez conceitual e eficácia prática. A técnica ajuda a mitigar problemas de desequilíbrio entre as projeções populacionais, uma vez que a proporção de crescimento é mantida constante entre áreas. O processo de aplicação do método é interativo, onde as projeções são refinadas sucessivamente para garantir que os totais das populações menores se alinhem de maneira precisa com a população total da área maior, calculada previamente pelo método das componentes por coortes. No entanto, é importante observar que este método tem suas limitações, uma vez que ele pressupõe que as relações de crescimento populacional se mantenham constantes ao longo do tempo, o que pode não ser válido em situações de mudanças demográficas abruptas ou transformações econômicas significativas.

As informações sobre a população residente nos municípios foram obtidas através do ESTUDO DE ESTIMATIVAS POPULACIONAIS POR MUNICÍPIO, IDADE E SEXO 2000-2020 – BRASIL elaboradas pelo Ministério da Saúde/SVS/DASNT/CGIAE. Enquanto as informações sobre mortalidade e fecundidade no estado de Goiás foram obtidas pelo

Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos (SINASC), respectivamente. As informações sobre chefes de domicílios foram obtidas através do Censo 2022.

O método de projeção populacional seguiu o já bem-conceituado e estabelecido Método das Coortes-Componentes (CANNAN, 1895). Seguindo a lógica da equação de equilíbrio demográfico, a futura população de uma coorte de  $x$  anos de idade no tempo  $t + n$  será definida como a população atual dessa coorte no tempo somando os nascimentos  $B(t)$  e os imigrantes  $I(t)$ , e subtraindo as mortes  $D(t)$  e os emigrantes  $E(t)$  dessa coorte:

$$P(t + n) = P(t) + B(t) - D(t) + I(t) - E(t)$$

Nesse estudo, parte-se do pressuposto de população fechada à migração nos municípios selecionados. O número futuro de nascidos vivos e de óbitos são obtidos pelo método funcional de Hyndman e Ullah (2007) descrito a seguir.

Dado  $z_t(x)$ , o log da taxa de mortalidade/fecundidade observada para a idade  $x$  no ano  $t$ , assumimos que existe uma função de mortalidade/fecundidade suavizada subjacente  $f_t(x)$  com determinado erro  $\varepsilon_{t,i}$ :

$$z_t(x_i) = f_t(x_i) + \sigma_t(x_i)\varepsilon_{t,i}$$

As curvas de mortalidade/fecundidade específicas por idade são decompostas em componentes principais funcionais ortogonais e seus respectivos escores de componentes principais não correlacionados:

$$f_t(x_i) = a(x) + \sum_{j=1}^J b_j(x)k_{t,j} + e_t(x)$$

Onde  $a(x)$  é a função média estimada por  $\hat{a}(x) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n f_t(x_i)$ ;  $\{b_1(x), \dots, b_J(x)\}$  é um conjunto de primeiros componentes principais funcionais;  $\{k_{t,1}, \dots, k_{t,J}\}$  é um conjunto de escores de componentes principais não correlacionadas;  $e_t(x)$  é a função residual com média zero; e  $J < n$  é o número de componentes principais usadas. A previsão de  $h$ -passos à frente de  $z_{n+h}(x)$  pode ser obtida por:

$$\hat{z}_{n+hvn}(x) = E[z_{n+hvn}(x) | L, B] = \hat{a}(x) + \sum_{j=1}^J b_j(x) \hat{k}_{n+hvn,j}$$

Onde  $L = \{z_1(x), \dots, z_n(x)\}$  são os dados de mortalidade/fecundidade observados,  $B = \{b_1(x), \dots, b_J(x)\}$  é o conjunto de componentes principais funcionais,  $\hat{k}_{n+hvn,j}$  denota a previsão para  $h$ -passo à frente de  $k_{t,j}$  usando um modelo de série temporal univariada,

como o modelo ARIMA. Mais detalhes sobre o modelo podem ser encontrados em Hyndman e Ullah (2007) ou Booth et al. (2014). O modelo pode ser encontrado implementado no pacote do software R denominado “Demography”.

Após a projeção da população pelo Método das Coortes-Componentes, o Método das Taxas de Chefia é aplicada para se obter a projeção dos domicílios para cada município. As taxas de chefia  $h(i, j, t)$  do sexo i, idade j e no período t, são definidas como a razão entre o total de chefes de domicílio  $H(i, j, t)$  de sexo i, idade j e período t, pela população exposta ao risco de ser chefe do domicílio  $P(i, j, t)$  do sexo i, idade j e período t (KONO, 1987):

$$h(i, j, t) = \frac{H(i, j, t)}{P(i, j, t)}$$

Aplicando a abordagem das Taxas de Chefia usada nesta projeção, temos que o número futuro de chefes de família  $H(i, j, t + x)$  por sexo i, idade j, no período  $t + x$ , é dado por:

$$\sum_j \sum_i H(i, j, t + x) = \sum_j \sum_i P(i, j, t + x) * h(i, j, t + x)$$

Onde  $P(i, j, t + x)$  é a população do sexo i, idade j, no período  $t + x$ , projetada pelo Método das Coortes-Componentes; e  $h(i, j, t + x)$  são as taxas de chefia estimadas por sexo i, idade j e para o período  $t + x$ . A seguir, seguem os gráficos das estimativas.

Os resultados da projeção da população dos municípios serão distribuídos segundo os setores censitários de cada município sob o pressuposto de manutenção da proporcionalidade relativa de cada setor censitário ao total do município, seguindo o método *Apportionment Method* (AiBi) (WALDVOGEL, 1997).

Os métodos AiBi modula a projeção populacional em função da dinâmica populacional projetada para uma área maior. Para esse caso, é levada em consideração a intensidade de crescimento (taxa crescimento) da área maior (dois pontos no tempo + projeção) e das áreas menores (dois pontos no tempo), além da representatividade do tamanho populacional das áreas menores em relação à área maior.

No método AiBi é utilizada a seguinte equação:

$$P_i(t) = a_i * P(t) + b_i$$

Onde:

$P_i(t)$  é a população de uma determinada área menor i, no tempo t. (hab.);

$a_i$ : o coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área menor i em relação ao incremento da população da área maior;

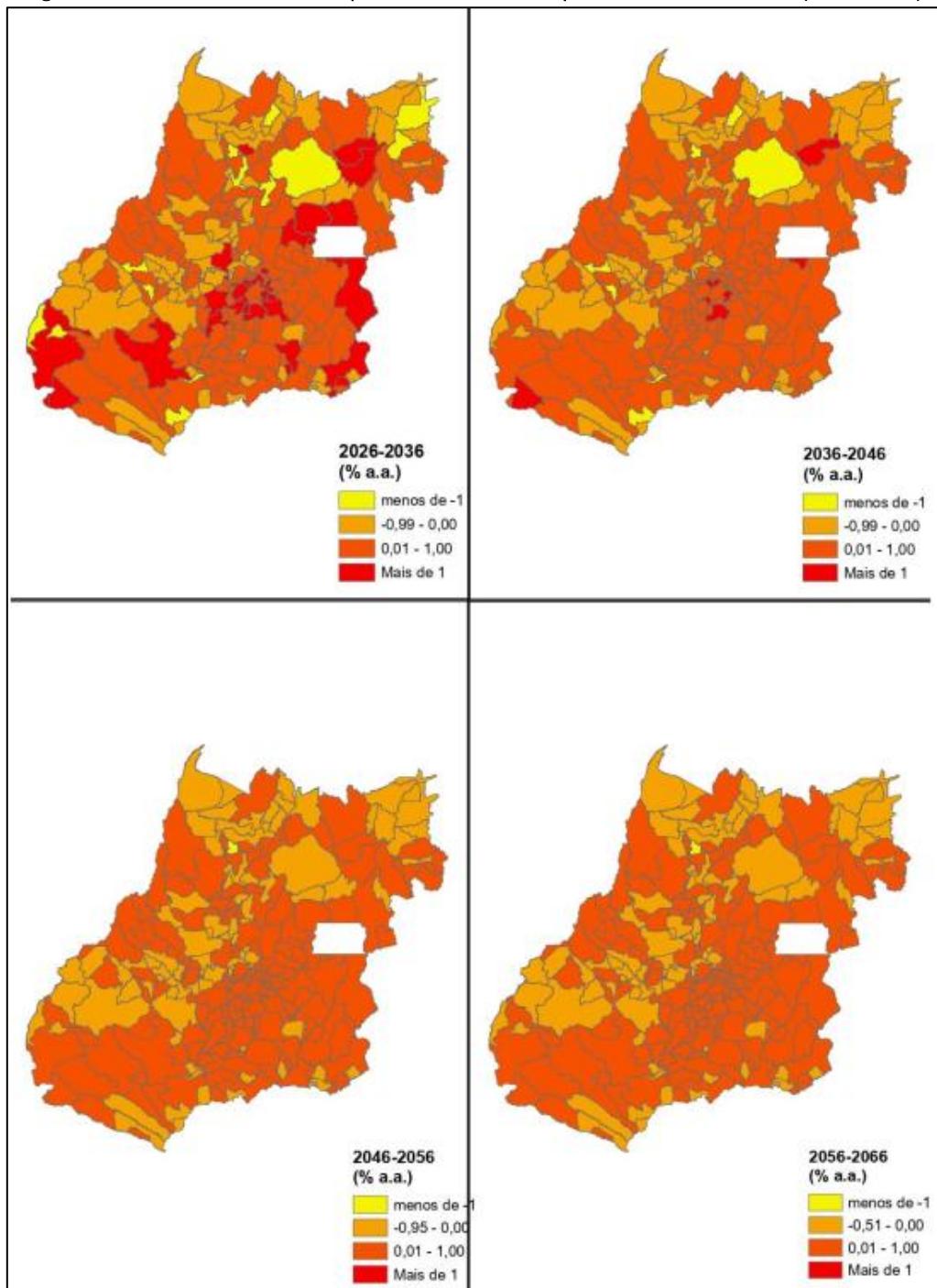
$b_i$ : o coeficiente linear de correção.

A proporção de domicílios não ocupados e domicílios coletivos serão mantidos constantes na projeção populacional e serão obtidas pelo censo de 2022 (IBGE). A população flutuante que possui domicílios classificados como “uso ocasional” nos municípios turísticos foi estimada usando como base o tamanho médio do domicílio e a porcentagem de domicílios tidos como “não ocupados - uso ocasional” pelo IBGE em 2022 (não inclui população classificada como turista que se alocam em hotéis, colônias de férias, pensões, campings ou similares).

A população flutuante que possui domicílios classificados como “uso ocasional” será considerada significativa e será utilizada na projeção de demandas quando for maior que 20% em relação aos domicílios totais.

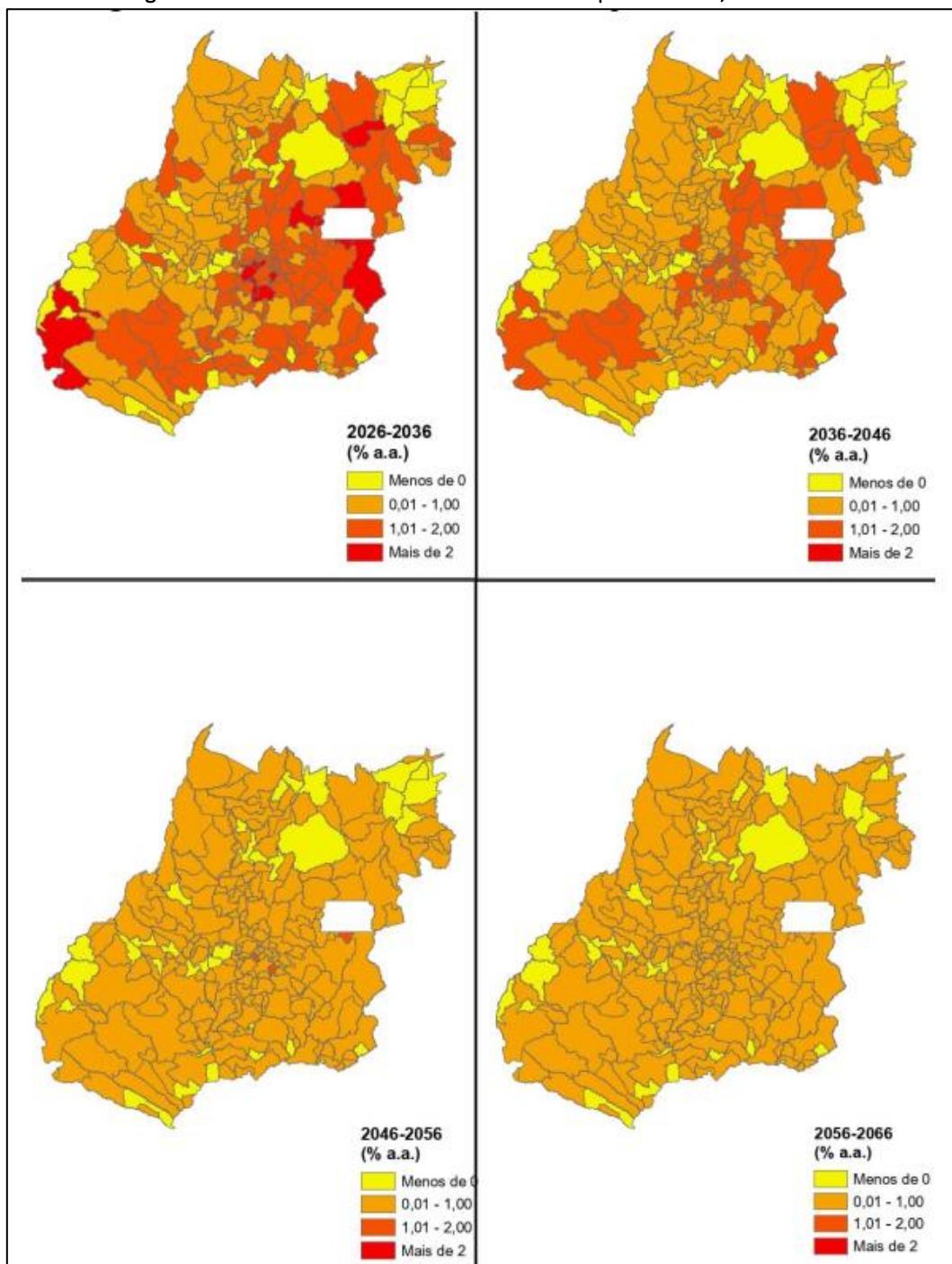
Portanto, as figuras a seguir representam os resultados das projeções obtidos para os municípios do estado de Goiás com relação à Taxa de Crescimento Populacional (Figura 1), taxa de crescimento de domicílios ocupados (Figura 2) e relação morador/domicílio (Figura 3). Vale destacar que, apesar do estudo ter sido elaborado para o estado como um todo, este projeto considerou apenas os 217 municípios integrantes do escopo.

Figura 1. Taxa de Crescimento Populacional dos municípios no Estado de Goiás (2026-2066)



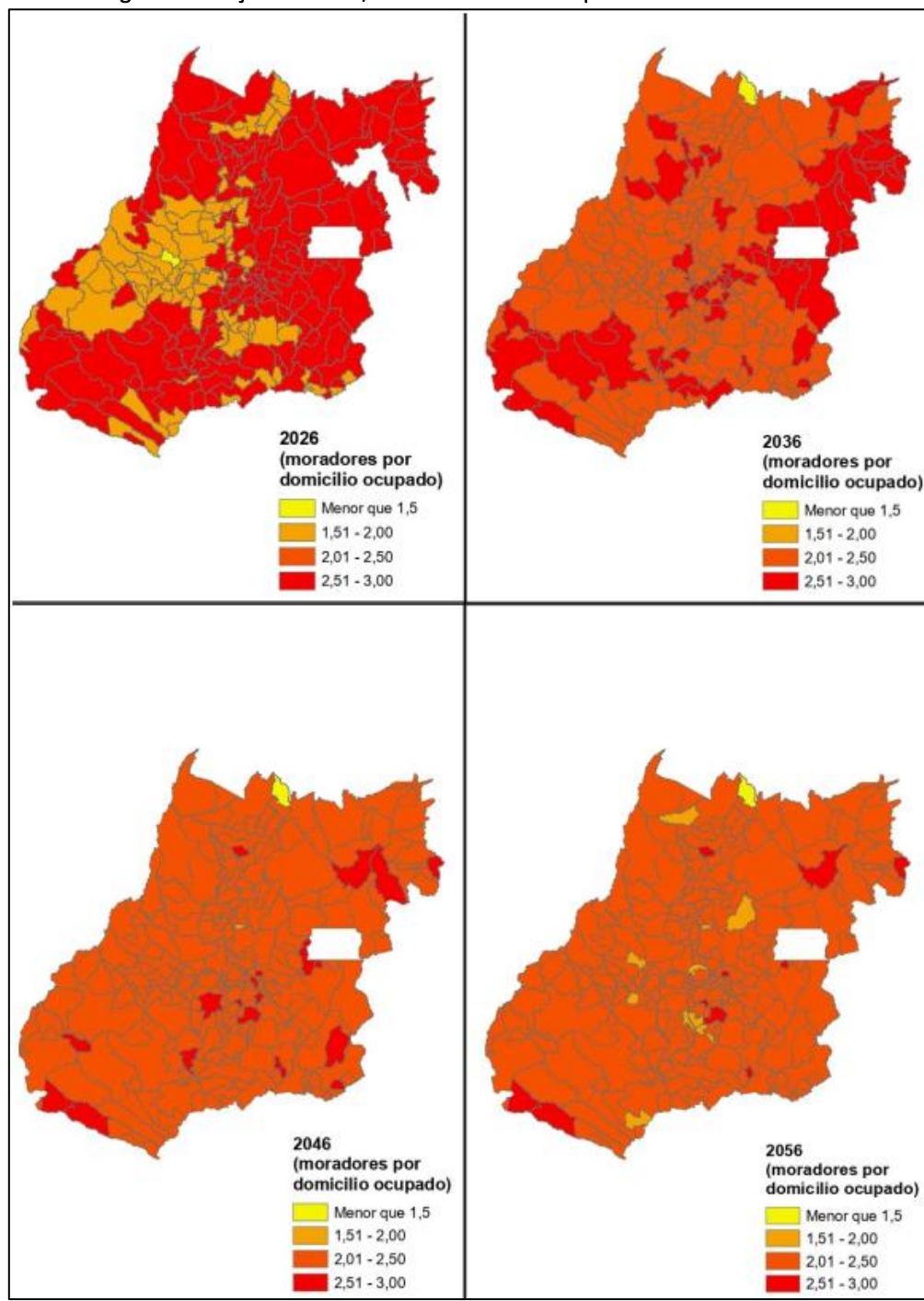
Fonte: Consórcio, 2025.

Figura 2. Taxas de crescimento de domicílios ocupados. Goiás, 2023-2066



Fonte: Consórcio, 2025.

Figura 3. Relação morador/domicílios dos municípios de Goiás. 2026-2056



Fonte: Consórcio, 2025.

### **3. PARÂMETROS DO ESTUDO DE DEMANDA - SES**

Este capítulo se dedica a detalhar os parâmetros utilizados para calcular as demandas atuais e futuras para os sistemas de esgotamento sanitário nos 217 municípios do estado de Goiás. Os parâmetros listados a seguir serão descritos nos tópicos 3.1 ao 3.8, a diante.

- Área de Abrangência;
- População Atendida (hab.);
- Contribuição per capita - L/hab.dia;
- Coeficiente de retorno;
- Taxa de infiltração – L/s.Km;
- Coeficientes de variação do consumo;
- Contribuições de esgoto sanitário;
- Parâmetros e condicionantes de projeto.

#### **3.1 Área de Abrangência**

Para a primeira etapa, foram incluídos os municípios que possuem contratos de água e esgoto vigentes com a Saneago, com prazo de vencimento a partir do ano de 2030. Na segunda etapa, foram considerados todos os municípios onde a Saneago opera, sem levar em conta o período de vigência ou a data de encerramento dos contratos. No entanto, é importante ressaltar que, para a elaboração do PMES, essa divisão entre etapas não foi aplicada, nem necessária.

A área urbana dos 217 municípios que fazem parte do escopo deste Plano, listados na Figura 4 e Figura 5, foi obtida através da classificação dos setores censitários do IBGE 2021. Dessa forma, os setores classificados como área urbana de alta e baixa densidade e núcleos urbanos, foram incorporadas no estudo.

Figura 4. Municípios integrantes do Projeto - Etapa 1

	Municípios		Municípios		Municípios
1	Anicuns	24	Araguapaz	47	Campinaçu
2	Aporé	25	Barro Alto	48	Cidade Ocidental
3	Araçu	26	Bela Vista de Goiás	49	Cristalina
4	Arenópolis	27	Crixás	50	Estrela do Norte
5	Avelinópolis	28	Goianápolis	51	Flores de Goiás
6	Baliza	29	Guaraíta	52	Goiandira
7	Cachoeira Alta	30	Heitoraí	53	Iaciara
8	Castelândia	31	Inhumas	54	Luziânia
9	Cezarina	32	Itapaci	55	Minaçu
10	Córrego do Ouro	33	Itauçu	56	Monte Alegre de Goiás
11	Diorama	34	Jesúpolis	57	Novo Gama
12	Edealina	35	Morrinhos	58	Pires do Rio
13	Gouvelândia	36	Nova América	59	Santa Tereza de Goiás
14	Inaciolândia	37	Nova Glória	60	Santo Antônio do Descoberto
15	Ivolândia	38	Petrolina de Goiás	61	São Miguel do Passa Quatro
16	Jaupaci	39	Santa Bárbara de Goiás	62	Sítio d'Abadia
17	Moiporá	40	Santo Antônio de Goiás	63	Urutaí
18	Palminópolis	41	São Luiz do Norte	64	Valparaíso de Goiás
19	Santo Antônio da Barra	42	Taquaral de Goiás	65	Vila Boa
20	Serranópolis	43	Uruaçu		
21	Turvelândia	44	Água Limpa		
22	Varjão	45	Anhanguera		
23	Aragoiânia	46	Buritinópolis		

Fonte: Consórcio, 2023.

Figura 5. Municípios integrantes do Projeto – Etapa 2

	Municípios		Municípios		Municípios
1	Acreúna	52	Santa Rita do Araguaia	103	Rialma
2	Adelândia	53	São João da Paraúna	104	Rianápolis
3	Americano do Brasil	54	São Luiz de Montes Belos	105	Rubiataba
4	Amorinópolis	55	Turvânia	106	Santa Isabel
5	Aparecida do Rio Doce	56	Abadia de Goiás	107	Santa Rosa de Goiás
6	Aragarças	57	Água Fria de Goiás	108	Santa Terezinha de Goiás
7	Aruanã	58	Aloândia	109	São Francisco de Goiás
8	Aurilândia	59	Alto Horizonte	110	São Miguel do Araguaia
9	Bom Jardim de Goiás	60	Amaralina	111	São Patrício
10	Bom Jesus de Goiás	61	Bonfinópolis	112	Terezópolis de Goiás
11	Britânia	62	Bonópolis	113	Uirapuru
12	Buriti de Goiás	63	Brazabrantes	114	Uruana
13	Caçu	64	Cachoeira Dourada	115	Vila Propício
14	Caiapônia	65	Caldazinha	116	Alexânia
15	Campestre de Goiás	66	Campo Limpo de Goiás	117	Alto Paraíso de Goiás
16	Cromínia	67	Campos Verdes	118	Alvorada do Norte
17	Doverlândia	68	Carmo do Rio Verde	119	Cabeceiras
18	Edéia	69	Caturaí	120	Campinorte
19	Fazenda Nova	70	Ceres	121	Campo Alegre de Goiás
20	Firminópolis	71	Damolândia	122	Campos Belos
21	Goiás	72	Goianésia	123	Cavalcante
22	Goiatuba	73	Goianira	124	Cocalzinho de Goiás
23	Indiara	74	Guapó	125	Corumbaíba
24	Iporá	75	Guarinós	126	Cristianópolis
25	Israelândia	76	Hidrolândia	127	Cumari
26	Itaberaí	77	Hidrolina	128	Damianópolis
27	Itajá	78	Ipiranga de Goiás	129	Davinópolis
28	Itapurapuã	79	Itaguari	130	Divinópolis de Goiás
29	Itarumã	80	Itaguaru	131	Formosa

Fonte: Consórcio, 2023.

### 3.2 População Atendida

De acordo com os dados do último censo demográfico do IBGE, em 2022, 60,4% dos domicílios brasileiros destinam o efluente doméstico à rede geral ou pluvial. No estado de Goiás, esse percentual foi de 51,4%, um pouco inferior à média nacional.

Neste Plano, utilizou-se os indicadores do IBGE como referência para avaliar o cumprimento da Norma Regulamentadora 8 (NR8). Essa abordagem adotada teve como objetivo calcular de forma mais precisa o índice de atendimento nos municípios, no momento.

Foi observado que os municípios do estado de Goiás não possuem sistema público de esgotamento sanitário, sendo uma parte do efluente coletado e disposto sem tratamento nos corpos receptores, ou direcionados a sistemas individuais.

Dessa forma, o Plano proposto busca ampliar esse serviço e atender a 90% da população urbana com coleta e tratamento de esgoto até o ano de 2033.

### **3.3 Contribuição per capita**

O consumo per capita de água depende de fatores inerentes à própria localidade a ser abastecida, podendo variar de região para região, como consequência da influência direta de causas como clima, hábitos populacionais, qualidade da água fornecida, custo da tarifa, existência de rede de esgoto e do nível de consumo e natureza de ocupação dessas áreas (doméstico, comercial, industrial, público etc.). O coeficiente per capita também pode variar ao longo do tempo, conforme a natureza da ocupação das áreas de projeto seja modificada.

Segundo estudo desenvolvido pela ONU (The United Nations World Water Development Report, 2014), um consumo de 110 L/hab.dia é considerado o ideal para um ser humano manter as condições higiênicas, o seu conforto e a sua qualidade de vida. No Brasil a média de consumo per capita de água em 2022 era de 148,2 L/hab.dia, para a região Centro-Oeste a média é igual a 153,5 L/hab.dia e para o estado do Goiás a média é 138,3 L/hab.dia (SNIS 2023, ano de referência 2022).

Os municípios que apresentam consumo per capita abaixo da média nacional tem como característica comum, restrições na disponibilidade hídrica, vulnerabilidade nos sistemas de abastecimento e problemas socioeconômicos.

De acordo com os dados do SNIS, em 2022, a média aritmética do IN022 (consumo médio per capita de água) nas Microrregiões Oeste, Centro e Leste do Estado de Goiás foram de, respectivamente, 154,83 L/hab, 145,65 L/hab e 146,20 L/hab. Portanto, conforme as médias apresentadas, e assim como praticado por projetos de engenharia e planos de investimento em melhorias para a universalização dos sistemas, sugerimos a adoção do consumo de água per capita igual a 150 L/hab.dia.

### **3.4 Coeficiente de Retorno**

A vazão média que cada habitante lança na rede coletora de esgoto é diretamente proporcional ao consumo de água, nesse caso 150 L/hab.dia, conforme apresentado no item anterior. A correlação entre seus valores se dá pelo coeficiente de retorno C (vazão de esgoto / vazão de água). O valor do coeficiente de retorno citado pela Norma NBR 9649/1986 é de 0,80, ou seja, 80% da água consumida se torna esgoto. Este valor foi utilizado nos cálculos de demanda e no projeto conceitual para dimensionamento das redes e unidades do sistema de esgotamento sanitário.

Considerando o coeficiente de retorno de 80%, temos uma contribuição per capita de 120 L de esgoto/hab.dia.

### **3.5 Taxa de Infiltração**

Taxa de infiltração se refere às contribuições originárias das chuvas e das infiltrações do lençol subterrâneo, que inevitavelmente terão acesso às canalizações de esgoto.

A Norma NBR 9649/1986 da ABNT recomenda a utilização de valores que variam de 0,05 a 1,0 L/s.km como taxa de contribuição de infiltração nas redes coletoras.

A quantificação dessas contribuições será realizada levando em conta a experiência local ou regional, uma vez que dependem, dentre 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;
- Do tipo de vedação dos poços de visita.

A vazão de infiltração específica para cada cidade é de difícil obtenção, observadas as condições de assentamento das tubulações da rede, tipo de juntas, características do subsolo e outros aspectos.

Seguindo recomendação da SANEAGO, emitida através da Nº 981/2024, utilizar-se-á a taxa de 0,05 l/s.km como referência para redes coletoras e coletores-tronco 100% plástico.

### 3.6 Coeficientes de Variação de Consumo

São dois os coeficientes utilizados para a obtenção das vazões máximas, K1 e K2, conforme recomendação da NBR 12211 NB 587 da ABNT referente a “Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água”. Como a vazão de esgoto é diretamente proporcional à vazão de consumo de água, estes mesmos coeficientes podem ser utilizados para o cálculo da vazão de esgoto.

O coeficiente K1 exprime a relação entre a vazão observada no dia de maior contribuição e a vazão média anual. Já o coeficiente K2 exprime a relação entre a vazão observada na hora de maior consumo e a vazão observada no dia de maior consumo.

De acordo com a NBR 12211 NB 587 os coeficientes K1 e K2 devem ser obtidos da relação entre o maior consumo diário e horário, verificado no período de um ano e o consumo médio diário e horário neste mesmo período, considerando-se sempre as mesmas ligações. Recomenda-se que sejam considerados, no mínimo, cinco anos consecutivos de observações, adotando-se a média dos coeficientes determinados.

Como não existe nenhuma base de dados ou histórico de consumo, considerando as mesmas ligações, no estado, serão utilizados os valores indicados na norma NBR 9649/1986 e adotados por grande parte das companhias de saneamento do Brasil, conforme segue:

- Coeficiente do dia de maior consumo – K1: 1,20;
- Coeficiente da hora de maior consumo – K2: 1,50.

### 3.7 Cálculo de Contribuições de Esgoto Sanitário

Para a determinação das vazões de projeto são utilizadas as seguintes equações:

$$Qm = \frac{Pop \cdot q_{pc} \cdot c_r}{86.400} + Qinf$$

$$Qmd = \frac{Pop \cdot q_{pc} \cdot c_r \cdot K_1}{86.400} + Qinf$$

$$Qmh = \frac{Pop \cdot q_{pc} \cdot c_r \cdot K_1 \cdot K_2}{86.400} + Qinf$$

Onde:

- $Qm$  = Vazão média (L/s);
- $Qmd$  = Vazão máxima diária (L/s);
- $Qmh$  = Vazão máxima diária (L/s);
- $Pop$  = População de projeto (hab.);
- $qpc$  = Consumo per capita (L/hab.d);
- $cr$  = Coeficiente de retorno;
- $Qinf$  = Vazão de infiltração (L/s);

### **3.8 Parâmetros e Condicionantes de Projeto**

Este capítulo se destina a detalhar os parâmetros e condicionantes definidos e adotados neste Plano. Dentre eles, a vazão e extensão para redes coletoras, interceptores, vazão para estações elevatórias e de tratamento, bem como as ligações e aquisição de áreas.

#### **3.8.1 Redes Coletoras e Interceptores**

Para efeito de estimativa do porte das redes coletoras e interceptores, que resultaram nas alternativas formuladas, foi adotada a vazão máxima horária e foi adicionado o volume de infiltração no sistema.

Os materiais das tubulações sugeridos para redes coletoras e interceptores são:

- PVC Ocre/JEI DN 100 até DN 400;
- PEAD Corrugado acima de DN 400;
- Ferro Fundido em trechos de travessias.

A extensão de redes a executar foi estimada com base no levantamento da extensão de ruas com apoio de softwares de Geoprocessamento. Essa metodologia incluir a análise e somatória das ruas existentes nos setores censitários em estudo, excluindo-se trechos de rodovia e estradas.

Com relação aos diâmetros, um estudo realizado pela SANEAGO, em 2024, que analisou 1.001.530 metros de rede, inclusive como grandes centros urbanos como Goiânia, e constatou que a maioria da rede implantada possui DN de 100 mm. Além disso, o Manual de Projetos da SANEAGO - 05.01 Redes Coletoras de Esgoto e Coletores-Tronco (IT00.0723), estabelece:

## “5.2 Diâmetro

*As tubulações das redes de esgotamento sanitário devem ser de seção circular. Os diâmetros utilizados devem ser previstos nas normas e especificações brasileiras, além de padronizados comercialmente para cada tipo de material. No projeto das redes coletoras o diâmetro nominal mínimo da tubulação deve ser de 100 mm, limitado ao transporte de vazão de saturação no trecho igual 2,0 L/s. A partir desta vazão no trecho, deve-se prever tubulações com diâmetro nominal mínimo de DN 150 mm.*

*Em áreas sujeitas a elevado adensamento futuro, recomenda-se a adoção de redes coletoras com diâmetro nominal mínimo de 150 mm.”*

(SANEAGO, 2023)

Sendo assim, a Tabela 1 apresenta a estimativa da proporção de distribuição dos diâmetros conforme a faixa de população atendida para cada município.

Tabela 1. Distribuição dos diâmetros de rede no estado de Goiás.

FAIXA DE POPULAÇÃO	REDE COLETORA (DN EM MM)			INTERCEPTOR (DN EM MM)				
	100	150	200	250	350	500	800	1000
Até 5.000	70,00%	30,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Até 10.000	57,50%	22,5%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Até 20.000	54,73%	18,0%	18,18%	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Até 50.000	54,56%	15,0%	17,39%	8,70%	4,35%	0,00%	0,00%	0,00%
Até 100.000	58,08%	10,0%	17,02%	8,51%	4,26%	2,13%	0,00%	0,00%
Até 200.000	59,37%	8,0%	16,84%	8,42%	4,21%	2,11%	1,05%	0,00%
> 200.000	60,02%	7,0%	16,75%	8,38%	4,19%	2,09%	1,05%	0,52%

Fonte: SANEAGO, 2024.

### 3.8.2 Estações Elevatórias e Linhas de Recalque

Para efeito de estimativa do porte das estações elevatórias de esgoto, que resultarão nas alternativas propostas, será adotada a vazão máxima horária e adicionado o volume de infiltração no sistema.

As faixas de vazão para as alternativas formuladas são:

- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão até 5 l/s
- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão de 6l/s a 10 l/s
- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão de 11 l/s a 25 l/s
- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão de 26 l/s a 50 l/s
- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão de 51 l/s a 100 l/s
- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão de 101 l/s a 200 l/s
- EEE - Estação Elevatória de Esgoto com vazão acima de 200 l/s

As linhas de recalque existentes e propostas foram verificadas quanto aos seus funcionamentos para as novas condições operacionais de vazão e pressão. Para verificação do diâmetro, foi utilizada a fórmula de Bresse, expressa pela equação  $D = k \cdot \sqrt{Q}$ , em que:

D: Diâmetro econômico (m);

K: coeficiente variável, função dos custos de investimento e de operação;

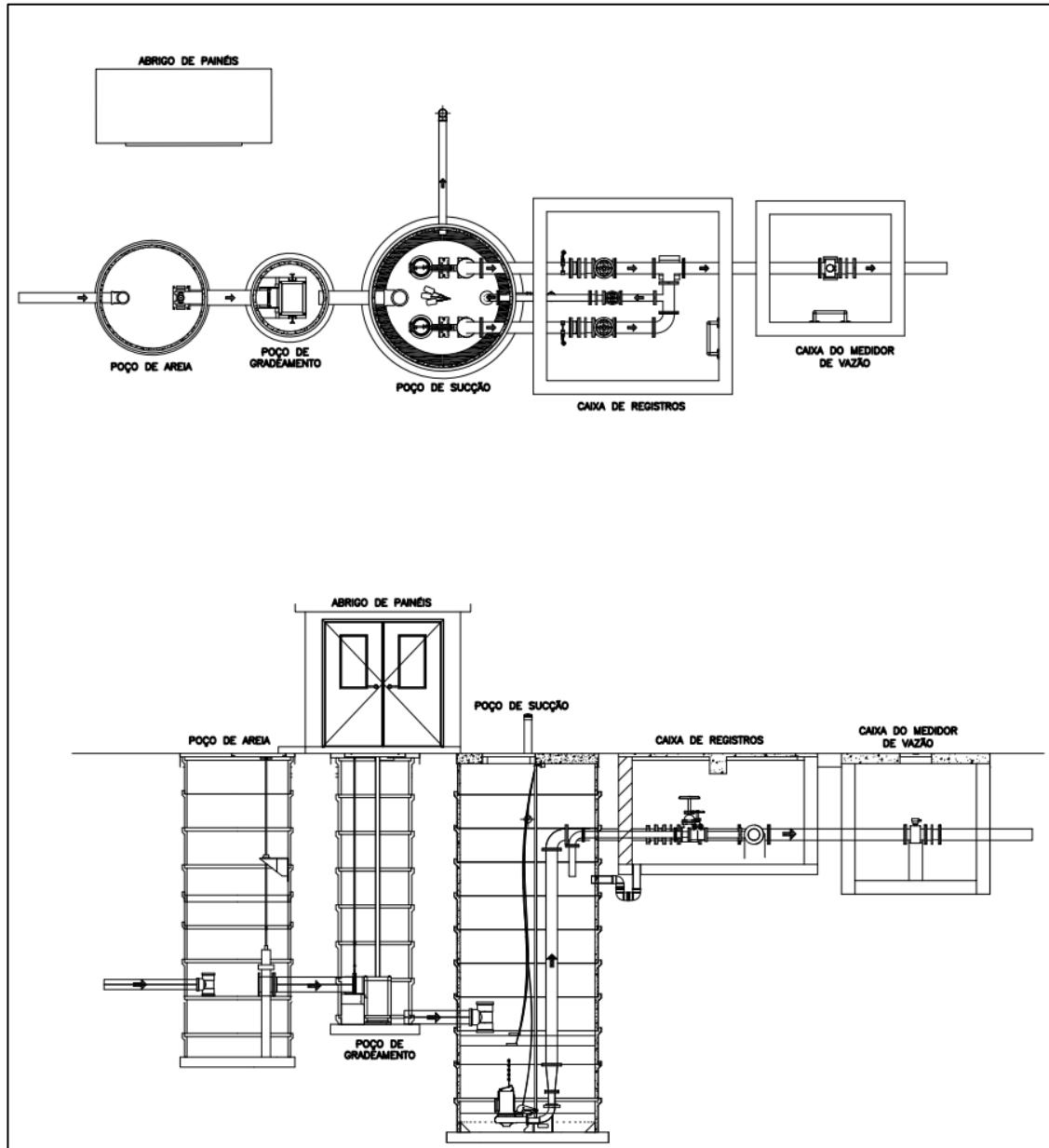
Q: vazão contínua de bombeamento ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ).

Os materiais das tubulações a serem utilizadas nas linhas de recalque das respectivas Elevatórias são:

- Linha de Recalque –  $\emptyset$  até 300mm – PVC DeFoFo
- Linha de Recalque –  $\emptyset > 300$  mm – FoFo

Por fim, o tipo de EEE padrão considerado são as Elevatórias Submersíveis, caracterizadas por possuírem bombas instaladas diretamente dentro do poço úmido, totalmente imersas no esgoto. Esse modelo oferece vantagens como compactação do espaço, operação silenciosa e facilidade de manutenção, além de serem adequadas para áreas onde a disponibilidade de espaço é limitada ou onde se deseja minimizar impactos visuais e ambientais. A Figura 6 apresenta um croqui deste tipo de EEE.

Figura 6. Esquema EEE típica



Fonte: Consórcio, 2024.

### 3.8.3 Sistema de Tratamento

Para efeito de estimativa do porte das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) será adotada a vazão média e adicionado o volume de infiltração no sistema. O sistema de tratamento preliminar deverá atender a vazão máxima horária adicionado a vazão de infiltração.

As faixas de vazão para as alternativas formuladas são:

- ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão até 50 l/s
- ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 50 até 100 l/s
- ETE - Estação de Tratamento de Esgoto com vazão nominal de 100 a 200 l/s
- ETE - Estação de Tratamento de Esgoto com vazão nominal de 200 a 400 l/s
- ETE - Estação de Tratamento de Esgoto com vazão nominal de acima de 400 l/s

Para escolha da tecnologia de tratamento a ser sugerida, é fundamental considerar a eficiência necessária para atendimento dos padrões de qualidades locais. Para subsidiar essa escolha, serão consideradas as informações da Tabela 2, que apresenta a eficiência média de remoção de DBO por tipo de tratamento.

**Tabela 2. Tabela comparativa dos processos de tratamento biológico de esgoto**

SISTEMA DE TRATAMENTO	EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DBO (%)
Tratamento preliminar	0-5
Tratamento Primário	35-45
Lagoa Facultativa	70-85
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	70-90
Lagoa Aerada Facultativa	70-90
Lagoa aerada mista completa – lagoa de decantação	70-90
Lodos ativados convencional	85-93
Lodos ativados (aeração prolongada)	93-98
Lodos ativados (fluxo intermitente)	85-95
Filtro biológico (baixa carga)	85-93
Filtro biológico (alta carga)	80-90
Reator anaeróbio de manta de lodo	60-80
Fossa séptica – Filtro anaeróbio	70-90

Fonte: Sperling, 1996.

### 3.8.4 Soluções de Tratamento Alternativas/Individuais

Com base na análise técnica realizada pela Saneago em 87 povoados sob sua operação, que contam com informações detalhadas sobre os sistemas implantados, foram definidos critérios objetivos para a adoção de soluções individuais de esgotamento sanitário. Os povoados analisados apresentam, em média, uma população de 649 habitantes, o que embasa a recomendação de utilizar soluções individuais em localidades com menos de 600 habitantes, desde que a densidade de rede coletora seja tecnicamente inviável.

Para localidades onde a densidade de rede coletora ultrapasse 30 metros por ligação (m/lig), a implantação de soluções individuais é considerada mais adequada, devido à maior eficiência técnica e econômica que essas alternativas oferecem nessas condições. Nos casos em que as soluções individuais resultem na geração de lodo como subproduto, a responsabilidade pelo manejo e disposição final desse resíduo será do usuário. O usuário poderá optar por contratar os serviços do concessionário – caso a Saneago ou outro operador disponibilize essa opção – ou recorrer a prestadores de serviços especializados, conforme sua conveniência e necessidade.

Além disso, a implantação de soluções individuais deve ser tecnicamente inviável em áreas com restrições específicas, como terrenos impermeabilizados ou com lençóis freáticos elevados. Nessas situações, deve-se garantir que as intervenções estejam alinhadas com os princípios de sustentabilidade ambiental, saúde pública e eficiência técnica, buscando alternativas adequadas para atender às particularidades locais.

### **3.8.5 Emissário**

Para efeito de estimativa do porte dos emissários, que resultarão nas alternativas formuladas, será adotada a vazão média e foi adicionado o volume de infiltração no sistema. Os materiais das tubulações a ser utilizada nos emissários são:

- PVC Ocre/JEI DN 150 mm até DN 400;
- PEAD Corrugado acima de DN 400;
- Concreto armado com junta elástica (EA).

### **3.8.6 Ligações e Economias**

As ligações prediais devem seguir os padrões utilizados pela Companhia. A quantidade de novas ligações e de economias a serem implantadas serão calculadas através dos índices de atendimento atuais e pela projeção de domicílios realizado no estudo populacional. Para o cálculo das economias, utilizou-se o índice de verticalidade em cada município fornecido pela SANEAGO (2022).

### **3.8.7 Extensão de Redes coletoras e interceptores**

A extensão e o diâmetro das redes coletoras e interceptores são definidos com base no estudo de demanda, no diagnóstico conceitual de cada município e por meio de análises realizadas com ferramentas de geoprocessamento.

O levantamento da extensão das ruas foi realizado utilizando dados geoespaciais extraídos do OpenStreetMap (OSM) com o auxílio do complemento QuickOSM. Essa ferramenta permite a conversão de informações, como ruas categorizadas como "highway", em dados vetoriais que são processados para identificar as vias onde há necessidade de redes coletoras. Ferramentas de cálculo foram empregadas para mensurar a extensão de cada segmento de rua, garantindo uma análise técnica e precisa do ambiente geográfico. Nesse caso, exclui-se estradas vicinais e rodovias, por exemplo.

Esse levantamento fornece subsídios para identificar a extensão necessária das redes e apoiar o planejamento do sistema de esgotamento sanitário, com base nas metas de atendimento e universalização.

Para atender às metas de universalização do saneamento, considerou-se que 100% das vias localizadas em áreas urbanas e adensadas das sedes municipais serão atendidas com redes coletoras de esgoto. Contudo, é importante destacar que, na prática, este percentual não implica na implantação de redes em todas as ruas, uma vez que situações específicas, como áreas com soleiras negativas ou limitações técnicas, podem exigir soluções alternativas. Essas situações, assim como ajustes de projeto para demandas futuras, serão avaliadas pela futura concessionária durante a elaboração dos projetos básico e executivo, etapas em que haverá maior precisão de dados, como levantamentos topográficos. Este estudo conceitual oferece uma estimativa preliminar, com foco em garantir o planejamento das redes dentro das metas estabelecidas para a universalização.

#### **4. PREMISSAS DE CAPEX E OPEX**

Neste tópico, são apresentadas a fundamentação teórica e a metodologia utilizadas na elaboração dos custos de investimento e operação CAPEX e OPEX atribuídos aos 217 municípios de Goiás.

O termo OPEX é proveniente da língua inglesa e é uma sigla que se refere a “*Operational Expenditure*”, isto é, os custos operacionais. Esses custos envolvem desde manutenção dos equipamentos, gastos de consumíveis, bem como salários dos funcionários e outras despesas operacionais.

As estimativas de custos e despesas de OPEX foram projetadas, majoritariamente, a partir das informações fornecidas pela SANEAGO e praticadas pela companhia. Em alguns casos, que serão explicitados em seus respectivos itens, adotou-se valores de benchmarking do setor de saneamento ou de custos unitários publicados pelo SINAPI/GO data base maio de 2024.

O CAPEX também é proveniente da língua inglesa, mas refere-se a “*Capital Expenditure*” que são os custos de investimentos. Entende-se por custos de investimentos aqueles necessários para projetar, construir e instalar uma planta ou realizar as modificações essenciais para o bom funcionamento das estruturas do local da planta.

Para estimar ambos os custos são requeridos dados que retratam uma situação já existente, casos em que são realizadas modificações, ou que retratarão uma situação nova, como por exemplo a construção de uma estrutura inexistente no local. De forma a obter uma estimativa precisa, é de extrema importância trabalhar com dados confiáveis e, caso isso não seja possível, adotar premissas condizentes.

Os custos CAPEX estimados referem-se a um conjunto de itens denominado “Kits”. Tais “Kits”, referem-se à elaboração de um orçamento, que apresenta todos os serviços necessários para a correta execução de uma determinada obra. Como exemplo, os “kits de rede” compreendem desde a pesquisa por interferências e locação das redes, passando pela abertura da vala, serviços necessários para o correto assentamento da tubulação, como escoramentos, drenagens e execução de envoltória de areia, além do correto fechamento da vala e recomposição da pavimentação existente. Os “Kits de Elevatórias” e “Kits de Estações de Tratamento” também compreendem os serviços preliminares, movimentação de terra, fundações e estruturas, equipamentos hidráulicos e hidromecânicos, elétrica e automação, urbanização e fechamento da área.

Esses kits são formados por diversos projetos executivos desenvolvidos pela consultoria, com as mesmas especificações técnicas, tipologias, faixas de vazão das soluções utilizadas no projeto conceitual. Para o projeto de Goiás, os “kits” para implantação de rede coletora e estações elevatórias foram fornecidos pela SANEAGO. Esses valores refletem os projetos e obras de expansão e melhorias dos sistemas executados pela companhia no ano de 2023, sendo devidamente atualizados para a data base maio/2024.

Para as demais infraestruturas, as referências de preços unitários utilizadas nos “kits” seguiram a mesma ordenação aplicada na estimativa para as edificações, obras civis e benfeitorias, sendo: (i) preferencialmente, usado como referência a Tabela SINAPI, referente ao estado de Goiás na data de maio de 2024; no caso de dados disponíveis e (ii) alternativamente, Benchmark de mercado, de outras companhias e de projetos anteriores realizados, para itens e/ou serviços não disponíveis na Tabela SINAPI.

A elaboração dos custos de investimentos CAPEX também foi fundamentada tanto em informações fornecidas e praticadas pela SANEAGO, quanto em curvas paramétricas. Essas curvas de custos foram desenvolvidas com base em diversas fontes, tais como: o valor médio de obras já concluídas, orçamentos de projetos executivos elaborados pelo consórcio nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, consultas a fabricantes e fornecedores de materiais e serviços, além de referências em livros, artigos e outros trabalhos semelhantes. Os valores foram devidamente atualizados para a mesma data de referência (maio/2024), utilizando o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) acumulado entre os períodos-base e a data de referência como fator de correção.

Os dados de SES que vão fundamentar os PMES foram fornecidos pela SANEAGO, além daqueles disponíveis pelo SINISA (Serviço Nacional de Informação sobre Saneamento). Ademais, alguns parâmetros foram obtidos através do estudo populacional e demanda.

Por fim, de modo a considerar os custos indiretos da obra, aplicou-se o percentual de 24,18% para os Benefícios e Despesas Indiretas. A referência utilizada também seguiu o valor apresentado no Acórdão Nº 2622/2013 do TCU.

A fim de obter um melhor entendimento dos custos CAPEX e OPEX dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES), os resultados são apresentados na seguinte ordem: origem dos custos, isto é, os quantitativos quanto a vazão, volume, áreas, ligações etc. a serem implantados, e na sequência serão apresentados os custos totais, por microrregião e por ligação.

Os itens 4.1 ao 4.3 apresentam as premissas utilizadas para o cálculo de CAPEX e OPEX do projeto.

## 4.1 Premissas CAPEX

A seguir são descritas as premissas utilizadas para estimar os custos de investimento CAPEX relacionado ao Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) nos 217 municípios do estado de Goiás. Assim, foram levantados custos para ligações domiciliares, elevatórias, linha de recalque, rede coletora, interceptor, tratamento, aquisição de áreas e projetos.

### 4.1.1 Rede Coletora e Interceptor

O levantamento da extensão de ruas por meio de ferramentas de geoprocessamento envolve a extração de dados geoespaciais do *OpenStreetMap* (OSM) utilizando o complemento *QuickOSM*. Este complemento extrai informações específicas, como ruas

(identificadas pela categoria "highway"), e as converte em dados vetoriais. A tabela de atributos resultante contém informações detalhadas, as quais possibilitam a identificação dos dados necessários para o projeto em questão.

Após a seleção dos dados pertinentes, emprega-se uma ferramenta de cálculo para determinar a extensão de cada segmento de rua. Esse processo fornece uma análise precisa da extensão das ruas, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada e técnica do ambiente geográfico.

O levantamento de extensões de ruas indica a existência de economias e através deste indicador é possível avaliar a necessidade de redes de esgotamento sanitário. Para o atendimento das metas de universalização, todas as vias deverão ter rede implantada para atendimento de todas as economias, sendo assim, é necessário ressaltar que, ao final do levantamento das extensões de ruas, garante-se a cobertura prevista de 90% para o sistema de esgoto.

O levantamento do custo unitário das redes coletoras de esgoto foi realizado com base em composições orçamentárias fundamentadas nos valores da Tabela SINAPI e SANEAGO, considerando a data-base de maio de 2024.

Para tubulações com diâmetro igual ou inferior a 150 mm, adotou-se a instalação de Terminais de Inspeção Linear (TIL), em substituição aos Poços de Visita (PVs), como solução técnica e economicamente mais viável. Os valores apresentados na Tabela 3, consideram os serviços de corte e recuperação de pavimento, escavação, acerto de fundo de vala, montagem e reaterro, além de abranger diferentes tipos de pavimento, incluindo áreas sem calçamento e será adotado para tubulações de até 300 mm.

**Tabela 3. Preço médio Saneago por metro de rede implantada.**

ITEM	DESCRÍÇÃO	UN	PREÇO ATUALIZADO (MAIO/2024)
1	Rede Coletora de Esgoto - DN 100	R\$/m	231,79
2	Rede Coletora de Esgoto - DN 150	R\$/m	284,65
3	Rede Coletora de Esgoto - DN 200	R\$/m	313,38
4	Rede Coletora de Esgoto - DN 250	R\$/m	342,42
5	Rede Coletora de Esgoto - DN 350	R\$/m	480,87

\* Adm Local (7,64%) e Canteiro de Obras (2%)

**Fonte:** SANEAGO, 2024.

Os interceptores, por suas características específicas de projeto, recebem contribuição de múltiplas sub-bacias e, geralmente, são implantados próximos a corpos hídricos, com diâmetros maiores. Nesse sentido, o custo unitário é diretamente influenciado pelo dimensionamento, que depende das particularidades de cada projeto.

**Tabela 4. Preço médio Saneago por metro de interceptor**

ITEM	DESCRÍÇÃO	UN	PREÇO ATUALIZADO (MAIO/2024)
1	Interceptor PVC - DN 250	R\$/m	342,42
2	Interceptor PVC - DN 350	R\$/m	480,87
3	Interceptor Concreto EA2 - DN 500	R\$/m	761,85
4	Interceptor Concreto EA2 - DN 800	R\$/m	1.360,83
5	Interceptor Concreto EA2 - DN 1000	R\$/m	1.638,87

\* Adm Local (7,64%) e Canteiro de Obras (2%)

**Fonte:** SANEAGO, 2024.

O cálculo realizado para obter o custo de investimento CAPEX de rede coletora ou interceptor de esgoto é apresentado na Equação 1:

$$R\$_{Rede \ ou \ Interceptor, CAPEX} = Rede_{exec \ ou \ Interceptor_{exec}} \cdot R\$_{Rede \ ou \ Interceptor, m}$$

(Equação 1)

Onde:

$R\$_{Rede \ ou \ Interceptor, CAPEX}$  = Custos de investimento CAPEX para rede ou interceptor de esgoto [R\$];

$Rede_{exec \ ou \ Interceptor_{exec}}$  = extensão de rede ou interceptor a executar [m];

$R\$_{Rede \ ou \ Interceptor, m}$  = Custo unitário por metro de rede ou interceptor de esgoto [R\$/m].

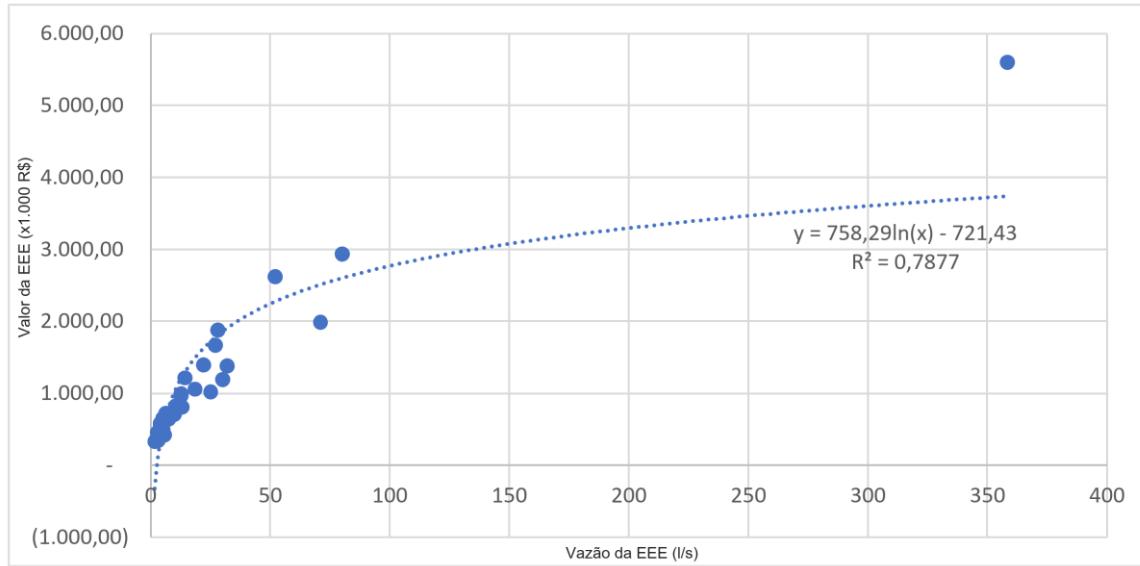
#### 4.1.2 Estação Elevatória de Esgoto Bruto

O parâmetro de cálculo dos custos foi dado a partir do porte da estação elevatória de esgoto bruto. O número de elevatórias e a vazão de elevação foram determinadas conforme estudo de demanda e projeto conceitual de cada município de forma a alcançar 90% atendimento.

A estimativa de custo para implantação de Estações Elevatórias de Esgotos para o estado de Goiás foi definida conforme estudo realizado pela SANEAGO. Segundo a companhia, essa estimativa apresenta desafios devido à variedade de variáveis técnicas envolvidas, como topografia, nível de urbanização, potência das bombas, altura manométrica, materiais hidráulicos e equipamentos. Adicionalmente, as faixas de vazão recalcada possuem transições com distorções de preços, observadas principalmente em faixas de menor capacidade.

A SANEAGO utilizou dados de 36 estações elevatórias de diferentes vazões, ajustando os custos a partir de uma linha de tendência. A fórmula resultante, representada graficamente na Figura 7, proporcionou valores coerentes para as diferentes faixas, mas com ressalva para vazões inferiores a 3 L/s, que apresentaram resultados negativos.

**Figura 7. Dispersão e Linha de Tendencia dos valores EEE por vazão**



**Fonte:** SANEAGO, 2024.

Devido à estruturação dos cálculos do projeto considerar faixas de vazões de até 5 L/s, o valor fixo solicitado pela SANEAGO para vazões de 1 a 3 L/s foi aplicado integralmente de 1 a 5 L/s. Para as vazões acima de 5 L/s, os cálculos foram realizados utilizando a fórmula especificada.

Dessa forma, foram adotados os seguintes critérios:

1. Vazões entre 1 L/s e 5 L/s: valor fixo de R\$ 111.636,71;
2. Vazões inferiores a 1 L/s: multiplicar a vazão pelo valor fixo da faixa anterior;
3. Vazões a partir de 6 L/s: utilizar a fórmula ajustada apresentada pela companhia.

Os valores apurados pela SANEAGO estão na data-base outubro/2023. Realizando as devidas correções para trazer os valores à data base de maio/2024, tem-se:

1. Vazões entre 1 L/s e 5 L/s: valor fixo de R\$ 113.638,36;

Com o custo unitário definido, calculou-se o custo de investimento CAPEX das estações elevatórias de esgoto bruto conforme apresentado na Equação 2, a seguir.

$$R\$_{EEE,B,CAPEX} = Q_{EEE,B,exec} \cdot f(Q_{EEE,exec}) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$R\$_{EEE,B,CAPEX}$  = Custos de investimento CAPEX para a estação elevatória de esgoto bruto [R\$];

$Q_{EEE,B,exec}$  = Vazão da estação elevatória de esgoto bruto a executar [L/s];

$f(Q_{EEE,exec})$  = Função do custo unitário por vazão recalculada [R\$/L.s<sup>-1</sup>], definida conforme:

- o Para vazões entre 1 L/s e 5 L/s: valor fixo de R\$ 113.638,36;

- Para vazões **menores que 1 L/s**: multiplicar a vazão pelo valor fixo da faixa anterior (1 L/s);
- Para vazões **maiores ou iguais a 6 L/s**: aplicar a **fórmula ajustada** da linha de tendência:  $f(QEEE, exc) = 758,29 \cdot \ln(QEEE, exc) - 721,43$

As reformas de estações elevatórias de esgoto bruto existentes e a substituição dos conjuntos motobombas também foram previstas e os custos são estabelecidos conforme critério baseado em porcentagens atribuídas a diferentes faixas de vazão, considerando, especificamente, os valores de referência aplicáveis a uma unidade nova. Os percentuais adotados, estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5. Porcentagens e custos unitários de reforma para elevação de esgoto bruto e substituição de conjunto motobombas.**

REFORMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA	%
Reforma EEEB - vazão até 5 l/s	30%
Reforma EEEB- vazão 6 l/s a 10 l/s	30%
Reforma EEEB- vazão 11 l/s a 25 l/s	30%
Reforma EEEB- vazão 26 l/s a 50 l/s	30%
Reforma EEEB- vazão 51 l/s a 100 l/s	20%
Reforma EEEB- vazão 101 l/s a 200 l/s	20%
Reforma EEEB - vazão acima de 200 l/s	20%
CMB EEEB - vazão até 5 l/s	15%
CMB EEEB - vazão de 6 l/s a 10 l/s	15%
CMB EEEB - vazão de 11 l/s a 25 l/s	15%
CMB EEEB - vazão de 26 l/s a 50 l/s	15%
CMB EEEB - vazão de 51 l/s a 100 l/s	15%
CMB EEEB - vazão de 101 l/s a 200 l/s	15%
CMB EEEB - vazão acima de 200 l/s	15%

**Fonte:** Consórcio, 2024.

#### 4.1.3 Linha de Recalque

O parâmetro utilizado para o cálculo do custo de investimento CAPEX das linhas de recalque foi a extensão e o diâmetro utilizado. Ambos foram definidos conforme o estudo de demanda e o projeto conceitual de cada município de forma a garantir 90% de atendimento.

Conforme estudo da SANEAGO, os custos relacionados às linhas de recalque foram apurados com base nos quantitativos consolidados dos relatórios de Anteprojeto para as três microrregiões, na data base outubro de 2023. A proporção considerada respeitou as características técnicas e as especificações presentes nas fichas técnicas.

Os valores calculados para a implantação de linhas de recalque incluíram os custos com materiais e serviços associados. Os valores por diâmetro são apresentados na Tabela 6, incluindo os valores atualizados para maio de 2024 pelo INCC.

**Tabela 6. Preço médio Saneago por metro linear de linha de Recalque.**

ITEM	DESCRÍÇÃO	UN	PREÇO C/ BDI	PREÇO COM ADM LOCAL E CANTEIRO OBRAS*	PREÇO ATUALIZADO (MAIO/2024)
1	PVC CL 20 – DN 75	R\$/m	147,12	161,30	164,19
2	PVC DEFoFo – DN 100	R\$/m	153,91	168,75	171,77
3	PVC DEFoFo – DN 150	R\$/m	194,03	212,73	216,55
4	PVC DEFoFo – DN 200	R\$/m	257,72	282,56	287,63
5	PVC DEFoFo – DN 300	R\$/m	461,34	505,81	514,88
6	PVC DEFoFo – DN 350	R\$/m	568,01	622,77	633,93
7	PVC DEFoFo – DN 400	R\$/m	699,65	767,10	780,85
8	PVC DEFoFo – DN 500	R\$/m	981,06	1075,63	1094,92
9	FoFo – DN 300	R\$/m	1.040,62	1140,94	1161,39
10	FoFo – DN 350	R\$/m	1.201,91	1317,77	1341,40
11	FoFo – DN 400	R\$/m	1.336,67	1465,52	1491,80
12	FoFo – DN 450	R\$/m	1.501,78	1646,55	1676,07
13	FoFo – DN 500	R\$/m	1.760,75	1930,49	1965,10
14	FoFo – DN 600	R\$/m	2.351,08	2577,72	2623,94

\* Adm Local (7,64%) e Canteiro de Obras (2%)

**Fonte:** SANEAGO, 2024.

Com a extensão e o diâmetro definidos o custo de investimento CAPEX foi calculado, conforme estudo da SANEAGO:

$$R\$_{LR,CAPEX} = LR_{exec} \cdot R\$_{LR,m} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$R\$_{LR,CAPEX}$  = Custos de investimento CAPEX para a linha de recalque [R\$];

$LR_{exec}$  = Extensão de linha de recalque a executar [m];

$R\$_{LR,m}$  = Custo unitário do metro de linha de recalque [R\$/m].

#### 4.1.4 Estação de Tratamento de Esgoto

A vazão de tratamento e o número de habitantes foram determinados a partir do estudo de demanda e o projeto conceitual de cada município de forma a garantir 90% de atendimento de esgoto.

O processo de tratamento escolhido para cada sistema considerará premissas como área disponível, localização, vazão de efluente, existência e classificação do corpo receptor, viabilidade técnica e operacional, otimização dos investimentos, atendimento à legislação e outros.

Os custos de investimento CAPEX para tratamento de esgoto foram obtidos a partir da multiplicação do parâmetro de cálculo pelo custo unitário conforme apresentado na Equação 4. Os custos unitários, apresentados na Tabela 7, foram elaborados de acordo

com projetos realizados pelas empresas do Consórcio, composição base SINAPI - GOIÁS (maio de 2024) e benchmarking realizado no setor.

**Tabela 7. Custo unitário para tratamento de esgoto.**

TIPO DE TRATAMENTO	CUSTO UNITÁRIO
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de até 5 L/s	R\$307.764,17 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 6 até 10 L/s	R\$232.199,83 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 11 até 25 L/s	R\$188.006,50 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 16 até 50 L/s	R\$164.597,72 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 51 até 100 L/s	R\$130.631,71 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 101 até 200 L/s	R\$100.932,59 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 201 até 400 L/s	R\$90.839,33 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Lagoas de Tratamento - vazão acima 400 L/s	R\$86.297,37 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de até 5 L/s	R\$384.539,47 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de 6 até 10 L/s	R\$357.621,70 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de 11 até 25 L/s	R\$332.588,19 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de 26 até 50 L/s	R\$276.048,19 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de 51 até 100 L/s	R\$251.203,85 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de 101 até 200 L/s	R\$216.035,31 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão de 201 até 400 L/s	R\$192.271,43 R\$/l.s <sup>-1</sup>
ETE - Tratamento secundário - vazão acima de 400 L/s	R\$167.276,14 R\$/l.s <sup>-1</sup>
Tratamento Solução Individual	R\$2.091,05 R\$/lig
ETE - Fossa, Filtro e Sumidouro	R\$2.969,82 R\$/hab.
ETE - UASB e Sumidouro	R\$51.424,06 R\$/l.s-1

**Fonte:** Consórcio, 2024.

Sendo assim, temos que:

$$R\$_{ETE, CAPEX} = P_{ETE, exec} \cdot R\$_{ETE}$$

(Equação 4)

Onde:

$R\$_{ETE, CAPEX}$  = Custos de investimento CAPEX para o tratamento de esgoto [R\$];

$P_{ETE, exec}$  = Parâmetro de tratamento de esgoto a executar [L.s-1 ou hab.];

$R\$_{ETE}$  = Custo unitário por L/s para o tratamento de esgoto [R\$/ L.s-1 ou R\$/ hab.].

Para as estações de tratamento de esgoto existentes, foram previstos custos com reforma e o *retrofit*, também de acordo com o critério baseado em porcentagens atribuídas a diferentes faixas de vazão, considerando, especificamente, os valores de referência aplicáveis a uma unidade nova. Tais custos foram determinados de acordo com os tipos de tratamento e vazões de projeto, como mostra a Tabela 8.

**Tabela 8. Porcentagens e custos unitários de reforma e retrofit para tratamento de esgoto.**

REFORMA	%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão até 5 L/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 6 até 10 L/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 11 até 25 L/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 26 até 50 L/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 51 até 100 L/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 101 a 200 l/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão de 201 a 400 l/s	20%
Reforma ETE - Lagoas de Tratamento - vazão acima de 400 l/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão até 5 L/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 6 até 10 L/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 11 até 25 L/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 26 até 50 L/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 51 até 100 L/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 101 a 200 l/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão de 201 a 400 l/s	20%
Reforma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto - vazão acima de 400 l/s	20%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão até 5 L/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão de 6 até 10 L/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão de 11 a 25 l/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão de 26 a 50 l/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão de 51 até 100 L/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão de 101 a 200 l/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão de 201 a 400 l/s	50%
Retrofit ETE - Pós-Tratamento p/ Reatores UASB\Lagoas - vazão acima de 400 l/s	50%

**Fonte:** Consórcio, 2025.

#### 4.1.5 Aquisição de Áreas

Para determinar as áreas necessárias para a instalação das estações elevatórias, foram consideradas as faixas de vazões projetadas e a correspondente área requerida para cada faixa. A metodologia adotada baseia-se em experiências práticas adquiridas em projetos executivos previamente desenvolvidos e implantados pelo consórcio, com destaque para as iniciativas realizadas recentemente para companhias de Saneamento em 3 estados brasileiros.

A utilização de dados reais provenientes de projetos concluídos confere maior confiabilidade ao dimensionamento, refletindo condições práticas de operação e execução. Além disso, incorpora os desafios específicos de implantação locais,

promovendo a otimização das áreas projetadas, minimizando desperdícios e assegurando a viabilidade técnica e econômica das instalações.

Com base nas análises realizadas, a relação entre as vazões projetadas e as áreas necessárias foi ajustada utilizando uma equação a seguir:

$$A = 39,5 \cdot Q^{0,35}$$

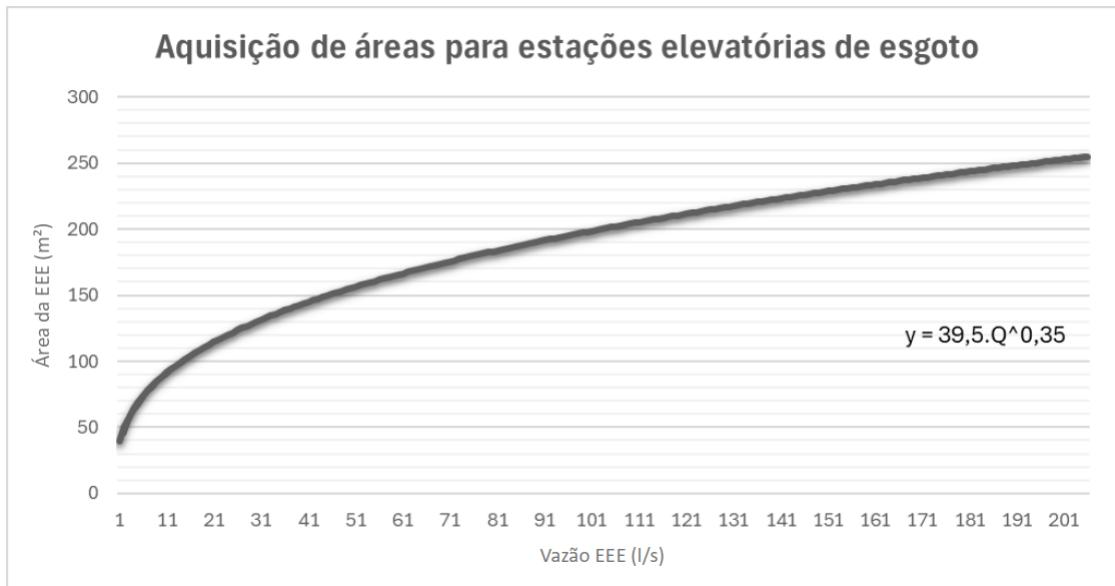
Onde:

- A é a área estimada (em m<sup>2</sup>) necessária para a instalação da estação elevatória;
- Q representa a vazão projetada (em L/s);

Essa equação descreve com precisão o comportamento observado nos projetos analisados, oferecendo previsões ajustadas às diferentes faixas de vazão. Essa equação justifica-se tecnicamente, já que o aumento na vazão da unidade implica num incremento na área, mas não de forma linear, visto que o poço de sucção, elemento com profundidade, e, portanto, volume atrelado, é o mais sensível ao aumento de vazão. Dessa forma, considerando a possibilidade de ampliar a profundidade do poço de sucção, a área da EEE não necessariamente será proporcionalmente ampliada.

A Figura 8 apresenta a relação entre as vazões projetadas (em L/s) e as áreas requeridas (em m<sup>2</sup>) para a instalação das estações elevatórias, conforme equação apresentada.

Figura 8. Relação da área das EEE com a vazão



Fonte: Consórcio, 2025.

Essa abordagem proporciona uma base técnica sólida para o planejamento e dimensionamento das estações elevatórias, assegurando que as áreas projetadas atendam integralmente aos requisitos operacionais e normativos.

No caso das estações de tratamento de esgoto (ETE), a Tabela 9 apresentada os fatores de área que cada estrutura necessita com base em benchmarking do setor de saneamento.

**Tabela 9. Fator de área das estruturas do sistema de esgotamento sanitário (SES).**

AQUISIÇÃO DE ÁREAS - ESTRUTURA	FATOR DE ÁREA
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão até 5 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão de 6 até 10 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão de 11 até 25 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão de 26 até 50 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão de 51 até 100 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão de 101 até 200 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão de 201 até 400 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Lagoas de tratamento - vazão acima de 400 L/s	3.200,00 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário até 5 L/s	72,55 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário 6 até 10 L/s	72,55 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário 11 até 25 L/s	72,55 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário 26 até 50 L/s	72,55 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário 51 até 100 L/s	7,51 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário 101 até 200 L/s	3,76 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário 201 até 400 L/s	1,88 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Tratamento secundário maior que 400 L/s	1,88 $\text{m}^2 / \text{L.s}^{-1}$
Aquisição de Áreas - ETE - Fossa, Filtro e Sumidouro	15,03 $\text{m}^2 / \text{hab.}$

**Fonte:** Consórcio, 2025.

Na Equação 5 é apresentado o cálculo realizado para determinar a área total para ser adquirida para as ETEs.

$$\text{Área}_{\text{total}} = \sum(P_{\text{estrutura}} \cdot A_{\text{fator}})$$

(Equação 5)

Onde:

$\text{Área}_{\text{total}}$  = Área total a ser adquirida [ $\text{m}^2$ ];

$P_{\text{estrutura}}$  = Parâmetro de cada estrutura [ $\text{L/s}$  ou  $\text{hab.}$ ];

$A_{\text{fator}}$  = Fator área para estrutura de esgoto [ $\text{m}^2/\text{L.s-1}$  ou  $\text{m}^2/\text{hab.}$ ].

Após a definição da área total das Elevatórias e Estações de Tratamento, foi possível calcular os custos de investimentos CAPEX para aquisição de área a partir de um custo unitário por microrregião, definidos pela pesquisa imobiliária em diversos municípios das microrregiões de Goiás. Para cada município, realizou-se uma busca pelo valor de áreas no mercado imobiliários. Nos casos cuja pesquisa não retornou valor algum, adotou-se o preço médio de sua respectiva microrregião, apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10. Preço da área por microrregião.**

MICRORREGIÃO	PREÇO DA ÁREA (R\$/M <sup>2</sup> )
Centro	R\$ 139,26
Leste	R\$ 117,48
Oeste	R\$ 108,95

**Fonte:** Consórcio, 2024.

A Equação 6, a seguir, apresenta o cálculo realizado para definir os custos de investimentos CAPEX para aquisição de áreas.

$$R\$ \text{ÁREA,SES,CAPEX} = \text{Área}_{total} \cdot R\$ \text{Área, SES, Microrregião}$$

(Equação 6)

Onde:

$R\$ \text{ÁREA,SES,CAPEX}$  = Custos de investimento CAPEX para aquisição de áreas [R\$];

$\text{Área}_{total}$  = Área total a ser adquirida [ $\text{m}^2$ ];

$R\$ \text{Área,SES,Microrregião}$  = Custo unitário por metro quadrado da área da microrregião de cada município [R\$/ $\text{m}^2$ ].

#### 4.1.6 Ligações Domiciliares

Da mesma forma que ocorreu para as unidades lineares e estações elevatórias, os custos de investimentos CAPEX das ligações domiciliares de esgoto foram definidos pela SANEAGO com base em orçamentos de obras executadas pela companhia. Esse projeto compilou os custos de 70.396 ligações executadas com padrão SANEAGO em PVC SR e/ou condonial com til de ligação predial.

O valor foi calculado com base nos serviços de corte de calçada, escavação, acerto de fundo de vala, montagem, reaterro e recuperação de calçada, bem como nos materiais necessários. Conforme a data-base de outubro/2023, o valor ponderado é de R\$ 530,99 por ligação, para uma extensão média de 2,63 metros de ramal, já incluindo:

- ADM Local (7,64%) = R\$ 37,00
- Canteiro de Obras (2%) = R\$ 9,69

O custo total por ligação é apresentado na Tabela 11 a seguir, incluindo os valores atualizados para maio de 2024 pelo INCC:

Tabela 11. Preço médio Saneago por ligação domiciliar implantada.

ITEM	DESCRÍÇÃO	UN	PREÇO COM BDI (R\$)	PREÇO ATUALIZADO (MAIO 2024)
(A)	Ligações Domiciliares	Un	484,3	492,98
(B)	ADM LOCAL (7,64%)	Un	37	37,66
(C)	CANTEIRO DE OBRAS (2%)	Un	9,69	9,86
<b>Total (A) + (B) + (C)</b>		<b>Un</b>	<b>530,99</b>	<b>540,51</b>

Fonte: Consórcio, 2024.

O valor apresentado será atualizado conforme a variação do INCC até maio/2024, data-base utilizada para os estudos de concepção.

Deste modo, utilizou-se a estimativa das ligações projetadas de 2026 a 2065, conforme apresentado na Equação 7:

$$LIG_{exec} = LIG_{MAX, 2026-2065} - LIG_{2026}$$

(Equação 7)

Onde:

$LIG_{exec}$  = Número de ligações novas a serem atendidas [-];

$LIG_{MAX,2022-2062}$  = Maior número de ligações de esgoto atendidas projetadas durante o horizonte de projeto [-];

$LIG_{2025}$  = Número de ligações atendidas de esgoto do ano 2025 [-].

Com o número de ligações novas a serem conectadas determinado e adotando um custo unitário para conectar uma ligação, calculou-se o custo de investimento CAPEX para ligações novas de esgoto, conforme Equação 8.

$$R\$_{LIG,CAPEX} = LIG_{exec} \cdot R\$_{LIG}$$

(Equação 8)

Onde:

$R\$_{LIG,CAPEX}$  = Custos de investimento CAPEX para novas ligações de água [R\$];

$LIG_{exec}$  = Número de ligações novas a serem atendidas [-];

$R\$_{LIG}$  = Custo unitário para conectar uma ligação de esgoto [R\$/lig].

#### 4.1.7 Projetos

Os custos de investimento de CAPEX para projetos foram calculados a partir da premissa de que tal custo, de acordo com benchmarking do setor de saneamento, seria equivalente a 3% da soma dos custos de investimentos de CAPEX do Sistema de Esgotamento de Sanitário, isto é, o somatório dos custos de rede coletora, interceptor, estação elevatória de esgoto, linha de recalque e estação de tratamento de esgoto (implementação de novas e *retrofit*).

Na Equação 9, é apresentado o cálculo dos custos de investimentos de CAPEX em relação aos projetos desenvolvidos.

$$R\$_{Projetos} = \sum \text{Custos de Investimento CAPEX} [\text{(implementação de novas e retrofit)}] \text{ do SES} \cdot 0,03$$

(Equação 9)

Onde:

$R\$_{Projetos}$  = Custos de Investimento de CAPEX para projetos [R\$];

$\sum$  Custos de Investimento CAPEX do SES = Somatório dos custos de Investimento CAPEX do SES [R\$];

0,03 = Premissa de que os custos de Investimento de CAPEX para projetos equivalem a 3% do total de CAPEX [-].

#### 4.1.8 Obras de Responsabilidade da SANEAGO

Dentre as obras necessárias para a universalização dos sistemas de esgotamento sanitário nos 217 municípios do Estado de Goiás, a SANEAGO será responsável por

intervenções em 16 municípios. Essas obras, descritas na Tabela 12, não foram contabilizadas no CAPEX do projeto e incluem: a implantação de estações elevatórias de esgoto, mais de 10 km de linhas de recalque, cerca de 545 km de redes coletoras e aproximadamente 34 mil ligações domiciliares. Além disso, estão previstas expansões e ampliações de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), com destaque para os municípios de Cristalina, Itapirapuã, Morrinhos, Nerópolis e Novo Gama, que receberão novas unidades ou ampliações com capacidades variando entre 13 L/s e 160 L/s.

Tabela 12. Obras sob responsabilidade da SANEAGO

MUNICÍPIO	DESCRÍÇÃO	DETALHAMENTO	REDE COLETORA DE ESGOTO (m)	LIGAÇÕES DOMICILIARES PREVISTA
Cristalina	Ampliação do SES - Lote I e II - Ampliação/Melhorias da ETE Arrojado e conclusão de obras remanescentes (interceptor Arrojado 2, EEEs Embira 2 e Lajes e interligações)	Ampliação da ETE para vazão de 132 L/s; Elevatória Laje (18,5 L/s) e Linha de recalque (1.902 m); Elevatória Embira II (6,5 L/s) e Linha de recalque (748 m).	24.995	804
	Ampliação do SES - Lote III - EEE Topázio II e RCEs nas bacias Lajes, Arrojado, Topázio e Topázio II	Elevatória Topázio II (28 L/s) e Linha de recalque (1.600 m)	64.525	4.651
Minaçu	Ampliação do SES - Implantação da EEE Furnas em substituição a ETE Furnas e RCEs no Setor Serrinha, Jardim Arimatéia e Ilson Vaz	Elevatória (14,2 L/s) e Linha de recalque (1.590 m)	16.923	998
Novo Gama	Ampliação do SES - Implantação de RCEs e interceptor Vila União	Interceptor (1.339 m)	6.353	820
	Ampliação do SES - SES Corumbá - Lote I - Implantação de RCEs e interceptor São Sebastião (Região Lunabel)	Interceptor (1.436 m)	33.284	2.773

MUNICÍPIO	DESCRÍÇÃO	DETALHAMENTO	REDE COLETORA DE ESGOTO (m)	LIGAÇÕES DOMICILIARES PREVISTA
	Ampliação do SES - SES Santa Maria - Lote I - Implantação da EEE Final E 1ª Etapa da ETE Santa Maria	ETE com vazão de 160 L/s; Elevatória Final (80 L/s).	-	-
	Ampliação do SES - SES Santa Maria - Lote II A - RCEs nas Sub-Bacias SM01, SM09 e SM10	Redes coletoras (105.136 m); Ligações (8.761 unid).	105.136	8.761
	Ampliação do SES - SES Santa Maria - Implantação do Interceptor Santa Maria	Interceptor (18.413 m).	-	-
Santo Antônio do Descoberto	Ampliação do SES - Lote I - Expansão e melhorias da ETE Santo Antônio do Descoberto	Ampliação da ETE para vazão de 117 L/s.	-	-
Bela Vista de Goiás	Ampliação e Melhoria do SES: Coletor, travessia e aeração das lagoas	Ampliação da ETE (aeração das lagoas) para vazão de 40 L/s	521	-
Inhumas	Ampliação do SES - Ampliação da ETE	Ampliação da ETE para vazão de 108 L/s.	-	-
Itapuranga	Ampliação do SES - Conclusão das obras remanescentes para atendimento aos Bairros Vila Moreira, Jardim Imperial, Conjunto Valéria Perillo, Margareth Soares e Res. São Geraldo	Elevatória (36 L/s) e Linha de recalque (133 m); Interceptor (1.193 m).	11.429	216

MUNICÍPIO	DESCRÍÇÃO	DETALHAMENTO	REDE COLETORA DE ESGOTO (m)	LIGAÇÕES DOMICILIARES PREVISTA
Morrinhos	Ampliação do SES - Ampliação da ETE, implantação do interceptor Cordeiro margem esquerda e RCEs nos setores Antônio Bueno, Aeroporto II, Bela Vista I, Bela Vista II, Monte Verde, Felício Chaves, Cristina Park, Genoveva Alves, Jardim Goiás e Sol Nascente I e II	Ampliação da ETE para vazão de 87 L/s; Ampliação da Elevatória (169 L/s); Interceptor (3.003 m).	66.645	4.011
Nerópolis	Implantação de RCEs, Interceptor, EEE e ETE para atingimento de metas proporcionais do contrato	Implantação de ETE com vazão de 20 L/s; Elevatória (45 L/s) e Linha de recalque (434 m); Interceptor (3.971 m).	3.621	1.958
Niquelândia	Ampliação do SES - Implantação de RCEs	Redes coletoras e Ligações	23.545	1.531
Uruaçu	Ampliação do SES - EEE Lago Sul I, interceptor Areia margem esquerda, travessias, interligações e RCEs nos setores Lago Sul I e Oeste	Elevatória (5,0 L/s) e Linha de recalque (776 m)	10.057	642
Aruanã	Ampliação do SES - RCEs e EEE Setor Encontro dos Rios	Elevatória (6,7 L/s) e Linha de recalque (937 m)	14.401	392
Cezarina	Implantação de SES - Conclusão de obras remanescentes de implantação para funcionalidade do SES	Implantação de ETE com vazão de 15 L/s; Elevatória (25 L/s) e Linha de recalque	61.892	1.896

MUNICÍPIO	DESCRÍÇÃO	DETALHAMENTO	REDE COLETORA DE ESGOTO (m)	LIGAÇÕES DOMICILIARES PREVISTA
		(1.028 m); Interceptor (3.071 m).		
Goiás	Ampliação de SES - EEEs, interceptores e RCEs	Elevatórias: 03	42.000	2.800
Itapirapuã	Execução das obras para atendimento proporcional previsto no contrato.	Implantação de ETE com vazão de 13 L/s; Elevatória (20 L/s) e Linha de recalque (1.766 m).	58.650	1.837
Sanclerlândia	Ampliação de SES - Implantação de RCEs e EEE no Setor Oscar Rodrigues	Elevatória (2,1 L/s) e Linha de recalque (350 m)	1.245	30

Fonte: SANEAGO, 2024.

## 4.2 Premissas OPEX

Como custos operacionais para o Sistema de Esgotamento Sanitário tem-se: Despesas de pessoal operacional, Energia elétrica, Produtos químicos, Manutenção do sistema, Análises laboratoriais, Lodo e Despesas com veículos.

### 4.2.1 Despesas de Pessoal Operacional

As despesas relacionadas ao pessoal operacional abrangem os custos com a equipe de engenharia, funcionários administrativos e operadores das diversas unidades que compõem o sistema (ETEs, EEEs, ligações, PVs, redes, entre outros), além das instalações necessárias para a realização das atividades desses colaboradores. A quantidade de funcionários em relação ao número de ligações foi apurada e definida conforme dados informados pela SANEAGO. Os índices de referência estão apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13. Quantidade de ligações atendidas por funcionário para engenharia, manutenção e operação/tratamento.**

COD.º	INDICADORES	LIGAÇÕES DE ESGOTO	Nº DE COLABORADORES	ÍNDICE (1.000 LIG/FUNC.)
IND-eng	Nº de engenheiros por 1.000 ligações de esgoto	1.204.343	94	12,81
IND-adm	Nº de funcionários administrativos por 1.000 ligações de esgoto	553.354	112	4,94
IND-op	Nº de operadores por 1.000 ligações de esgoto	553.354	274	2,02
IND-mnt	Nº de pessoal de manutenção por 1.000 ligações de esgoto	553.354	80	6,92

**Fonte:** SANEAGO, 2024.

Dessa forma, o número de funcionários necessários para um município com uma determinada quantidade de ligações é dado por:

$$N_{funcionários\ por\ categoria} = \frac{N_{ligações\ de\ esgoto}}{IND_{categoria}}$$

Onde:

$N_{funcionários\ por\ categoria}$  = Quantidade de funcionários necessários para o município (engenharia, administração ou operação)

$N_{ligações\ de\ esgoto}$  = Quantidade de ligações ativas de esgoto no município num determinado ano

$IND_{categoria}$  = Índice de funcionários por 1.000 ligações de esgotos (IND-eng, IND-adm ou IND-op, conforme Tabela 13).

A diferença na quantidade de ligações apresentada na Tabela 13, deve-se ao critério adotado para a contabilização dos engenheiros, que incluiu também as ligações de municípios não contemplados neste projeto. Já para as demais categorias de colaboradores, o levantamento das ligações considerou exclusivamente os municípios abrangidos por este projeto.

Para o cálculo do custo operacional por ano, será utilizado o índice de funcionários por mil ligações (Tabela 13).

Para a definição do custo operacional, foram adotadas duas abordagens. A primeira consistiu no levantamento dos custos atualmente praticados pela Saneago. Contudo, verificou-se que esses valores são superiores à média dos custos praticados pelo mercado privado no setor correspondente.

Diante disso, foram realizadas pesquisas de valores de mercado, incluindo consultas a vagas publicadas por companhias em portais de emprego, que permitiram a estimativa dos salários dos colaboradores. Dessa forma, a tabela a seguir apresenta os dados consolidados utilizados para estruturar as estimativas de custos com os colaboradores do projeto.

**Tabela 14. Salário anual da mão de obra operacional.**

CATEGORIA	SALÁRIO MENSAL (MAIO/24)	SALÁRIO ANUAL (MAIO/24)
Administrativo	R\$ 4.791,06	R\$62.283,78
Engenharia	12.002,00	R\$156.026,00
Operação	R\$ 4.955,27	R\$64.418,51
Manutenção	R\$5.212,45	R\$67.761,85

**Fonte:** Consórcio, 2024.

Assim, a despesa com pessoal operacional por ano, em um dado município, é determinada pela equação:

$$R\$_{operacional\ anual,pessoal} = N_{funcionários\ por\ categoria} \times Salário\ anual_{Categoria}$$

Onde:

$R\$_{operacional\ anual,pessoal}$  = Custo anual com pessoal operacional;

$N_{funcionários\ por\ categoria}$  = Quantidade de funcionários necessários para o município (engenharia, administração ou operação)

$Salário\ anual_{Categoria}$  = Salário anual da categoria, conforme Tabela 14.

Esse cálculo permitirá apurar o custo com pessoal operacional por ano em cada município, de acordo com o incremento de ligações necessário para universalizar o sistema em cada período.

#### 4.2.2 Energia Elétrica Esgoto

Com relação à energia elétrica do SES, utilizou-se a tarifa média para o setor de saneamento básico, de R\$ 0,716/kwh, obtida pela Equatorial Energia Goiás, conhecida anteriormente como Companhia Energética de Goiás, que é a empresa responsável pela distribuição e geração de energia (Figura 9).

Figura 9. Tarifa média de fornecimento de energias para Serviços Públicos em Goiás

The screenshot shows the ANEEL SAMP (Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica) interface. The search parameters are set to: Ano, Mês (2024), Região (Centro Oeste), Empresa (EQUATORIAL GO - ENERGIA GOIAS EQUATORIAL GOIAS ...), and Classe de Consumo (Serviço Público (água, esgoto e saneame...)). The results table displays the following data:

Empresa	Região	Consumo de Energia Elétrica (MWh)	Receita de Fornecimento de Energia Elétrica (R\$)	Receita de Fornecimento de Energia Elétrica com Tributos (R\$)	Número de Unidades Consumidoras	Tarifa Média de Fornecimento (R\$/MWh)	Tarifa Média de Fornecimento com Tributos (R\$/MWh)
EQUATORIAL GO - ENERGIA GOIAS EQUATORIAL GOIAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A	Centro Oeste	120.055,56	67.860.512,92	86.006.974,24	3.255	565,24	716,39

Fonte: ANEEL, 2024.

Ao levar em consideração as propostas destinadas à otimização da eficiência das unidades e à incorporação de outras fontes de energia, elaborou-se uma projeção atualizada dos custos energéticos para o estado de Goiás. Essa projeção utilizou metodologia semelhante à utilizada nos estudos conduzidos pela CASAL (Alagoas) e CAGEPA (Paraíba), ambas em processo de transição para o mercado livre de energia. Considerando as metodologias deste benchmark e a tarifa média anual praticada pela Equatorial GO para os serviços públicos de água e esgoto, estimou-se os custos apresentados na tabela a seguir:

Tabela 15. Projeção do custo de energia elétrica.

ANO	R\$/KWH
2024	0,7164
2025	0,7052
2026	0,6943
2027	0,6835
2028	0,6728
2029	0,6624
2030	0,6521
2031	0,6419
2032	0,6319
2033	0,6221
A partir de 2034	0,6161

Fonte: Consórcio, 2024.

Através dessa tarifa média, da potência instalada, da premissa de 20 horas de funcionamento e do volume de esgoto tratado em 2033 chegou-se a um custo médio com energia elétrica por m<sup>3</sup> de esgoto. Multiplicando esse custo pelo volume de esgoto tratado de cada ano de cada município determinou-se o custo com energia elétrica conforme representado na Equação 10.

$$R\$_{E.elétr,OPEX} = \frac{Pot_{instalada} \cdot t \cdot 0,735499 \cdot 365 \cdot Custo_{tarifa}}{V_{ESG,2033}} \cdot V_{ESG,trat.}$$

(Equação 10)

Onde:

R\$<sub>Prod, OPEX</sub> = Custos OPEX com energia elétrica [R\$];

Pot<sub>instalada</sub> = Potência instalada de cada município [cv];

$t$  = Horas de funcionamento [h];

0,735499 = fator de conversão [kwh/cv];

365 = 365 dias;

$Custo_{tarifa}$  = Tarifa média aplicada para serviços de saneamento [R\$/kwh];

$V_{ESG, 2033}$  = Volume de esgoto tratado no ano da universalização (2033) do município [m<sup>3</sup>];

$V_{ESG, trat.}$  = Volume de esgoto tratado no ano i do município [m<sup>3</sup>].

#### 4.2.3 Produtos Químicos - Esgoto

O custo OPEX de produtos químicos utilizados pelo SES foi determinado a partir de uma composição de substâncias que são utilizados durante o tratamento de esgoto doméstico: Cal hidratada (correção de pH), polímero de desidratação de lodo e PAC.

Os custos de cada substância foram obtidos conforme os seguintes parâmetros vazão, dosagem, necessidade e custo. Tais parâmetros são apresentados na *Tabela 16*.

**Tabela 16.** Parâmetros dos produtos químicos utilizados no SES.

PARÂMETRO	POLÍMERO DESID. LODO		PAC	
Vazão	0,125	kg SST/m <sup>3</sup>	1	m <sup>3</sup> /h
Dosagem	10	g Pol / kg SST	80	mg/L
Necessidade	0,00125	kg Pol / m <sup>3</sup> . d	0,08	kg/m <sup>3</sup>
Custo	30	R\$/kg	3,00	R\$/kg

**Elaboração:** Consórcio, 2024.

A partir desses parâmetros foi determinado um custo por m<sup>3</sup> de cada produto. Diferente do SAA, aqui não foi possível determinar um custo total único, pois dependendo do processo de tratamento um município pode não precisar de PAC ou Polímero para o lodo. Na Tabela 17, são apresentados os custos por m<sup>3</sup>.

**Tabela 17.** Custo unitário dos produtos químicos utilizados no SES.

PRODUTO QUÍMICO	CUSTO UNITÁRIO	
Polímero Desid. Lodo	R\$ 0,0375	m <sup>3</sup>
PAC	R\$ 0,2400	m <sup>3</sup>

**Elaboração:** Consórcio, 2024.

Sendo assim, o custo total anual com produto químico foi obtido multiplicando o volume de esgoto tratado de cada município pelo custo unitário com produtos químicos por m<sup>3</sup>, conforme representado pela Equação 11.

$$R\$_{Prod\ quím,OPEX} = R\$_{Prod.\ quím,OPEX,m^3}.V_{ESG,prod}$$

(Equação 11)

Onde:

$R\$_{Prod\ quím,OPEX}$  = Custos OPEX com produtos químicos [R\$];

$R\$_{Prod.\ quím,OPEX,m^3}$  = Custo unitário com produtos químicos por volume de esgoto tratado [R\$/m<sup>3</sup>];

$V_{ESG,prod}$  = Volume de esgoto tratado no ano [m<sup>3</sup>].

#### 4.2.4 Manutenção do Sistema

Para obter o custo OPEX relacionado à manutenção do sistema por ligação utilizou-se o total dos custos de investimento CAPEX de esgoto do horizonte de projeto para o cenário apresentado, a seguir:

- Esgotamento Sanitário: como total considerou-se rede de esgoto, interceptor, elevação de esgoto, linha de recalque e tratamento de esgoto referente somente aos 217 municípios contemplados pelos PMES.

Além do total dos custos CAPEX de cada cenário, foi necessário o valor máximo das ligações atendidas de esgoto. A partir desses dois parâmetros e da premissa de que o custo da manutenção corresponde a um percentual de 0,5% por ano do total dos custos CAPEX, calculou-se o custo de manutenção do Sistema por ligação, conforme Equação 12.

A premissa do parâmetro para o custo de manutenção considera que, em média, os ativos existentes precisam ser repostos em um período de 50 a 70 anos. Considerou-se, ainda, a média do valor adotado por faixa de domicílios, descontando ligação domiciliar, controle de perdas e substituição de hidrômetros.

$$R\$_{Manutenção,OPEX,lig} = \frac{R\$_{Total,CAPEX} \cdot \%_{Manutenção}}{LIG_{Máx,Esgoto}}$$

(Equação 12)

Onde:

$R\$_{Manutenção,OPEX,lig}$  = Custos OPEX de manutenção do sistema por ligação [R\$/lig];

$R\$_{Total,CAPEX}$  = Custo total CAPEX [R\$];

$\%_{Manutenção}$  = Percentual da manutenção em relação ao custo total CAPEX [-];

$LIG_{Máx,Esgoto}$  = Número máximo de ligações de esgoto atendidas [-].

Sendo assim, o custo de manutenção anual de cada município corresponde ao custo médio de manutenção multiplicado pela quantidade de ligações do respectivo ano, conforme Equação 13.

$$R\$_{Manutenção,OPEX} = R\$_{Manutenção,OPEX,lig} \cdot LIG_{ESG}$$

(Equação 13)

Onde:

$R\$_{\text{Manutenção, OPEX}} = \text{Custos OPEX com manutenção [R\$]}$ ;

$R\$_{\text{Manutenção, OPEX, lig}} = \text{Custos OPEX de manutenção do sistema por ligação [R$/lig]}$ ;

$\text{Lig}_{\text{ESG, mun}} = \text{Número de ligações de esgoto atendidas [lig]}$ .

#### 4.2.5 Análises Laboratoriais

Para a realização das análises laboratoriais, foi adotado o critério de realizar uma análise por estação de tratamento em intervalos regulares de 20 dias, tempo mínimo entre as coletas, seguindo as diretrizes estabelecidas nas observações do item NdS03 da Norma Regulamentadora nº 9 (NR9) da Agência Nacional de Águas (ANA).

O projeto abrange um total de 286 Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), e para cada análise mensal, foram consideradas duas amostras por estação: uma coleta referente à entrada do esgoto na estação e outra referente à saída, totalizando duas coletas por ETE a cada período. Em relação aos custos, foi utilizado um valor médio de R\$ 1.150,00 por análise laboratorial, parâmetro definido com base em orçamentos realizados no estado de Goiás. Com base nessa estrutura de custos e periodicidade, foi possível chegar a um cálculo anual estimado, conforme segue:

- O custo de cada análise é de R\$ 1.150,00;
- Considerando 278 estações no projeto;
- O período avaliado é de 365 dias;
- Total de Ligações de esgoto atendidas no projeto é 1.437.919 unidades.

Assim, o custo total anual pode ser demonstrado da seguinte forma:

$$R\$_{\text{Análises Lab.,OPEX}} = \frac{\text{Nº Amostras totais ao ano} \cdot R\$_{\text{UN.,Análise}}}{\text{Lig TOT ESG}}$$

(Equação 14)

Onde:

$R\$_{\text{Análise Lab., OPEX}} = \text{Custos OPEX de análises laboratoriais [R\$]}$ ;

$R\$_{\text{UN., Análise}} = \text{Custo unitário com análise laboratorial por ligação por ano [R$/lig.ano]}$ ;

$\text{Lig}_{\text{TOT ESG}} = \text{Número de ligações de esgoto atendidas num determinado ano [lig]}$ .

O valor resultante para a estimativa de custo com análises laboratoriais é de R\$ 4,06 por ligação.

#### 4.2.6 Lodo de Esgoto

O custo OPEX da disposição do lodo gerado no SES foi calculado a partir da quantidade de lodo gerada e o seu respectivo custo para correta disposição. Para determinar o lodo gerado considerou-se as seguintes premissas: 54 g DBO/hab.dia, consumo de água

equivalente a 150 L/hab.dia, coeficiente de retorno igual a 0,80 e coeficiente de produção de sólidos varia conforme o processo de tratamento.

Dessa forma, a produção de sólidos por habitante foi obtida a partir da Equação 16 e do tipo de processo tratamento.

A eficiência de tratamento é influenciada pelo tipo de processo, em que varia de 80% a 95%.

$$Massa\ de\ sólidos_{hab} = DBO_{hab} \cdot Y \cdot \%_{tratamento}$$

(Equação 15)

Onde:

$Massa\ de\ sólidos_{hab}$  = Massa de sólidos produzida diariamente por habitante [g/hab.dia];

$DBO_{hab}$  = Relação DBO por habitante [g DBO/hab.dia];

$Y$  = Coeficiente de produção de sólidos [kg SST/kg DBO];

$\%_{tratamento}$  = Eficiência de tratamento [-].

A partir desse valor de massa de sólidos produzidos diariamente, determinou-se a massa de lodo desidratado a partir da concentração do lodo desidratado, conforme Equação 16. Essa concentração também depende do tipo de processo de tratamento, sendo por exemplo de 18% para UASB+FBP+DS e 30% para Lagoas de Estabilização.

$$Massa_{lodo\ desidratado} = \frac{Massa\ de\ sólidos_{hab}}{\%_{lodo\ desidratado}}$$

(Equação 16)

Onde:

$Massa_{lodo\ desidratado}$  = Massa de lodo desidratado [kg/hab.ano];

$Massa\ de\ sólidos_{hab}$  = Massa de sólidos produzida diariamente por habitante [kg/hab.ano];

$\%_{lodo\ desidratado}$  = Concentração lodo desidratado.

Em seguida, determinou-se a massa de sólidos no lodo desidratado de acordo com a Equação 17.

$$Massa\ de\ lodo_{esgoto\ tratado} = \frac{Massa_{lodo\ desidratado}}{c_{per\ capita}}$$

(Equação 17)

Onde:

$Massa\ de\ lodo_{esgoto\ tratado}$  = Massa de lodo desidratado por m<sup>3</sup> esgoto tratado [kg/m<sup>3</sup> esgoto tratado];

$Massa_{lodo\ desidratado}$ = Massa de lodo desidratado [kg/hab.ano];

$C_{per\ capita}$  = Consumo per capita [ $m^3/\text{hab.ano}$ ].

De acordo com o artigo *Retirada de Lodo de Lagoas de Estabilização com Máquina Anfíbia*, publicado em 2018 no 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE, o custo considerando a sucção, transporte e destinação do lodo sedimentado e desidratado foi estimado em R\$ 66,00 por tonelada de lodo.

Segundo Von Sperling (2001), a densidade média do lodo com 34% de sólidos totais, após o desaguamento em bags, é de  $1,05\ t/m^3$ . Dessa forma, o custo de R\$ 66,00 por tonelada equivale a R\$ 69,30 por  $m^3$ . Atualizando esse valor para a data-base de maio de 2024, conforme INCC, o custo ajustado é de R\$ 108,29 por  $m^3$ .

A partir desses dados, determinou-se o custo unitário OPEX de lodo de esgoto por  $m^3$  de esgoto tratado, conforme Equação 18.

$$R\$_{Lodo,OPEX,m^3} = \frac{Massa\ de\ lodo_{esg.tratado}}{\rho_{lodo}} \cdot R\$_{Disposição\ Lodo}$$

(Equação 18)

Onde:

$R\$_{Lodo,OPEX,m^3}$ = Custo OPEX de lodo por  $m^3$  de esgoto tratado [R\$/ $m^3$  esgoto tratado];

$Massa\ de\ lodo_{esg.tratado}$ = Massa de lodo desidratado por  $m^3$  esgoto tratado [kg/ $m^3$  esgoto tratado];

$\rho_{lodo}$ = densidade do lodo [kg/ $m^3$ ];

$R\$_{Disposição\ Lodo}$  = Custo com disposição de lodo [R\$/ $m^3$  lodo].

A partir do custo unitário, foi possível determinar o custo OPEX com disposição de lodo conforme representado na Equação 19.

$$R\$_{Lodo,OPEX} = R\$_{Lodo,OPEX,m^3} \cdot V_{ESG}$$

(Equação 19)

Onde:

$R\$_{Lodo,OPEX}$  = Custo OPEX de lodo [R\$];

$R\$_{Lodo,OPEX,m^3}$  = Custo OPEX de lodo por  $m^3$  de esgoto tratado [R\$/ $m^3$  esgoto tratado];

$V_{ESG}$  = Volume de esgoto tratado [ $m^3$ ].

No caso das lagoas de estabilização, tanto a produção de lodo quanto o período para sua remoção diferem. Para esse tipo de tratamento, inicialmente foi estimada a quantidade de lodo gerada anualmente, conforme as premissas da Tabela 18. A taxa de produção de lodo considerada para sistemas compostos por lagoa anaeróbia (LA), lagoa facultativa (LF) e lagoa de maturação (LM) foi obtida pela soma das médias de produção das duas primeiras unidades, visto que a última, por padrão, não acumula lodo, apresentando taxa

de acúmulo nula. Assim, adotou-se uma taxa total de acumulação de 0,12 m<sup>3</sup>/hab.ano para o sistema completo.

**Tabela 18. Taxa de Acúmulo de lodo nas lagoas de estabilização**

TIPO DE LAGOA	TAXA DE ACÚMULO DE LOGO (M <sup>3</sup> /HAB.ANO)	VALOR MÉDIO (M <sup>3</sup> /HAB.ANO)
Anaeróbias	0,03 a 0,10	0,065
Facultativa	0,03 a 0,08	0,055
<b>Taxa adotada para LA+LF+LM</b>		<b>0,12</b>

Fonte: Sperling, 2017.

A remoção de lodo das lagoas pode ser realizada por diferentes métodos, como uso de tratores, bombeamento com balsa ou dragagem. Segundo Marcos Von Sperling, em *Lagoas de Estabilização* (3<sup>a</sup> edição, 2017), a remoção é recomendada quando a camada de lodo atinge 1/3 da altura útil da lagoa, identificada por batimetria, ou, pode-se remover anualmente um volume definido, em um período específico, como parte da rotina operacional. Para este projeto, a estimativa de custos considerará a dragagem com máquina anfíbia como método padrão de remoção, realizada anualmente.

É importante destacar que a remoção total do lodo não é recomendada, pois parte da biomassa deve ser preservada para garantir a continuidade do processo de tratamento. Assim, adota-se a remoção de aproximadamente 30% do lodo gerado anualmente, correspondente a 0,0036 m<sup>3</sup>/hab.dia, conforme os valores da Tabela 18.

Com base nos valores e premissas apresentadas, o custo total por habitante, por ano, pode ser calculado da seguinte forma:

$$R\$ \frac{lodo}{hab.ano} = Taxa_{lodo} \times \%_{remoção} \times R\$_{retirada\ e\ destinação\ por\ m^3}$$

Onde:

*Taxa<sub>lodo</sub>* = Taxa de produção de lodo (0,12 m<sup>3</sup>/hab.ano, conforme Tabela 18)

*%<sub>remoção</sub>* = Percentual de lodo removido anualmente (30%)

*R\$<sub>retirada\ e\ destinação\ por\ m^3</sub>* = custo para retirada, transporte e destinação final em aterro por m<sup>3</sup> de lodo (R\$ 108,29 /m<sup>3</sup>).

Substituindo os valores na equação, tem-se:

$$R\$ \frac{lodo}{hab.ano} = 0,12 \frac{m^3}{hab.ano} \times 0,3 \times 108,29 \frac{R\$}{m^3} = 3,90 \frac{R\$}{hab.ano}$$

Assim, o custo anual estimado por habitante para a retirada, transporte e destinação final do lodo é de R\$ 3,90.

#### 4.2.7 Despesas com Veículos

Para calcular as despesas com veículos utilizados pelos funcionários da engenharia, manutenção e operação/tratamento, adotou-se a premissa de que apenas engenharia e manutenção utilizam esse modo de transporte.

O custo das despesas com veículos originou-se do aluguel e consumo de combustível, sendo o primeiro equivalente a R\$ 23.846,40/ano e o último igual a R\$ 9.125,00. Somando ambos e dividindo pela soma do número de ligações atendidas por funcionário da engenharia e manutenção, com a premissa de que um veículo é utilizado a cada um funcionário de engenharia e a cada 2 funcionários de manutenção, obteve-se o custo final dos veículos.

Sendo assim, o custo OPEX referente aos veículos utilizados pelos funcionários do setor operacional do SES foi calculado conforme Equação 20.

$$R\$_{Veículos\ operacional,\ OPEX} = R\$_{Veículos\ por\ ligação} \cdot Lig_{ESG}$$

(Equação 20)

Onde:

$R\$_{Veículos\ operacional,\ OPEX}$  = Custos OPEX com veículos do setor operacional [R\$];

$R\$_{Veículos\ por\ ligação}$  = Custo dos veículos por ligação [R\$/lig];

$Lig_{ESG}$  = Número de ligações de esgoto atendidas [lig].

#### 4.3 Comerciais & Administrativas – Esgoto

Este relatório também abrange a gestão administrativa e comercial dos sistemas de esgotamento sanitário (SES). Portanto, todos os projetos elaborados serão utilizados para a formação e atualização do cadastro técnico, garantindo um registro das infraestruturas implantadas. As ligações prediais, previstas para execução e substituição, estão dimensionadas para que o futuro operador possa executá-las. Além disso, a manutenção dos sistemas de esgotamento será responsabilidade do operador, que também assumirá a gestão comercial, incluindo o cadastro de usuários.

Como custos comerciais e administrativos para o Sistema de Esgotamento Sanitário tem-se: Despesas de Pessoal Comercial e Administrativo, Despesas com Licenciamento Ambiental e Terceiros e Despesas com Veículos.

##### 4.3.1 Despesas com Licenciamento Ambiental e Terceiros

Os custos OPEX com licenciamento ambiental e terceiros foram calculados de maneira diferentes, pois o primeiro foi calculado de acordo com os custos das licenças enquanto o segundo foi determinado a partir de uma porcentagem do total dos custos OPEX relativos ao operacional do SES.

As informações utilizadas para o cálculo dos custos OPEX das despesas com licenciamento ambiental estão apresentadas na Tabela 19 a seguir. Os valores indicados estão detalhados no Relatório de Avaliação Socioambiental.

**Tabela 19. Informações de licenciamento ambiental usadas para calcular o custo OPEX com despesas de licenciamento do SES.**

ITEM	VALOR
Custo da Licença	R\$ 23.113,70
Horizonte de Projeto	40 anos

ITEM	VALOR
<b>Validade da LO</b>	4 anos
<b>Unidades licenciáveis Esgoto</b>	1.298 un.
<b>Quantidade de Licenças</b>	12.980
<b>Outorga: Lançamento de efluente em corpo de água</b>	R\$1.500
<b>Validade máx. outorga</b>	10 anos

Fonte: Goiás 2019 e Consórcio, 2024.

Para determinar a quantidade de Unidades Licenciáveis, utilizou-se o quantitativo de unidades Estações Elevatória de Esgoto (EEE) e de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) propostas no Relatório Conceitual de Engenharia. Desta forma, tem-se 1.298 unidades licenciáveis. As outorgas foram consideradas apenas para as ETE, 278 unidades.

O cálculo do custo por ligação de esgoto em relação ao licenciamento ambiental é apresentado na Equação 21.

$$R\$_{Licenc.,esgoto,OPEX} = \frac{R\$_{Licença} \cdot \frac{Tproj}{Val_{op}} \cdot UL + R\$_{out,efluente} \cdot \frac{Tproj}{Val_{out}} \cdot UL}{Tproj \cdot Lig_{ESG,máx}}$$

(Equação 21)

Onde:

$R\$_{Licenc., esgoto, OPEX}$  = Custo anual OPEX com licenciamento ambiental [R\$/lig.ano];

$R\$_{Licença}$  = Custo unitário de uma licença [R\$];

$T_{proj}$  = Horizonte de projetos [anos];

$Val_{op}$  = validade da licença de operação [anos];

$UL$  = Unidades licenciáveis [-];

$Val_{out}$  = validade da licença de outorga [anos];

$R\$_{out, efluente}$  = Custo da outorga para lançamento de efluente em corpo de água [R\$];

$LIG_{ESG, máx}$  = Número máximo de ligações de esgoto atendidas durante o horizonte de projeto [-].

O cálculo do custo por ligação em relação aos serviços de terceiros, para todos os cenários, foi calculado considerando a premissa de que este equivale a uma porcentagem dos custos OPEX relacionados a parte operacional do SES do cenário de concessão plena, isto é, a soma dos seguintes custos: despesas de pessoal operacional, energia elétrica, produtos químicos, manutenção do sistema, análises laboratoriais, logo esgoto e despesas com veículos. Para os cenários de concessão plena e esgotamento sanitário considerou-se 5%, enquanto para o cenário de sistemas integrados adotou-se 2,50%.

Portanto, a soma do custo unitário OPEX de licenciamento ambiental com o custo unitário OPEX de serviços de terceiros equivale ao custo unitário OPEX Licenciamento Ambiental e Terceiros. Os valores são apresentados na Tabela 20.

**Tabela 20. Custo unitário com licenciamento ambiental e serviços de terceiros do SES.**

CENÁRIO	CUSTO UNITÁRIO
Esgotamento Sanitário	R\$7,84 / lig.ano

**Fonte:** Consórcio, 2024.

A partir desse custo unitário foi possível determinar o custo OPEX final conforme apresentado na Equação 22.

$$R\$_{Licenc.,Terceiros,OPEX} = R\$_{Licenc.,Terceiros,OPEX,lig} \cdot Lig_{ESG}$$

(Equação 22)

Onde:

$R\$_{Licenc., Terceiros, OPEX}$  = Custo OPEX com Licenciamento Ambiental e Terceiros [R\$/ano];

$R\$_{Licenc., Terceiros, OPEX, lig}$  = Custo OPEX com Licenciamento Ambiental e Terceiros por ligação [R\$/lig.ano];

$Lig_{ESG}$  = Número de ligações de esgoto atendidas [lig].

#### 4.3.2 Despesas com Veículos

Para calcular o custo OPEX das despesas com veículos dos funcionários da área administrativa do SES adotou-se um custo total com aluguel de carro e combustível equivalente a R\$32.971,40, considerou-se o número de funcionários do setor comercial e administrativos de água e esgoto como 10% do número de funcionários do setor operacional e que se utiliza um veículo a cada 2 funcionários.

Assim, o cálculo para obter o custo OPEX é apresentado conforme Equação 23.

$$R\$_{Veículos,Adm,OPEX,lig} = \frac{Func.}{2} \cdot R\$_{Aluguel\ e\ combustível}$$

(Equação 23)

Onde:

$R\$_{Veículos,Adm, OPEX, lig}$  = Custo OPEX de veículos do setor comercial e administrativo por ligação [R\$/lig.ano];

Func. = número funcionário de pertencente ao setor comercial e administrativo (equivalente a 10% do número de funcionário do setor operacional) [-];

2 = premissa de um veículo a cada 2 funcionários [-];

$R\$_{Aluguel\ e\ combustível}$  = Custo com aluguel e combustível de carro [R\$].

Portanto, o custo OPEX referente aos veículos utilizados pelos funcionários do setor comercial e administrativo do SES foi calculado conforme Equação 24.

$$R\$_{Veículos,Adm,OPEX} = R\$_{Veículos,Adm,OPEX,lig} \cdot Lig_{ESG}$$

(Equação 24)

Onde:

$R\$_{Veículos,Adm,OPEX}$  = Custo OPEX de veículos do setor comercial e administrativo [R\$/ano];

$R\$_{Veículos,Adm,OPEX,lig}$  = Custo OPEX de veículos do setor comercial e administrativo por ligação [R\$/lig.ano];

$Lig_{ESG}$  = Número de ligações de esgoto atendidas [lig].