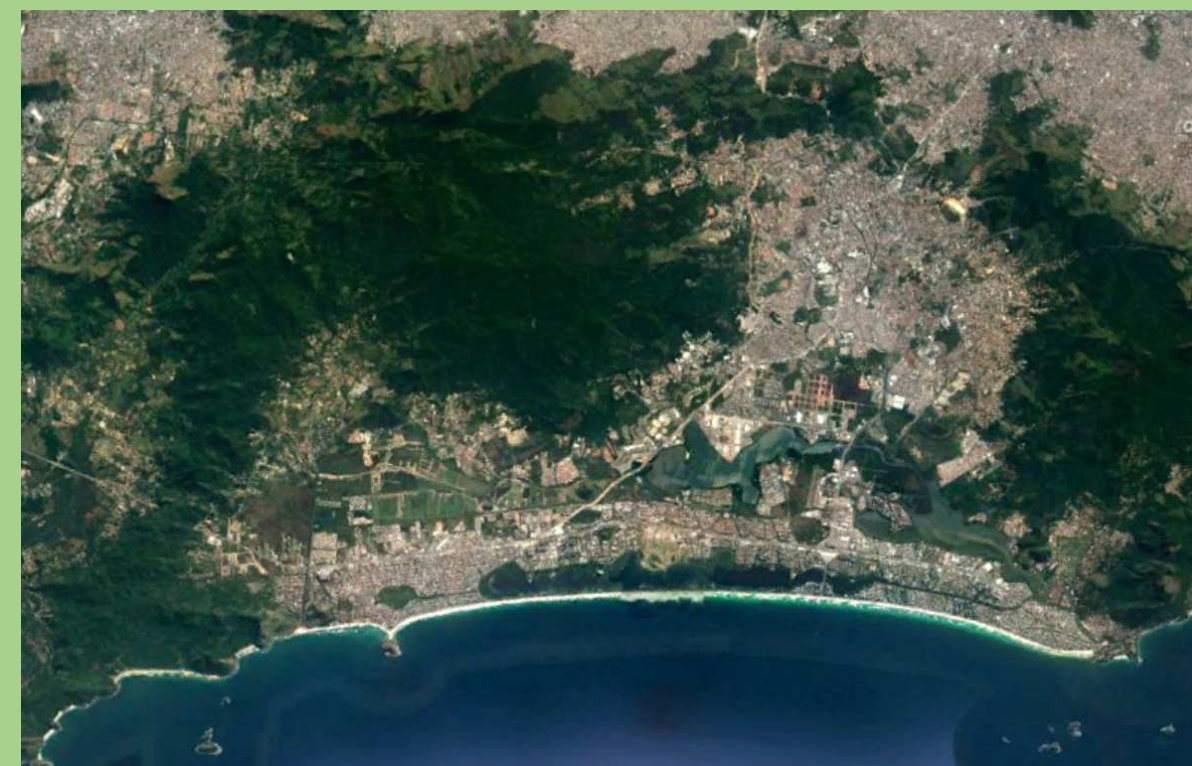


Análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de estruturas de captação de esgotos sanitários em tempo seco (CTS) e de tratamento de deflúvios poluídos (UTR) no âmbito da Área de Planejamento 4 da Cidade do Rio de Janeiro

RELATÓRIO TÉCNICO – BACIA ZONA DOS CANAIS




Drhima
Departamento de Recursos
Hídricos e Meio Ambiente


Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica


FUNDAÇÃO
COPPETEC


CEDAE

RELATÓRIO FINAL DO ESTUDO DE ENGENHARIA
Emitido em 24/08/2018 – Versão 0

Sumário

1. Caracterização dos aglomerados subnormais: localização, demografia, vazões de esgotos sanitários e cargas brutas de poluição – Representação em planta.....	4
2. Proposta de localização das estruturas CTS em galerias águas pluviais (CTS GAP) – Metodologia e Resultados	8
3. Proposta de localização das estruturas de CTS em córregos, canais e riachos (CTS Calha Fluvial) – Metodologia e Resultados	9
4. Proposta de localização dos pontos de recepção das vazões de tempo seco no sistema de esgotamento sanitário – Metodologia e Resultados	9
5. Definição da interligação hidráulica entre as estruturas de CTS e o sistema de esgotamento sanitário – Metodologia e Resultados	9
6. Resultados da aplicação do modelo de cálculo da efetividade das CTS	9
7. Custos de capital (CAPEX)	13
8. Custos de operação e manutenção (OPEX)	14
9. Consolidação dos resultados.....	14

Lista de Figuras

Figura 1: Diagrama de representação unifilar das contribuições de vazões de esgotos e cargas de poluentes provenientes das 16 aglomerações subnormais da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais	7
Figura 2: Definição das áreas de contribuição das microbacias de drenagem no limite de cada aglomerado subnormal com emprego de ferramenta FlowDirection-Arcgis	9

Lista de Quadros

Quadro 1: Dados e informações para a caracterização dos 16 aglomerados subnormais inseridos na sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais.....	6
Quadro 2: Consolidação do conjunto de informações de interesse das CTS.....	12

Considerações gerais

O presente documento complementa o Relatório Final do estudo de engenharia “Análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de estruturas de captação de esgotos sanitários em tempo seco (CTS) e de tratamento de deflúvios poluídos (UTR) no âmbito da Área de Planejamento 4 da Cidade do Rio de Janeiro”, objeto do contrato estabelecido entre a COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS (CEDAE) e a Fundação COPPETEC/UFRJ, por intermédio do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ.

No caso, este documento tem como enfoque exclusivo a sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais e complementa o estudo anterior, já concluído, e que teve maior abrangência ao abarcar todas as outras 11 sub-bacias hidrográficas que compreendem a contribuição da Área de Planejamento 4 da Cidade do Rio de Janeiro ao complexo lagunar da Baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca. Da mesma forma que o estudo anterior, tem-se como objetivo a análise técnica e econômica da implantação de estruturas de captação de esgotos sanitários em tempo seco, doravante denominadas “captações em tempo seco” (CTS).

O sistema de esgotamento sanitário da Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá tem o Emissário Submarino da Barra da Tijuca como elemento de disposição final dos esgotos sanitários. Um conjunto de estações pela extensão territorial da AP-4 promove a transposição dos esgotos sanitários entre as diversas bacias de esgotamento sanitário, permitindo que estes alcancem, conjuntamente, a estação elevatória principal da Barra da Tijuca (Elevatória Principal), e desta, a Estação de Tratamento de Esgotos da Barra da Tijuca (ETE Barra).

Em que pese a gradual e progressiva expansão do sistema de esgotamento sanitário da região, é possível observar a veiculação de esgotos sanitários pelo sistema de drenagem pluvial local, acarretando o comprometimento ambiental da respectiva bacia hidrográfica. De forma geral, e especificamente para o caso da AP-4, tem-se os seguintes fatores como causas primárias do problema da poluição por esgotos sanitários:

- A desintegração do tecido urbano formal e regular, causada pela expansão desordenada da cidade, principalmente caracterizada pela ocupação e pelo uso indevido do solo e pela construção generalizada de habitação em áreas irregulares e *non aedificandī*;
- Implementação de políticas e estratégias públicas de desenvolvimento e expansão do tecido urbano formal, baseadas na horizontalização da cidade e na direção de áreas desprovidas de infraestrutura em geral, e em especial, de esgotamento sanitário.

São dois os tipos convencionais de sistemas coletivos de esgotamento sanitário: o sistema separador absoluto e o sistema unitário. O primeiro, adotado no Brasil, e de forma pioneira na cidade do Rio de Janeiro, encontra na hidrologia urbana e no regime típico de chuvas tropicais, as principais justificativas de sua utilização. Já o sistema do tipo unitário encontra razões de natureza principalmente históricas como justificativa para sua utilização em países de clima temperado. Independentemente da tipologia adotada, sistemas de esgotamento sanitário constituem estruturas hidráulicas complexas e conferir plena eficácia aos mesmos sempre dependerá de diversas condicionantes. Embora falhas estruturais, operacionais e de manutenção possam comprometer a sua eficiência, a ocupação e o uso desordenado e indevido do

solo, assim como o desatendimento aos requisitos previstos na legislação municipal para obras e edificações, são fatores que prejudicam sensivelmente a obtenção da eficácia desejada para o sistema convencional de esgotamento sanitário.

No caso dos sistemas do tipo separador, em que a veiculação dos esgotos sanitários e das águas pluviais ocorre através de condutos e malhas hidráulicas distintas, é usual o emprego de estruturas complementares de interceptação de esgotos sanitários indevidamente presentes no sistema de drenagem pluvial. Denominadas “captações em tempo seco”, mediante desenho e dimensionamento hidráulico próprios, estas estruturas possuem a finalidade de em tempo não chuvoso, dito tempo seco, interceptarem e propiciarem a transferência dos esgotos sanitários desde o sistema de drenagem pluvial e para o sistema de esgotos sanitários.

O sistema de esgotamento sanitário da Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá não foge ao entendimento geral sobre a complexidade dos sistemas hidráulicos urbanos, o que resta agravado pelo fato da região da AP-4 abarcar 201 aglomerados subnormais (6 destes não contribuem para o mesmo sistema de esgotamento sanitário, porém para a bacia da Baía da Guanabara), indicador da ocupação e do uso desordenado e indevido do solo, assim como do desatendimento aos requisitos construtivos previstos pela legislação municipal para obras e edificações.

A quase totalidade da bacia drenante da AP-4 contribui para o complexo lagunar da Baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, por intermédio de 11 sub-bacias hidrográficas, tendo como exutório final o canal da Joatinga e a ligação do mesmo com o mar. Somente uma pequena porção territorial do Recreio dos Bandeirantes (sub-bacia Zona dos Canais), objeto do presente relatório, tem como exutório final o Canal de Sernambetiba e a sua ligação com o mar. A metodologia de desenvolvimento do presente estudo de engenharia obedece rigorosamente ao que fora estabelecido anteriormente para o estudo mais abrangente.

- Propor a implantação de solução UTR para o tratamento de deflúvios poluídos por esgotos sanitários não interceptados por estruturas CTS-Calha Fluvial e provenientes de aglomerações subnormais de grande porte, situadas preponderantemente na própria calha fluvial de cursos d’água com larguras superiores a 20 metros.

1. Caracterização dos aglomerados subnormais: localização, demografia, vazões de esgotos sanitários e cargas brutas de poluição – Representação em planta

O sistema de esgotamento sanitário da Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá não foge ao entendimento geral sobre a complexidade dos sistemas hidráulicos urbanos, o que resta agravado pelo fato da região da AP-4 abarcar 201 aglomerados subnormais (6 destes não contribuem para o mesmo sistema de esgotamento sanitário, porém para a bacia da Baía da Guanabara), indicador da ocupação e do uso desordenado e indevido do solo, assim como do desatendimento aos requisitos construtivos previstos pela legislação municipal para obras e edificações.

A quase totalidade da bacia drenante da AP-4 contribui para o complexo lagunar da Baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, por intermédio de 11 sub-bacias hidrográficas, tendo como exutório final o canal da Joatinga e a ligação do mesmo com o mar. Somente uma pequena porção territorial do Recreio dos Bandeirantes (sub-bacia Zona dos Canais) tem como exutório final o Canal de Sernambetiba e a sua ligação com o mar.

O objeto do presente relatório consiste na análise técnica e econômica da implantação de estruturas de CTS, de acordo com estratégia de localização que privilegie a interceptação dos esgotos sanitários advindos de 16 aglomerações subnormais inseridas na sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais.

A definição dos dados e informações necessárias para a devida caracterização dos aglomerados subnormais da região teve como referência:

- Código SABREN - Sistema de Assentamentos de Baixa Renda: obtido em SIURB/DataRio – PCRJ;
- Localização do aglomerado subnormal na AP-4: obtido em SIURB/DataRio – PCRJ
- Sub-bacia hidrográfica contribuinte ao complexo lagunar da Barra da Tijuca e Jacarepaguá e na qual se insere o aglomerado subnormal: levantamento e definição por parte da equipe UFRJ/CEDAE;
- Curso(s) d'água receptor(es) da(s) microbacia(s) de drenagem do aglomerado subnormal: levantamento equipe UFRJ/CEDAE;
- Área superficial total do aglomerado subnormal (m²): levantamento equipe UFRJ/CEDAE;
- População do aglomerado subnormal - Ano 2010 (hab.): obtido em SIURB/DataRio – PCRJ;
- Horizonte de atendimento do estudo – 20 anos: definição por parte da equipe UFRJ/CEDAE;
- Critério de crescimento demográfico – taxa de crescimento geométrico de 1,7%, adoção com base em critério de projeto já adotado pela PCRJ para população de baixa renda (*Tabela 3261/IPP - Projeção Populacional 2013-2020 para a Cidade do Rio de Janeiro: uma aplicação do método AiBi*);
- Área superficial de microbacias do aglomerado subnormal (m²): levantamento equipe UFRJ/CEDAE;
- Consumo percapita de água (200 L/hab.d); coeficientes de retorno (80%) e de variação diária (1,2) e horária da vazão (1,5); carga orgânica unitária percapita (54gDBO/hab.d); carga percapita de P (1,5gP/hab.d): definição equipe UFRJ/CEDAE.

A Figura 1 a seguir ilustra a localização dos 201 aglomerados subnormais da AP-4, a distribuição dos mesmos entre as 12 sub-bacias de drenagem da região da AP-4 e a respectiva hidrografia, incluindo a sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais. O Quadro 1 limita-se em apresentar as principais referências para caracterização das 16 aglomerações subnormais

inseridas na sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais, a saber: código SABREN, área superficial, população 2018 e 2018, vazão de esgotos sanitários 2018 e 2038, cargas brutas de DBO e fósforo 2018 e 2038. A Figura 2 a seguir ilustra o diagrama de representação unifilar das contribuições de vazões de esgotos e cargas brutas de poluentes provenientes das 16 aglomerações subnormais da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais. O diagrama também apresenta as cargas de poluentes brutas e sequencialmente acumuladas a jusante e ao longo dos cursos d'água.

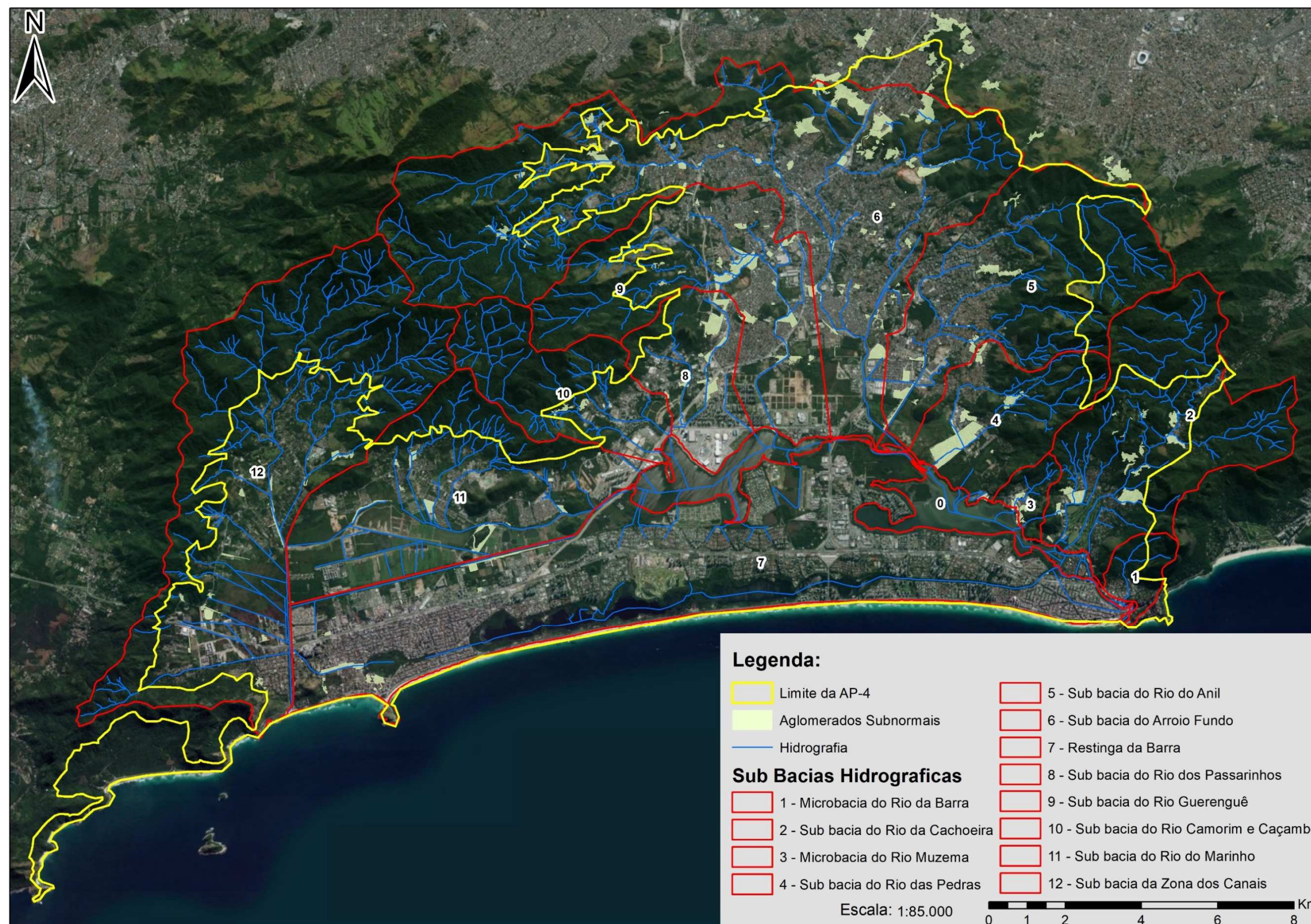


Figura 1: Localização e distribuição dos 201 aglomerados subnormais da região da AP-4 entre as 12 sub-bacias de drenagem.

Quadro 1: Dados e informações para a caracterização dos 16 aglomerados subnormais inseridos na sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais.

Sub-bacia	Código SABREN	Comunidade	Contribuição - Corte natural	Área Total (m²)	População (hab)		Vazão de esgoto (L/s)		Carga orgânica bruta (L) (kgDBO/d)		Carga orgânica bruta acumulada (L) (kgDBO/d)		Ltotal sub-bacia (kgDBO/d)		L/Ltotal sub-bacia (%)	Carga de fósforo (kgP/d)		Carga de fósforo acumulada (L) (kgP/d)		P total sub-bacia (kgP/d)	
					2018	2038	2018	2038	2018	2038	2018	2038	2018	2038		2018	2038	2018	2038	2018	2038
Zona dos Canais	755	Comunidade Bandeirantes	Rio Porto	18.445	298	418	1,0	1,4	16	23	16	23	432	696	3,7%	1	1	1	1	16	21
	647	Cascatinha	Canal Morro do Bruno	57.899	1.330	1.866	4,4	6,2	72	101	72	101			16,6%	3	4	3	4		
	1034	Da Curva	Rio Morto	11.365	95	133	0,3	0,4	5	7	77	108			1,2%	0	0	3	4		
	1011	Rua Zenitides Alves Meira, nº L33	Rio Vargem Grande	1.304	40	56	0,1	0,2	2	3	2	3			0,5%	0	0	0	0		
	363	Beira do Canal	Rio Vargem Grande	47.579	1.412	1.981	4,7	6,6	76	107	229	322			17,6%	3	4	8	12		
	390	Rio Morto	Rio Vargem Grande	26.296	1.372	1.925	4,6	6,4	74	104	76	107			17,1%	3	4	3	4		
	648	Grota Funda	Rio Sem Nome	13.661	149	209	0,5	0,7	8	11	8	11			1,9%	0	0	0	0		
	387	Estrada dos Bandeirantes, nº 29.192	Rio Sem Nome	13.077	137	193	0,5	0,6	7	10	7	10			1,7%	0	0	0	0		
	376	Vila dos Crentes	Rio Bonito	18.170	703	987	2,3	3,3	38	53	54	76			8,8%	1	2	2	3		
	973	Estrada do Pontal, nº 3.561	Rio Piabas	1.545	49	69	0,2	0,2	3	4	39	55			0,6%	0	0	1	2		
	455	Caeté	Rio Piabas	5.210	142	199	0,5	0,7	8	11	37	51			1,8%	0	0	1	1		
	1010	Comunidade Novo Lar	Rio Sem Nome	17.703	314	440	1,0	1,5	17	24	25	35			3,9%	1	1	1	1		
	364	Cachorro Sentado	Rio Piabas	16.996	535	750	1,8	2,5	29	41	29	41			6,7%	1	1	1	1		
	388	A.M. do Rio Bonito	Rio Sem Nome	24.701	724	1.016	2,4	3,4	39	55	64	90			9,0%	1	1	2	3		
	1044	Vila Taboinha	Rio Sem Nome	45.260	545	765	1,8	2,5	29	41	94	131			6,8%	1	1	3	4		
	646	Estrada do Pontal (Caité)	Canal de Sermambetiba	28.136	158	222	0,6	0,7	9	12	432	696			2,0%	0	0	16	21		

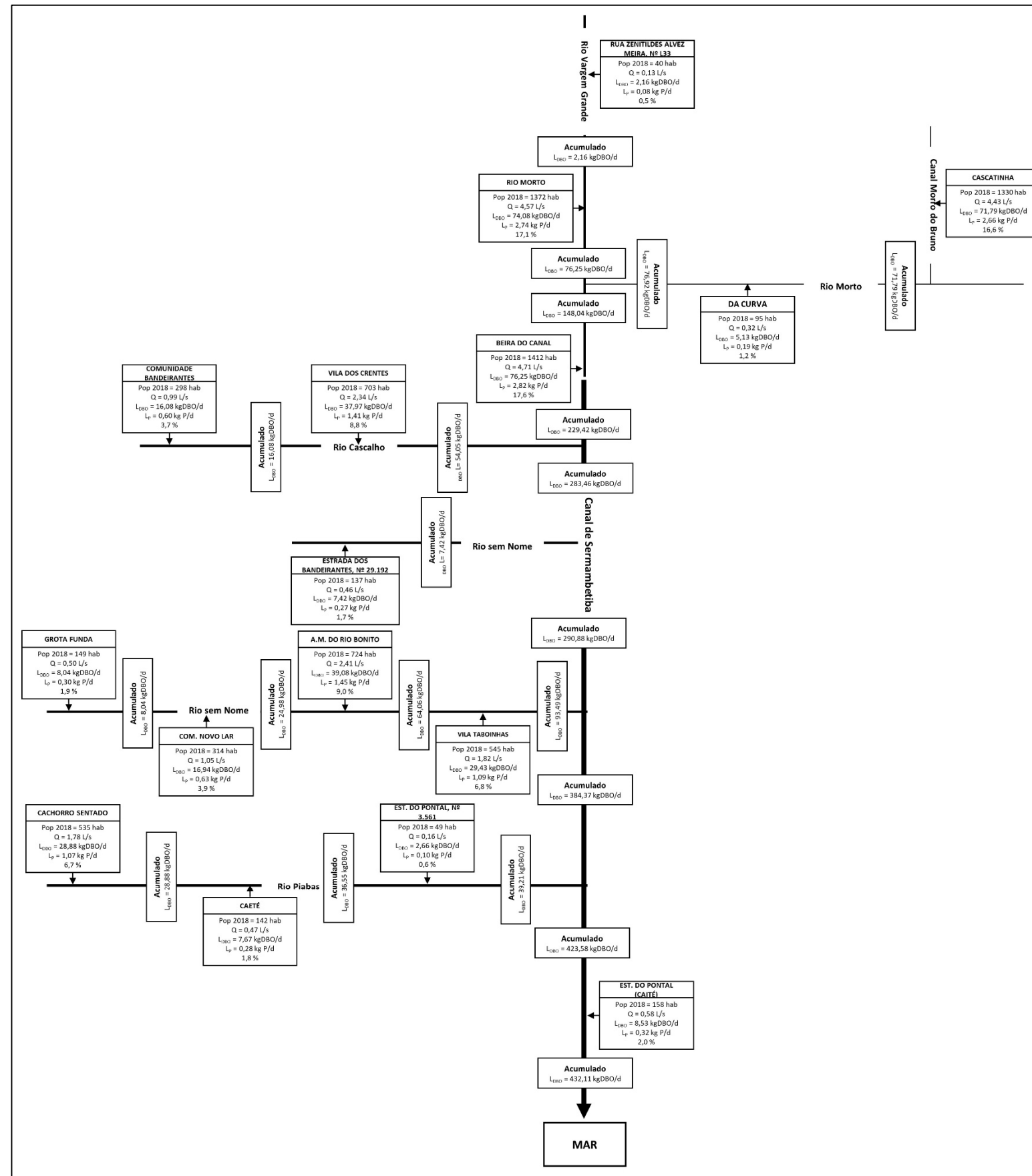


Figura 2: Diagrama de representação unifilar das contribuições de vazões de esgotos e cargas de poluentes provenientes das 16 aglomerações subnormais da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais.

2. Proposta de localização das estruturas de CTS em galerias de águas pluviais (CTS GAP) – Metodologia e Resultados

No sentido de minimizar a poluição dos corpos d'água superficiais locais, desde os mais a montante até os mais a jusante das sub-bacias hidrográficas, as seguintes premissas foram estabelecidas para proposição da implantação das estruturas CTS e de tratamento de deflúvios poluídos, incluindo a solução UTR.

- Enfoque exclusivo sobre a contribuição de esgotos provenientes de aglomerações subnormais;
- Apesar do reconhecimento da ocupação/uso do solo irregular e desordenado, não contemplar ações para a regularização e ordenamento, e concentrar-se sobre soluções para o controle da poluição;
- Priorizar a implantação de estruturas de CTS em relação ao tratamento de deflúvios poluídos, e que inclui a solução UTR;
- Priorizar a implantação de estruturas do tipo CTS-GAP (em que a interceptação ocorre em galerias de águas pluviais do sistema de microdrenagem - GAP) em relação a implantação de estruturas do tipo CTS-Calha Fluvial (em que a interceptação ocorre na calha fluvial de cursos d'água superficiais locais);
- Propor a implantação de estruturas do tipo CTS-Calha Fluvial nos casos em que não se dispuser do sistema de microdrenagem pluvial e, conseqüentemente, não se aplicar o emprego de CTS-GAP;
- Independentemente da tipologia, aproximar a localização das CTS das fontes de poluição (aglomerados subnormais) cujos esgotos sanitários se pretende interceptar;
- Propor solução para o tratamento de deflúvios poluídos por esgotos sanitários não interceptados por estruturas CTS-Calha Fluvial, e que sejam provenientes de aglomerações subnormais de grande porte, situadas preponderantemente na própria calha fluvial de cursos d'água com larguras superiores a 20 metros.
- A proposição de solução de tratamento de deflúvios poluídos, incluindo a solução UTR, somente fará sentido a partir da inviabilidade de remoção da ocupação/uso do solo irregular e desordenado. Ainda assim, por se constituir em estratégia de remediação ambiental, de caráter controverso, e com base em tecnologia de inovação, deve-se garantir consistente e permanente padrão de excelência operacional e de manutenção.
- Enfoque exclusivo sobre a contribuição de esgotos provenientes de aglomerações subnormais;
- Apesar do reconhecimento da ocupação/uso do solo irregular e desordenado, não contemplar ações para a regularização e ordenamento e concentra-se sobre soluções para o controle da poluição;
- Priorizar a implantação de estruturas de CTS em relação ao tratamento de deflúvios poluídos, incluindo a solução UTR;
- Priorizar a implantação de estruturas do tipo CTS-GAP (em que a interceptação ocorre em galerias de águas pluviais do sistema de microdrenagem - GAP) em relação a implantação de estruturas do tipo CTS-Calha Fluvial (em que a interceptação ocorre na calha fluvial de cursos d'água superficiais locais);

Propor a implantação de estruturas do tipo CTS-Calha Fluvial nos casos em que não se dispuser do sistema de microdrenagem pluvial e, conseqüentemente, não se aplicar o emprego de CTS-GAP;

Independentemente da tipologia, aproximar a localização das CTS das fontes de poluição (aglomerados subnormais) cujos esgotos sanitários se pretende interceptar;

Propor a implantação de solução UTR para o tratamento de deflúvios poluídos por esgotos sanitários não interceptados



por estruturas CTS-Calha Fluvial e provenientes de aglomerações subnormais de grande porte, situadas preponderantemente na própria calha fluvial de cursos d'água com larguras superiores a 20 metros.

Como discutido anteriormente, as CTS podem ser implantadas na própria infraestrutura de microdrenagem pluvial, interligadas às galerias de águas pluviais (CTS GAP), como também nas calhas de córregos, riachos e pequenos cursos d'água superficiais (CTS Calha Fluvial).

Com base em informações topológicas extraídas de base georeferenciada do SIURB/DataRio – PCRJ e no uso da ferramenta *FlowDirection-Arcgis*, foram preliminarmente definidas as áreas de contribuição das microbacias de drenagem no limite de cada aglomerado subnormal, como exemplifica a ilustração da Figura 3. O Apêndice 3 reúne as bases extraídas da ferramenta *FlowDirection-Arcgis* para o conjunto de aglomerações subnormais objeto do estudo.

Por outro lado, de acordo com o Sistema Digital de Cadastro, Projetos e Estudos de Drenagem Pluvial da Fundação Rio-Águas (SISARQ), foram extraídas informações quanto a existência e a localização de poços de inspeção e/ou visita do sistema de microdrenagem pluvial no entorno de cada um dos 194 aglomerados subnormais. O acesso ao SISARQ-Rio-Águas para a extração de informações válidas para a totalidade dos aglomerados subnormais foi realizado na sede da própria Rio-Águas, ao longo de 4 semanas de trabalho de parte da equipe UFRJ/CEDAE. Com o mesmo propósito, informações adicionais e complementares foram obtidas com base em informações visuais extraídas do aplicativo *Google Street View*.

Figura 3: Definição das áreas de contribuição das microbacias de drenagem no limite de cada aglomerado subnormal com emprego de ferramenta FlowDirection-Arcgis

Para o caso da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais não foram identificados pontos adequados para a interceptação dos esgotos sanitários no sistema de microdrenagem pluvial (GAP), restando apenas a possibilidade de proposição de implantação de CTS em calhas fluviais locais.

3. Proposta de localização das estruturas de CTS em córregos, canais e riachos (CTS Calha Fluvial) – Metodologia e Resultados

Para a interceptação de vazões de esgotos e cargas de poluentes não contempladas por CTS GAP no sistema de microdrenagem pluvial, foi proposta a implantação de 7 estruturas tipo CTS-Calha Fluvial em córregos, canais, riachos e pequenos cursos d'água superficiais.

O Quadro 2 indica para cada uma das 7 CTS-Calha Fluvial propostas, quais sejam as coordenadas geográficas, as aglomerações subnormais cujas contribuições de esgotos sanitários pretende-se interceptar, as respectivas microbacias de drenagem no limite de cada aglomerado subnormal, vazões de esgotos e cargas de poluentes afluentes, e ainda a vazão de permanência dos cursos d'água decorrente da recarga de base por influência do aquífero freático.

4. Proposta de localização dos pontos de recepção das vazões de tempo seco no sistema de esgotamento sanitário – Metodologia e Resultados

Paralelamente ao trabalho efetuado sobre o SISARQ-Rio-Águas, outra parte da equipe UFRJ/CEDAE se dedicou sobre o sistema de cadastro da CEDAE, na sede da própria CEDAE, no sentido da identificação e definição dos pontos do sistema de esgotamento sanitário ideais para a recepção das vazões em tempo seco.

Em cada caso, a estratégia para a definição dos pontos ideais para a recepção das vazões em tempo seco considerou não somente quesitos relacionados a planialtimetria (extensão e desnível geométrico da interligação), como também a capacidade hidráulica do sistema a jusante para a recepção das respectivas contribuições.

O Quadro 2 indica para o conjunto de CTS Calha Fluvial quais sejam os respectivos pontos de recepção das vazões em tempo seco. Adianta-se que a maioria dos pontos de recepção das vazões em tempo seco correspondem poços de

inspeção/visita do sistema convencional de esgotamento sanitário, embora alguns casos tenham como ponto de recepção estações elevatórias já existentes no sistema convencional ou a própria estrutura central de uma outra CTS a jusante.

5. Definição da interligação hidráulica entre as estruturas de CTS e o sistema de esgotamento sanitário – Metodologia e Resultados

A definição do modelo de escoamento hidráulico da interligação entre a CTS e o sistema convencional de esgotamento sanitário - de forma gravitória, por bombeamento e recalque ou pela combinação entre ambos, obedeceu critérios convencionais aplicados ao desenvolvimento de projetos de engenharia desta natureza, tais como topografia local, a forma de ocupação do espaço urbano, complexidade de execução das obras civis, pertinência da aplicação de métodos não destrutivos de construção, disponibilidade de conjuntos motor-bomba que satisfaçam a combinação entre vazões de bombeamento e altura manométrica, etc. Admitiu-se a localização da estação elevatória junto a CTS, interligadas por uma curta tubulação gravitória, ou no caso de topografia favorável, mais afastada da CTS e interligadas por coletor gravitório de esgotos de maior extensão.

6 da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais, todos baseados em CTS-Calha Fluvial, 16 , a C2

6. sões -Calha Fluvial Todas as 135 soluções empreendidas para a interligação entre as estruturas de CTS e o sistema convencional de esgotamento sanitário foram prédimensionadas: estações elevatórias, tubulações de recalque e gravitárias e travessias de cursos d'água. e OPEX Resultados da aplicação do modelo de cálculo da efetividade das CTS

Os 7 mapas que compõem o Apêndice 2 contemplam para cada uma das 7 CTS-Calha Fluvial , quais sejam os resultados da aplicação do modelo do cálculo de efetividade, contemplando: quantidade de dias chuvosos, quantidade anual de extravasamentos, média mensal de extravasamento total, média mensal de extravasamento período seco (Abr- Set), média mensal de extravasamento período chuvoso (Out-Mar), vazão média total afluente, vazão média total interceptada, vazão média percentual interceptado, vazão média total extravasada, vazão média percentual extravasada, vazão média – média extravasada, vazão média – específica extravasada, carga orgânica média total afluente, carga orgânica média total interceptada, carga orgânica média total extravasada, carga orgânica média – média diária extravasada, população equivalente da carga orgânica, carga fósforo média total afluente, carga fósforo média total interceptada, carga fósforo média total extravasada, carga fósforo média – média diária extravasada.

O diagrama unifilar apresentado na Figura 4 a seguintes também indica os resultados da aplicação do modelo de cálculo da efetividade das CTS, contemplando as cargas brutas afluente, interceptadas e extravasadas em cada CTS, bem como, conseqüentemente, as cargas sequencialmente veiculadas a jusante e ao longo do curso d'água.

Por fim, o mesmo Quadro 2 consolida os resultados da aplicação do modelo de cálculo da efetividade de todas as CTS. Ressalta-se que estes referem-se ao dimensionamento das mesmas de acordo com as seguintes premissas:

- As CTS-GAP encontram-se dimensionadas, exclusivamente, para a interceptação da contribuição de esgotos sanitários da aglomeração subnormal de interesse;

- O dimensionamento de CTS-Calha Fluvial incorpora à contribuição de esgotos sanitários da aglomeração subnormal de interesse, a vazão de permanência e decorrente da recarga de base fluvial.

Sob a perspectiva das vazões interceptadas, verifica-se grande variação dos resultados do “Grau de Efetividade” alcançado pelo conjunto de CTS. Como já preconizado, a maior limitação do “Grau de Efetividade” de interceptação de vazão alcançado por algumas unidades é função da combinação entre as vazões de dimensionamento adotadas (como mencionadas) e a dinâmica de propagação das vazões de águas pluviais (função da declividade e do grau de impermeabilização da bacia e do tempo de concentração).

Por outro lado, não se observa o mesmo comportamento dos resultados em relação ao “Grau de Efetividade” de interceptação da carga de poluentes. Também como já preconizado, a distinção entre os resultados do “Grau de Efetividade” sob as perspectivas da vazão e da carga de poluentes é função da diluição que a vazão de água pluvial de fato exerce sobre a vazão de esgotos sanitários, e que impõe importante redução da concentração de poluentes na parcela da vazão extravasada.^A

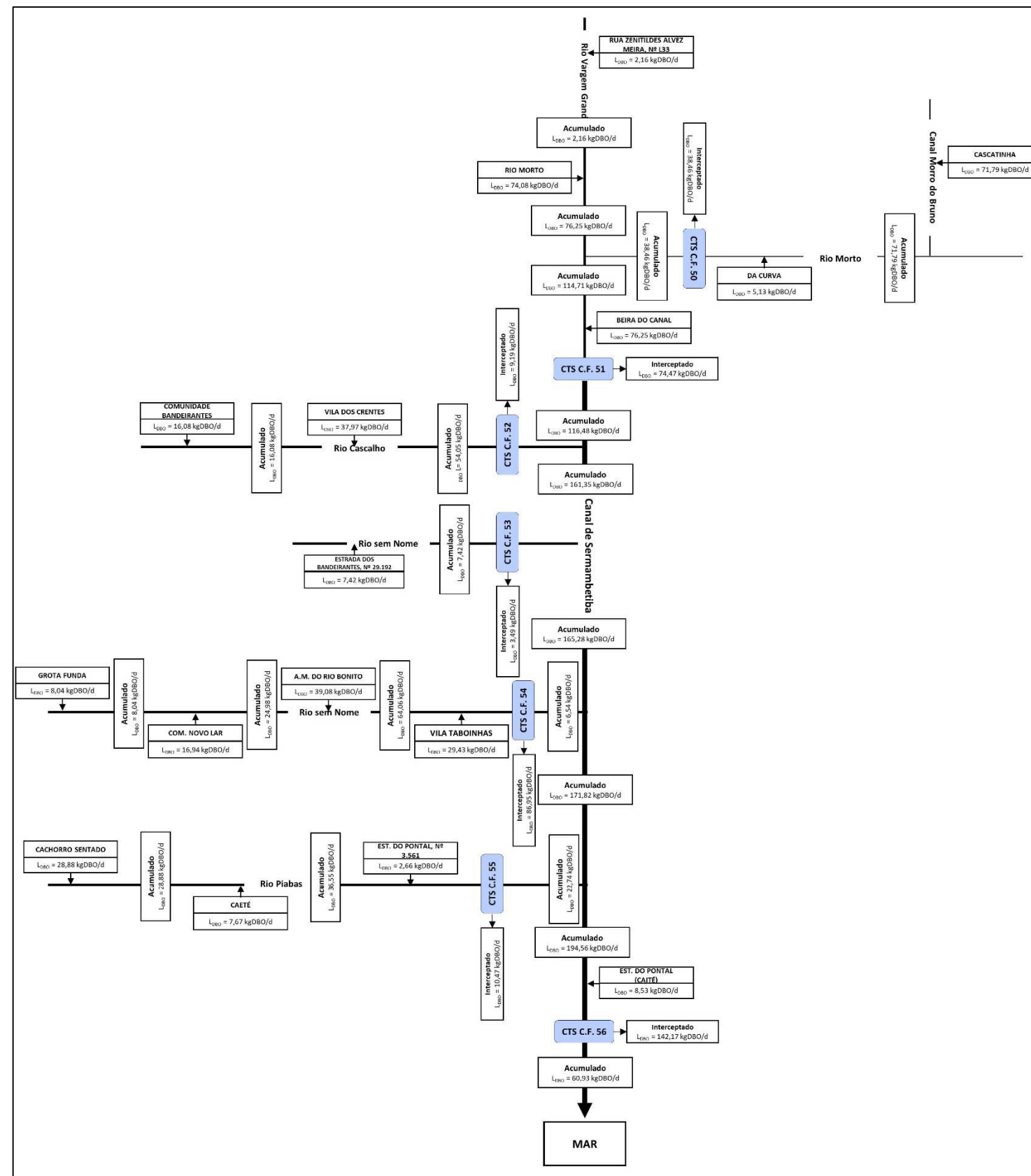


Figura 4: Diagrama de representação unifilar das cargas de DBO interceptadas e acumuladas e provenientes das 16 aglomerações subnormais da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais

Quadro 2: Consolidação do conjunto de informações de interesse das CTS

Subbacia	CTS	Aglomeração subnormal	Vazão Esgotos Afluentes (m³/ano)		Carga Afluente		Recepção CEDAE	Tipo de Interligação	Efetividade da CTS (Ano 2018) a série sintética gerada																			
			2018	2038	Orgânica (kgDBO/d)	Fósforo (kgP/d)			Eventos de Extravasamentos (un.)			Vazão				Concentração Extravasamento (mg/L)		Carga Anual (kg/ano)										
									Total Ano (un.)	Extravasamento/dias chuvosos (%)	Média mensal - Período (un.)			Interceptada		Extravasada		DBO	P	DBO			Fósforo					
											Ano	Seco	Chuva	(m³/ano)	%	(m³/ano)	%			Média (L./s.)	Média Específica (L./s.ha)	Interceptada	%	Extravasada	%	População Equivalente (hab.)	Interceptada	Extravasada
Zona dos Canais	CTS Calha Fluvial 50	Cascatinha	410,4	575,4	148,7	6,1	ETE VARGEM GRANDE	G	27	22	2,3	0,2	0,3	158.143	10	1.448.852	90	46	0,1	26	1	37.066	50	37.272	50	1891	1183	842
		Da Curva																										
	CTS Calha Fluvial 51	Beira do Canal	1101,6	1454,7	307,8	18,7	ETE VARGEM GRANDE	G	29	24	2,4	0,2	0,3	306.706	7	4.393.659	93	139	0,1	26	1	73.561	39	113.908	61	5779	2350	2577
		Rio Morto																										
		Rua Zenitildes Alves Meira																										
	CTS Calha Fluvial 52	Vila dos Crentes	288,6	404,4	70,1	31,1	CTS CALHA FLUVIAL 51	R	22	18	1,8	0,1	0,3	116.808	2	4.736.822	98	150	0,6	27	1	26.155	17	125.581	83	6371	835	2859
		Comunidade Bandeirantes																										
	CTS Calha Fluvial 53	Estrada dos Bandeirantes nº 29.192	538,3	755,1	7,4	1,1	EEE ZONA CANAIS	R	22	18	1,8	0,1	0,3	23.443	12	169.448	88	5	0,05	30	1	3.806	47	4.363	53	221	120	98
	CTS Calha Fluvial 54	A.M. do Rio Bonito	498,5	699,8	190,6	9,5	CTS CALHA FLUVIAL 53	R	24	20	2,0	0,1	0,3	189.161	67	95.076	33	3	0,0	34	1	44.930	93	3.180	7	161	1435	79
		Grota Funda																										
Com. Novo Lar																												
Vila Taboinha																												
CTS Calha Fluvial 55	Cachorro Sentado	209,1	293,8	104,6	62,5	EEE ZONA CANAIS	R	25	21	2,1	0,1	0,3	86.482	8	1.028.936	92	33	0,1	26	1	18.927	42	26.539	58	1346	603	598	
	Caeté																											
	Estrada do Pontal, nº 3.561																											
CTS Calha Fluvial 56	Estrada do Pontal (Caeté)	45,8	63,9	432,1	0,6	EEE ZONA CANAIS	G/R	22	18	1,8	0,1	0,3	26.764	27	72.020	73	2	0,04	26	1	4.372	70	1.874	30	95	137	43	

7. Custos de capital (CAPEX)

Os custos de capital (CAPEX) para implantação das CTS dependem do dispositivo central de interceptação (CTS-GAP ou CTS-Calha Fluvial) e da forma de interligação entre esta e a unidade de recepção do sistema convencional de esgotamento sanitário - por gravidade, por conjunto elevatório de bombeamento e recalque ou pela combinação entre ambos. No presente caso, para a sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais foram somente propostas CTS-Calha Fluvial. Os mapas que constam no Apêndice 1 apresentam o arranjo da solução de interceptação aplicada para cada uma das 16 aglomerações subnormais da sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais. A estimativa de custos de capital de cada CTS foi realizada com base em metodologia e sistema orçamentário da própria CEDAE, tendo como referência o que resumem e expressam os Quadros a seguir:

- Quadro 3: Obras civis da estrutura central de interceptação tipo CTS-Calha Fluvial, incluindo gradeamento e desarenação, e obras civis da estação elevatória;
- Quadro 4: Conjunto motor bomba e instalações elétricas da estação elevatória;
- Quadro 5: Coletor gravitatório;
- Quadro 6: Tubulação de recalque; e
- Quadro 7: Travessias

No caso de CTS-Calha Fluvial, os custos atribuídos pelo sistema orçamentário da CEDAE para a estrutura central de interceptação tiveram como referência a largura da respectiva calha fluvial. Os custos atribuídos pelo sistema orçamentário da CEDAE às obras civis da estação elevatória e aos conjuntos motor-bomba tiveram como referência, em cada caso, os respectivos pares vazão e altura manométrica. A determinação dos custos do coletor gravitatório, da tubulação de recalque e das travessias teve como referência o diâmetro das mesmas.

Quadro 3: Obras civis da estrutura central de interceptação tipo CTS-Calha Fluvial, incluindo gradeamento e desarenação, obras civis e instalações elétricas da estação elevatória

Estimativa de Custo (R\$/un): Obras civis da estrutura central de interceptação CTS-CF, incluindo gradeamento e desarenação, e obras civis da estação elevatória					
Rios Canalizados			Rios Sem Canalização - In Natura		
Largura da Calha do Canal (até n m)	Sem Recalque	Com Recalque	Largura da Calha do Canal (até n m)	Sem Recalque	Com Recalque
25	304.725,65	647.760,99	12	775.887,06	1.018.694,34
16	184.288,62	379.906,62	11	552.744,29	792.801,53
10	149.929,58	281.818,85	10	415.724,88	550.109,00
8	104.068,76	196.231,92	9	342.529,50	435.769,25
5	78.486,01	141.925,90	6	186.400,74	250.661,28
2	55.785,37	101.802,43	3	91.756,90	137.543,46

Quadro 3: Conjunto motor bomba

Potência (cv)	Conjunto	Conjunto Motor-Bomba (R\$/conjunto)	Instalações Elétricas (R\$/conjunto)	Total (R\$/conjunto)
0,5	1 + 1	19.780,00	8.519,62	28.299,62
1,0	1 + 1	21.160,00	8.519,62	29.679,62
1,5	1 + 1	26.680,00	8.519,62	35.199,62
2,0	1 + 1	26.680,00	8.519,62	35.199,62
3,0	1 + 1	28.520,00	9.179,62	37.699,62
4,0	1 + 1	29.440,00	9.179,62	38.619,62
5,0	1 + 1	30.360,00	9.596,02	39.956,02
7,5	1 + 1	36.800,00	14.150,32	50.950,32
10,0	1 + 1	42.780,00	17.977,56	60.757,56
12,5	1 + 1	48.760,00	18.529,56	67.289,56
15,0	1 + 1	68.080,00	19.035,56	87.115,56
20,0	1 + 1	82.800,00	29.659,76	112.459,76
30,0	1 + 1	110.400,00	33.221,79	143.621,79

Quadro 4: Coletor gravitatório

Diâmetro (mm)	Material	Estimativa de Custo (R\$/m) Fornecimento e assentamento de tubulação
600	Concreto	3.344,00
500	Concreto	2.764,00
400	PVC	2.698,00
300	PVC	2.126,00
250	PVC	1.834,00
200	PVC	1.555,00
150	PVC	1.469,00

Quadro 5: Tubulação de recalque

Diâmetro (mm)	Material	Estimativa de Custo (R\$/m) Fornecimento e assentamento de tubulação
500	PEAD	2.764,00
400		2.298,00
300		1.537,00
250		1.176,00
200		935,00
150		907,00
100		588,00

Quadro 6: Travessias

Diâmetro (mm)	Material	Estimativa de Custo (R\$/m) Fornecimento e assentamento de tubulação
500	PEAD	2.946,43
400		2.357,14
300		1.767,86
250		1.473,21
200		1.437,50
150		1.401,79
100		934,52

8. Custos de operação e manutenção (OPEX)

Já os custos de operação e manutenção (OPEX) de cada CTS foram obtidos em função da demanda de energia elétrica exercida pelos conjuntos motor-bomba das estações elevatórias e do custo de contrato padrão de prestação de serviços de operação e manutenção de CTS, e que envolve o emprego de viaturas, recursos humanos, material ferramental, equipamentos e material de reposição.

De acordo com o que apresenta o Quadro 7, os custos de energia elétrica exercido pelas estações elevatórias correspondem às tarifas praticadas pela Light para o consumo efetivo exercido pelos conjuntos motor bomba, de acordo com as seguintes premissas: Subgrupo Tarifário B3 (Tensão secundária classificada como baixa tensão, em rede aérea, carga instalada na unidade consumidora ≤ 75 kW); tarifas de consumo de R\$ 488,73/MWh (vigor no período de 15/03/18 a 14/03/19, inclui desconto ANEEL de 15% para a modalidade Serviço Público); tempo diário de funcionamento do conjunto motor-bomba de 12 horas.

Quadro 7: Custos de energia elétrica exercido pelas estações elevatórias

Potência (cv)	Conjunto	Potência Instalada (kw)	Subgrupo Tarifário B3; R\$488,73/MWh, inclui desconto ANEEL de 15% (modalidade Serviço Público); tempo diário de funcionamento de 12 horas.		
			R\$/d	R\$/mês	R\$/ano
0,5	1 + 1	0,37	4,40	131,96	1.583,49
1,0	1 + 1	0,74	8,80	263,92	3.166,99
1,5	1 + 1	1,1	13,20	395,87	4.750,48
2,0	1 + 1	1,47	17,59	527,83	6.333,98
3,0	1 + 1	2,21	26,39	791,75	9.500,97
4,0	1 + 1	2,94	35,19	1.055,66	12.667,96
5,0	1 + 1	3,68	43,99	1.319,58	15.834,95
7,5	1 + 1	5,52	65,98	1.979,37	23.752,42

10,0	1 + 1	7,35	87,97	2.639,16	31.669,90
12,5	1 + 1	9,19	109,96	3.298,95	39.587,37
15,0	1 + 1	11,03	131,96	3.958,74	47.504,85
20,0	1 + 1	14,71	175,94	5.278,32	63.339,80
30,0	1 + 1	22,06	263,92	7.917,47	95.009,70

Também de acordo de acordo com a experiência da própria CEDAE, estima-se que os serviços de operação e manutenção de CTS para o caso da AP-4 devam ser planejados de acordo com os seguintes parâmetros:

- Frequência semanal de manutenção da CTS: 3 limpezas/semana (limpeza diária para CTS de grande porte);
- Produtividade diária da equipe de O&M: 5 CTS/d;
- Carga de CTS por equipe de O&M: 10 CTS.

De acordo com o sistema orçamentário da própria CEDAE, a estimativa de custo mensal do contrato padrão de prestação de serviços de operação e manutenção de CTS alcançaria R\$ 52.000,00, o que para o conjunto de 10 CTS por equipe de O&M, representaria o custo de O&M de R\$ 5.200,00 por CTS.

Os custos anuais de operação e manutenção foram integralizados para o horizonte de projeto de 20 anos e atualizados para o valor presente. de acordo com a seguinte expressão:

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

Onde:

P: Valor presente dos custos anuais de operação e manutenção (integralizados, R\$).

A: Custo anual de operação e manutenção (R\$). de acordo com o que expressa os resultados do Quadro X.

i: Taxa anual de juros. adotada 6,4% (Banco Central em 27/06/2018).

n: Horizonte de projeto, adotado 20 anos.

9. Consolidação dos resultados

O Quadro 8 resume as informações requeridas pelo sistema orçamentário da CEDAE e que serviram de base para a consolidação da orçamentação dos custos de capital e de operação e manutenção de cada uma das 146 7 CTS propostas para a sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais. **O mesmo Quadro indica os custos de capital (CAPEX) e os custos de operação e manutenção (OPEX) anualizados e integralizados ao valor presente para o horizonte de projeto de 20 anos.** Os mapas que compõem o Apêndice 2 detalham a solução empreendida para as 187 6 aglomerações subnormais. Para cada uma das 142 7 CTS-Calha Fluvial empregadas, os mapas destacam as aglomerações subnormais cujas contribuições de esgotos sanitários pretende-se interceptar, os resultados do respectivo estudo de efetividade em função do regime de chuvas da AP-4, assim como a estimativa dos custos de capital e de operação e manutenção das mesmas.

Quadro 8 Informações requeridas pelo sistema orçamentário da CEDAE e que serviram de base para a consolidação da orçamentação dos custos de capital e de operação e manutenção de cada uma das 135 CTS:

Código CTS	Custo de Capital																Custo de Operação e Manutenção			Custo Total R\$		
	(Custos Quadro 3)		(Custos Quadro 49)		(Quadro 5)				(Quadro 6)				(Quadro 7)				Custo Total CAPEX (ver observação rodapé - inclui custos adicionais que acrescem 41,5% ao somatório)	Anual (R\$/ano)			Valor Presente R\$ (20 anos)	
	Obras Cíveis Estrutura Central		Conjunto motor-bomba + Inst. Elétricas		Coletor gravitatório				Tubulação de recalque				Travessia					Energia elétrica (Quadro 7)	Contrato Padrão O&M			Custo Anual
CTS-CF Largura da calha (m)	Custo/un. (R\$)	Potência (cv)	Custo/un. (R\$)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Custo/m (R\$)	Custo (R\$)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Custo/m (R\$)	Custo (R\$)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Custo/m (R\$)	Custo (R\$)							
CTS Calha Fluvial 50	5	186.400,74	-	-	150	1125	1469,00	1.652.625,00	-	-	0	0	-	-	-	-	2.602.221,42	-	62.400,00	62.400,00	1.950.000,00	4.552.221,42
CTS Calha Fluvial 51	8	342.529,50	-	-	200	307	1555,00	477.385,00	-	-	0	0	-	15,00	1437,50	21.562,53	1.190.690,00	-	62.400,00	62.400,00	1.950.000,00	3.140.690,00
CTS Calha Fluvial 52	10	550.109,00	4	38.619,62	-	-	0	0	75	990	778,27	770.487,30	-	33	700,90	23.129,70	1.956.019,05	12.667,96	62.400,00	75.067,96	2.345.873,75	4.301.892,80
CTS Calha Fluvial 53	6	196.231,92	10	60.757,56	-	-	0	0	100	1890	606,97	1.147.173,30	-	17	934,53	15.887,01	2.009.370,45	31.669,90	62.400,00	94.069,90	2.939.684,37	4.949.054,82
CTS Calha Fluvial 54	6	250.661,28	3	37.699,62	-	-	0	0	100	550	606,97	333.833,50	-	-	-	-	880.405,08	9.500,97	62.400,00	71.900,97	2.246.905,31	3.127.310,39
CTS Calha Fluvial 55	12	1.018.694,34	1	29.679,62	-	-	0	0	75	140	778,27	108.957,80	-	-	-	-	1.637.624,44	3.166,99	62.400,00	65.566,99	2.048.968,44	3.686.592,88
CTS Calha Fluvial 56	4	141.925,90	(2x) 0,5	(2x) 24.039,81	150	952	1469,00	1.398.488,00	50	120	461,43	55.371,60	-	12,00	1401,79	16.821,48	2.349.871,54	(2x) 1.583,49	62.400,00	65.566,98	2.048.968,12	4.398.839,66
Total																12.626.201,98	60.172,80	436.800,00	496.972,80	15.530.400,00	28.156.601,98	

Obs: Inclui custos adicionais devidos aos seguintes serviços - projeto de engenharia (3%), topografia e sondagens (2%), cadastro (1%), canteiro de obra (2,5%), BDI (22)%, administração local (6%) e serviços eventuais e imprevistos (5%).