

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DO PARAÍBA DO SUL - AGEVAP

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO E ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO PARA O CANAL DAS TAXAS NO
BAIRRO DO RECREIO DOS BANDEIRANTES, MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO**



Produto 02 – Volume 2

Relatório do estudo de concepção

Revisão 05

Setembro /2022



Comitê de Bacia da
Baía de Guanabara



inea instituto estadual
do ambiente

**AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE**



**GOV
RJ**

5	B	Após reunião com Igua e atendendo Nota Técnica NT 40/2022/CG02	N/A	CFE	JAL	N/A	14/09/22
4	B	Atendendo Nota Técnica NT 051/2021/CG02	N/A	CFE	JAL	N/A	23/12/21
3	B	Atendendo Nota Técnica NT 037/2021/CG02	N/A	CFE	JAL	N/A	26/11/21
2	B	Atendendo Nota Técnica NT 023.2021.CG02 -- v.01	N/A	CFE	JAL	N/A	26/10/21
1	B	Atendendo Nota Técnica NT 017.2021.CG02	N/A	CFE	JAL	N/A	14/09/21
0	B	Emissão Inicial	N/A	CFE	JAL	N/A	21/07/21
REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	REV.	APR.	DATA
TIPO DE EMISSÃO							
(A) - PRELIMINAR / (B) - PARA APROVAÇÃO / (C) PARA CONHECIMENTO / (D) PARA COTAÇÃO / (E) PARA CONSTRUÇÃO							
(F) CONFORME COMPRADO / (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO							

Sumário

1. Apresentação	3
2. Diagnóstico e estudo de concepção	3
2.1. Arcabouço legal	3
2.1.1. Leis nacionais	4
2.1.2. Leis e diretrizes estaduais	6
2.1.3. Leis e diretrizes municipais	7
2.1.4. Conclusão	29
2.2. Caracterização da área de estudo	30
2.2.1. Aspectos Institucionais	30
2.2.2. Geologia	33
2.2.3. Topografia e relevo	34
2.2.4. Aspectos climáticos	36
2.2.5. Estudos hidrológicos e de caracterização dos corpos hídricos	37
2.2.5.1. Avaliação da qualidade da água presente no Canal das Taxas	37
2.2.5.2. Cálculos hidrológicos e hidráulicos do canal das Taxas	46
2.3. Rede de drenagem de Influência direta	48
2.4. Rede de esgotos de influência direta	50
2.5. Previsão de Vazões	53
2.5.1.1. Estudo populacional	53
2.5.2. Estudo de vazões de esgoto	55
2.5.3. Avaliação da capacidade das EE	57
2.6. Conclusões	60
2.6.1. Diagnóstico	60
2.6.2. Prognóstico	60
2.7. Ações adicionais	63
2.7.1. Rotina de remoção de macrófitas	63
2.7.2. Remoção de resíduos sólidos	63
2.7.3. Desassoreamento da lagoa e canais	64
3. Estudos de alternativas para tratamento de efluentes	64
3.1. Tecnologia de Wetlands	64
3.2. Tecnologia de Jardins Filtrantes	66
3.3. Tecnologia de ETE Biomodular - Vermifiltração	67
3.4. Comparação entre os sistemas	69

4.	Estudo de autodepuração	70
4.1.	Introdução	70
4.2.	Descrição dos dados de entrada e modelos utilizados	70
4.3.	Modelo computacional	71
4.4.	Modelo hidrodinâmico	73
4.4.1.	Marés utilizadas.....	73
4.4.2.	Distribuição de velocidades de correntes	75
4.5.	Qualidade da água – condições atuais	76
4.5.1.	Parâmetros modelados	76
4.5.2.	Comentários sobre as modelagens	76
4.6.	Resultados situação atual.....	78
4.6.1.	OD/DBO	78
4.6.2.	Coliformes.....	78
4.7.	Qualidade da água – condições após tratamento.....	82
4.7.1.	Parâmetros modelados	82
4.7.2.	Concepção dos sistemas de coleta, transporte e tratamento alternativo dos esgotos.....	82
4.8.	Resultados após o tratamento	84
4.8.1.	Jardins Filtrantes e Wetlands	Erro! Indicador não definido.
4.8.2.	ETE Biomodular- Vermifiltração	Erro! Indicador não definido.
4.8.3.	Discussão dos resultados.....	88
5.	Conclusões.....	89
6.	Bibliografia.....	91
	Anexo I.....	94

1. Apresentação

O presente contrato insere-se nos Programas do Plano de Aplicação Plurianual 2019-2022 do CBH-BG que compõem o Macro programa de coleta e tratamento de esgotos sanitários do Comitê da Baía de Guanabara.

Este documento descreve uma ação integrante deste Macro programa de coleta e tratamento de esgotos sanitários do Comitê da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e de Jacarepaguá, especificamente na sub-bacia do Canal das Taxas, conforme ação deliberada pelo Subcomitê do sistema lagunar de Jacarepaguá e acompanhado pelo Grupo de Trabalho (GT) Coleta e tratamento de esgotos sanitários do respectivo subcomitê.

Como apresentado no Plano de Trabalho, as etapas do Estudo de Concepção e Diagnóstico, estão sumarizadas a seguir:

- . Estudo de concepções, com caracterização e definição das espécies vegetais utilizadas nos sistemas ecológicos propostos, se aplicável, justificando sua utilização, características, quantitativo e manejo necessário;
- . Apresentação do Arcabouço legal (Federal, estadual, municipal, Comitê de bacias)
- . Levantamento da Topografia, hidrologia e geologia
- . Coleta amostras de água para análise IQA
- . Estudos hidrológicos e de caracterização do corpo hídrico;
- . Mapeamento rede de drenagem de influência direta
- . Mapeamento dos pontos de aporte de esgotamento sanitário
- . Mapeamento da rede de esgotamento sanitário de influência no Canal das Taxas
- . Levantamento da densidade demográfica e tendências de expansão;
- . Apresentação de 2 alternativas ecológicas de esgotamento e Consolidação de uma.
- . Comparação das alternativas de concepção, com base em critérios econômicos, técnicos e ambientais.
- . Estabelecer panorama temporal futuro para as melhorias ambientais providas das alternativas levantadas comparando custos, desvantagens e benefícios.
- . Reuniões com CBH-BG, SMAC, Parque Natural Municipal Chico Mendes, CEDAE.

2. Diagnóstico e estudo de concepção

O estudo de concepção visa apresentar um diagnóstico da área objeto de estudo com enfoque no sistema de esgotamento sanitário e drenagem pluvial urbana, as alternativas consideradas para o tratamento dos efluentes gerados e sua análise.

2.1. Arcabouço legal

O objeto do presente trabalho constitui-se na solução para o esgotamento sanitário da região do Canal das Taxas. Sua análise aponta para um conjunto de causalidades que levaram à degradação da qualidade ambiental do Canal das Taxas e seu entorno, incluída a área do Parque Natural Municipal Chico Mendes (PNMCM).

A avaliação de uma solução para o problema em questão é orientada por um conjunto de normas e diretrizes definidas por meio de um arcabouço legal constituído por políticas de níveis nacional, estadual e municipal. Considerando-se que o tema se relaciona às discussões inerentes ao esgotamento sanitário que, neste caso principalmente, está intrinsecamente ligado com os serviços de drenagem pluvial urbana e do manejo de

resíduos sólidos, neste item serão apresentadas as políticas e legislações pertinentes e em que medida elas estão relacionadas ao objeto do estudo em questão.

Foram objeto de análise a Lei nº 11.445/2007, e as alterações dadas pela lei nº 14.026/2020, o Novo Código Florestal estabelecido pela Lei Federal nº 12.651/2012, alterada pela Lei nº 12.727/2012, o qual dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, os Decretos nº 42.930, de 18 de abril de 2011 - cria o programa estadual Pacto pelo Saneamento, decreto nº 42.931, de 18 de abril de 2011 – cria o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM, decreto nº 47.609 de 18 de maio de 2021 - altera a designação e o escopo do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara, que passa a ser denominado de Programa de Saneamento Ambiental, Resolução CONEMA Nº 83 de 26/07/2018- regulamenta o disposto no art. 3º, X, "k", da Lei Federal nº 12.651/2012, estabelecendo outras ações ou atividades reconhecidas como eventuais e de baixo impacto ambiental, o decreto nº 41.173, de 23 de dezembro de 2015 - aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas, o decreto nº 34.290 de 15 de agosto de 2011 - aprova o Plano Municipal de Saneamento para os serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (PMSB-AE), a Lei Complementar nº 111 de 1º de fevereiro de 2011 - trata da Política Urbana e Ambiental do Município, e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro.

2.1.1 Leis nacionais

A Lei nº 11.445/2007, alterada pela lei nº 14.026/2020, estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, incluindo, dentre outras, as funções de planejamento, prestação, regulação e fiscalização.

O Art. 3º traz a seguinte definição para os termos “esgotamento sanitário” e “drenagem e manejo das águas pluviais urbanas”:

Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente; ...

Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, retenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2020, Art. 3º).

Observa-se que não somente para o esgotamento sanitário, mas também para a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, deve ser observada a necessidade de tratamento e disposição adequada.

O Art. 2º apresenta a proteção do meio ambiente como princípio, assegurada na forma dos seguintes incisos:

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

IV - disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

O mesmo artigo ainda traz como princípios para o planejamento e a implementação de soluções em saneamento básico:

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

É de suma importância que as soluções adotadas estejam, portanto, de acordo com as necessidades locais e que considerem o contexto no qual está incluída, levando em consideração, neste caso, principalmente a proteção ambiental, visto que a área do estudo em questão contempla o Parque Natural Municipal Chico Mendes, uma área de conservação ambiental de proteção integral.

O Novo Código Florestal estabelecido pela Lei Federal nº 12.651/2012, alterada pela Lei nº 12.727/2012, o qual dispõe sobre a proteção da vegetação nativa define em seu artigo 4º as Áreas de Preservação Permanente – APP, sendo definidas para cursos d’água (inciso I) e para as áreas no entorno de lagos e lagoas naturais (inciso II):

I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas; (Redação dada pela Lei 12.651, de 2012, alterada pela Lei 12.727, de 2012)

O Art. 8º define ainda que a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas na Lei.

O Art. 3º do Código Florestal apresenta:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

VIII - utilidade pública: (Vide ADIN Nº 4.903)

b) as obras de infraestrutura destinadas às concessões e aos serviços públicos de transporte, sistema viário, inclusive aquele necessário aos parcelamentos de solo urbano aprovados pelos Municípios, saneamento, gestão de resíduos, energia, telecomunicações, radiodifusão, instalações necessárias à realização de competições esportivas estaduais, nacionais ou internacionais, bem como mineração, exceto, neste último caso, a extração de areia, argila, saibro e cascalho; (Vide ADC Nº 42) (Vide ADIN Nº 4.903)

d) atividades que comprovadamente proporcionem melhorias na proteção das funções ambientais referidas no inciso II deste artigo (II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

e) outras atividades similares devidamente caracterizadas e motivadas em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto, definidas em ato do Chefe do Poder Executivo federal (BRASIL, 2012, Art. 3º).

As regulamentações dadas pelo Código Florestal são aqui destacadas uma vez que abordam temas sensíveis como as possíveis alterações na área de preservação permanente para a instalação do sistema ecológico de tratamento com fins de recuperação ambiental da área em estudo.

2.1.2 Leis e diretrizes estaduais

A nível estadual, não existe uma política pública estadual de saneamento ambiental. O Decreto nº 42.930, de 18 de abril de 2011 que criou o programa estadual Pacto pelo Saneamento, definiu instrumentos, objetivos e metas relativas ao esgotamento sanitário para o ano de 2018. Tais metas não foram alcançadas, no entanto, não foi emitido novo decreto que estabelecesse uma nova política.

O decreto nº 42.931, de 18 de abril de 2011, que criou o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM foi recentemente alterado pelo decreto nº 47.609 de 18 de maio de 2021, que definiu alterações na designação e no escopo do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara, passando então a ser designado de Programa de Saneamento Ambiental, com competência para ações de saneamento ambiental no estado do Rio de Janeiro. O PSAM passou então a poder apoiar os municípios quanto “à definição das políticas de saneamento, à elaboração dos planos de saneamento e à capacidade de gerir com eficiência os assuntos de saneamento na condição de poder concedente deste serviço público, incluindo a preparação dos Termos de Referência para a realização das respectivas contratações”, conforme consta no decreto.

Dentre as legislações estaduais da área ambiental, cabe destacar a Resolução CONEMA nº 83 de 26 de julho de 2018 regulamenta o disposto no art. 3º, X, "k", da Lei Federal nº 12.651/2012, estabelecendo outras ações ou atividades reconhecidas como eventuais e de baixo impacto ambiental, e dá outras providências.

A Resolução CONEMA nº 83 em seu Art. 2º, reforça os termos do art. 3º, X da Lei nº 12.651/2012, ao considerar ações eventuais ou de baixo impacto ambiental as seguintes atividades e empreendimento desenvolvidos em Áreas de Preservação Permanente: “II - implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados, desde que comprovada a outorga do direito de uso da água, quando couber” (RIO DE JANEIRO, 2018, Art. 2º).

Já o Art. 3º define que, além das hipóteses previstas no artigo anterior, são também reconhecidas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro como ações ou atividades eventuais e de baixo impacto ambiental as seguintes atividades que se relacionam ao tema objeto do estudo:

II - a intervenção na calha de cursos d'água, que possuem projeto hidráulico devidamente aprovado pelo órgão ambiental, para a execução, regularização, manutenção ou reparo de estruturas hidráulicas, tais como travessias (sobre ou sob corpos hídricos), canalizações, estruturas de contenção de margens, soleiras, deck, píer e pequenas estruturas de apoio a embarcações;

III - serviços de execução de limpeza e desobstrução de cursos d'água;

V - instalações necessárias para o lançamento da drenagem de águas pluviais. (RIO DE JANEIRO, 2018, Art.3º).

2.1.3 Leis e diretrizes municipais

Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro

A Lei Complementar nº 111, de 1º de fevereiro de 2011 dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município e instituiu o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro.

De acordo com o Plano Diretor, a área objeto deste estudo está inserida na Área de Planejamento 04 – AP4, delimitada a partir de critérios ambientais, características histórico-geográficas e de uso e ocupação do solo.

Conforme o **Art. 117**, a área é considerada sítio de relevante interesse ambiental e paisagístico, uma vez que, “por seus atributos naturais, paisagísticos, históricos e culturais, constituam-se em referência para a paisagem da Cidade do Rio de Janeiro, sujeitas a regime de proteção específico e a intervenções de recuperação ambiental, para efeitos de proteção e manutenção de suas características”.

De acordo com o MAPA 12 – MEIO AMBIENTE – PROPOSTAS E PROGRAMAS, que consta no Plano Diretor (Figura 1), a área da Lagoinha é considerada Patrimônio Natural, para a qual são estabelecidos Programas de proteção, recuperação e melhoria da infraestrutura dos Parques Naturais Municipais.

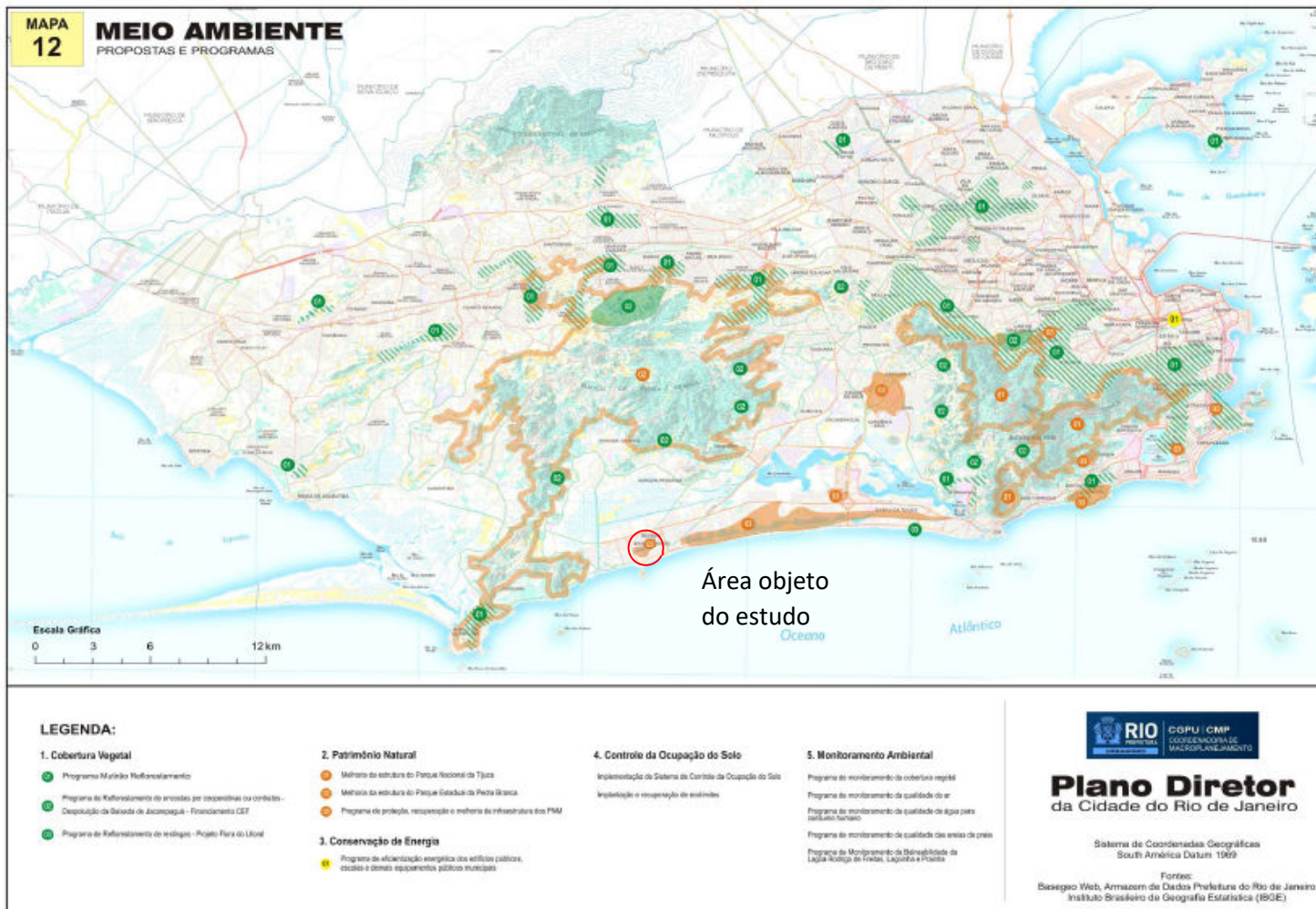


Figura 1: MAPA 12 – MEIO AMBIENTE – PROPOSTAS E PROGRAMAS
 Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro (2011).

Ainda de acordo com o Plano Diretor, o Canal das Taxas está inserido na Macrozona de Ocupação Condicionada e dentre as diretrizes para promoção da proteção ambiental para a área, ressaltam-se, a criação de parques urbanos nas orlas das lagoas e no entorno de encostas, estabelecimento de critérios para a ocupação das ilhas das lagoas da Baixada de Jacarepaguá e inibição da ocupação desordenada de áreas públicas e de áreas destinadas à implantação de infraestrutura na Baixada de Jacarepaguá. Com relação às diretrizes gerais, salienta-se o incentivo do desenvolvimento de ecoturismo e atividades ligadas à educação ambiental e à pesquisa e proteção dos recursos naturais, bem como fauna e flora.

A área objeto do presente estudo é classificada como **Área Sujeita à Proteção Ambiental**, conforme pode ser observado na Figura 2 que apresenta o MAPA 10 – Áreas Sujeitas à Intervenção – **Proteção Ambiental** e AEIS (Área de Especial Interesse Social).

Segundo o Art. 35, as áreas sujeitas à intervenção são consideradas aquelas que, por suas condições urbanísticas e ambientais, necessitem prioritariamente da implementação de planos, projetos e obras, ou do estabelecimento de regime urbanístico específico com criação de normas ou redefinição das condições de uso e ocupação. As melhorias visadas para tais áreas constam de:

- I.- estruturação ou alterações na estrutura física;
- II.- integração à malha urbana formal;
- III. - implantação ou readequação da infraestrutura viária e de saneamento;
- IV.- conservação e recuperação das condições do meio ambiente natural e construído;**
- V.- implantação de equipamentos urbanos;
- VI.- produção e regularização de moradias;
- VII - implantação de condições de acessibilidade para pessoas com deficiência de qualquer natureza.

Ao ser considerada como Área sujeita à intervenção, no caso, de Proteção Ambiental, destaca-se o anseio de conservação e recuperação das condições do meio ambiente natural e construído, indo ao encontro das ações propostas pelo CBH-BG e Subcomitê do Sistema Lagunar de Jacarepaguá.

Na Figura 3 é apresentado o MAPA 14 – Saneamento Ambiental – Drenagem, Esgotamento e Manejo de Resíduos Sólidos, no qual consta para a área onde está inserida a Lagoinha, o Programa de Saneamento da Baixada de Jacarepaguá (PSBJ).

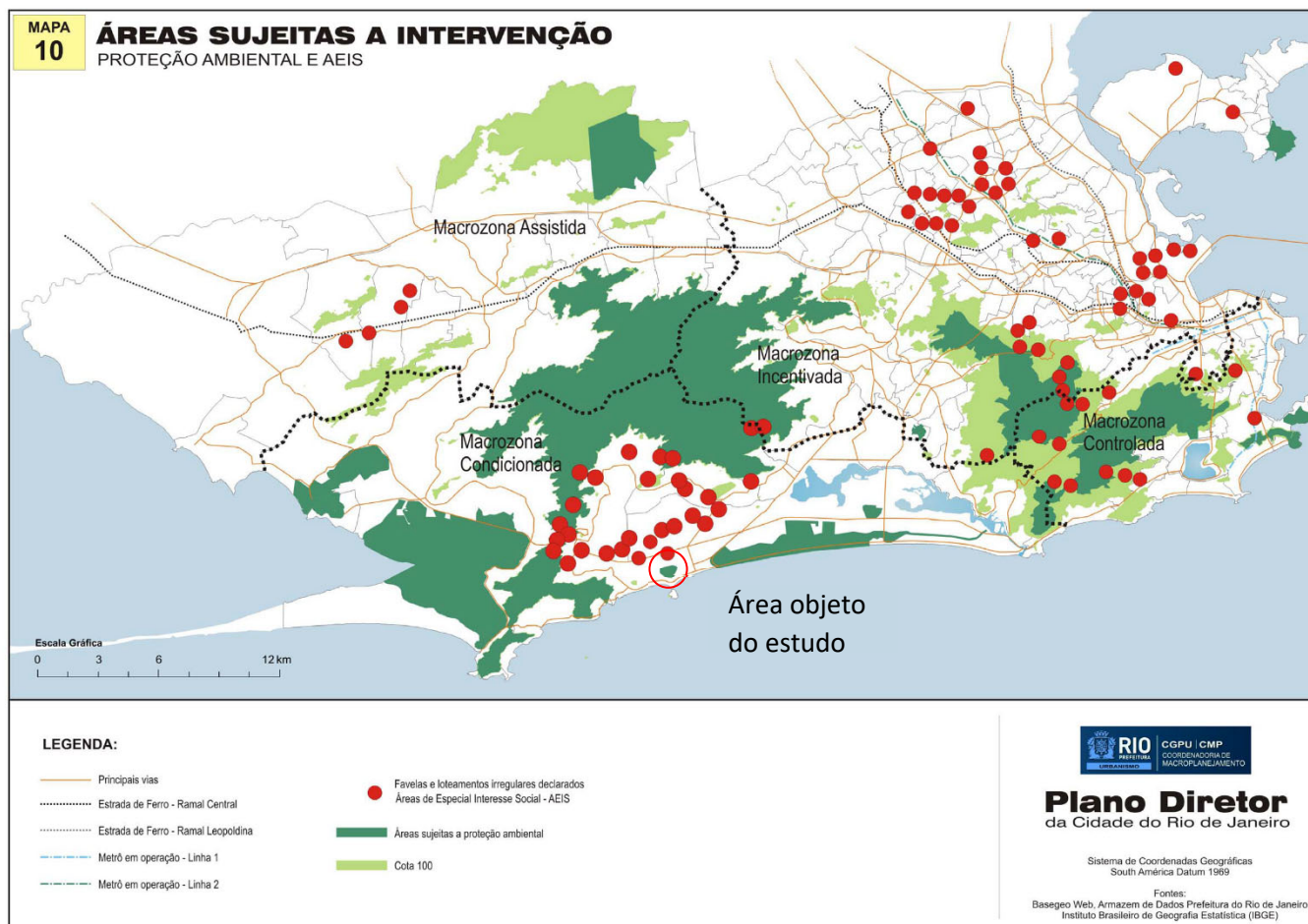
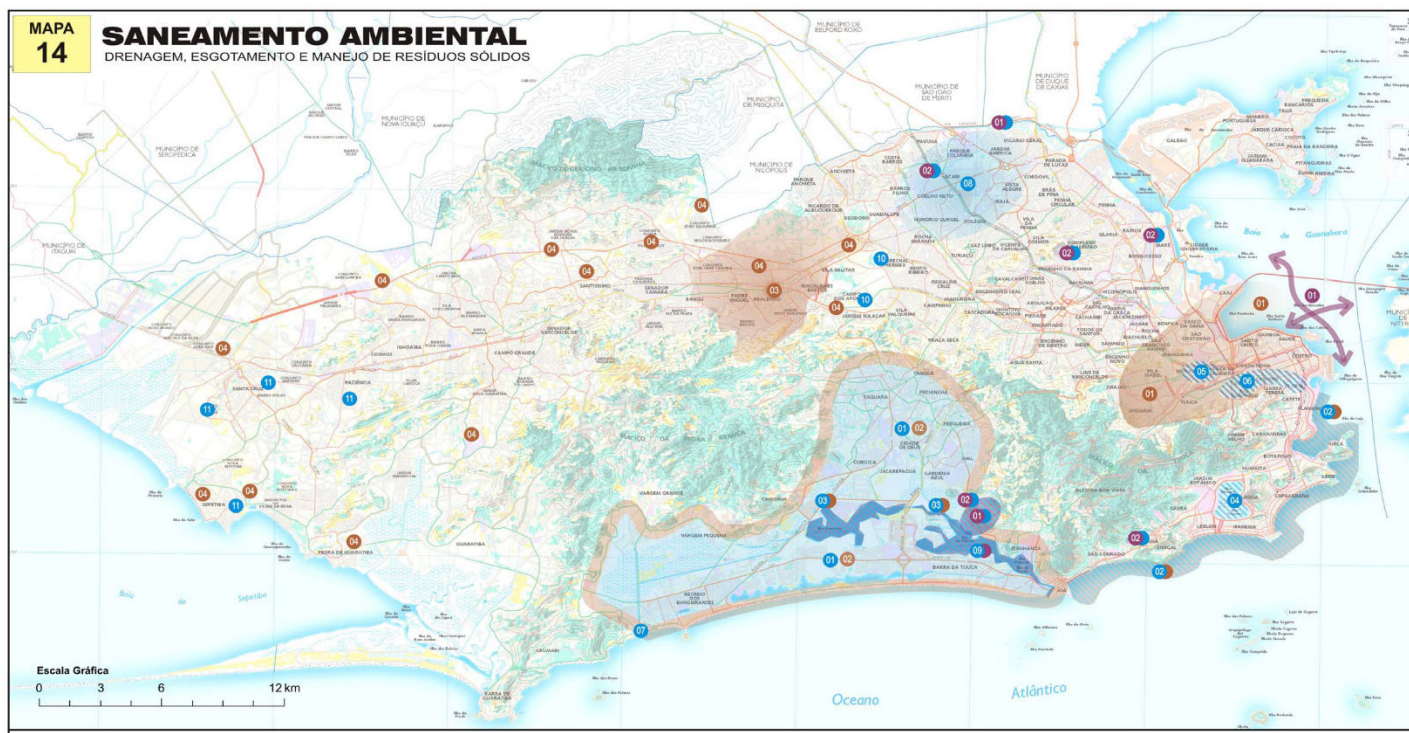


Figura 2: MAPA 10 – Áreas Sujeitas à Intervenção – Proteção Ambiental e AEIS (Área de Especial Interesse Social)
 Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro (2011).



LEGENDA:

- | | | |
|-----------------------------------|--|--|
| 1. Drenagem | | |
| 01 | Programa de Reabilitação Ambiental da Baixada de Jacarepaguá | |
| 02 | Programa de Melhoria da Qualidade das Praias | |
| 03 | Programa de Proteção do Sistema Lagunar de Jacarepaguá | |
| 04 | Sistema de Proteção da Lagoa Rodrigo de Freitas | |
| 05 | Controle de Enchentes na Bacia do Canal do Mangue | |
| 06 | Sistema de Drenagem da Cidade Nova | |
| 2. Esgotamento Sanitário | | |
| 01 | Sistema de Esgotamento Sanitário da ETE Alegria (FDBG) | |
| 02 | Programa de Saneamento da Baixada de Jacarepaguá (PSBJ) | |
| 03 | Esgotamento Sanitário da Área de Planejamento 5 | |
| 04 | Construção de ETE's e redes coletoras nas Áreas de Planejamento 4 e 5 | |
| 3. Manejo Resíduos Sólidos | | |
| 01 | Programa Rio Ama os Rios | |
| 02 | Programa Garis Comunitários | |
| | Programa de Limpeza da areia das praias | |
| | Programa de Limpeza das Lagoas | |
| | Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais do Estado do Rio de Janeiro - PROVE | |
| | Guardiões dos Rios | |

Figura 3: MAPA 14 – Saneamento ambiental – drenagem, esgotamento e manejo de resíduos sólidos
 Fonte: Adaptado de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro (2011).

Embora no Plano de Manejo do PNMCM haja destaque para a degradação ambiental do Canal das Taxas e seus impactos à Unidade de Conservação e à Lagoinha, o Plano Diretor não aponta a questão do saneamento básico, e principalmente do esgotamento sanitário, como uma demanda prioritária para a região da AP4. Para a região são definidas como prioritárias apenas demandas relacionadas ao transporte e mobilidade urbana.

Importante frisar que o Plano Diretor (2011) possui abordagem de planejamento ampla, não havendo foco nas questões ambientais e de saneamento básico. Neste sentido, cabe destacar que, embora o saneamento básico na região de estudo não seja elencada como prioritária no referido documento, o CBH-BG e Subcomitê do Sistema Lagunar de Jacarepaguá destacam que a temática é essencial para a região de estudo.

Em 2018 foi proposto o Projeto de Lei Complementar nº 57/2018 que disciplina o uso e a ocupação do solo no território Municipal, conforme estabelecido nos arts. 44 e 45 da Lei Complementar nº 111, de 1º de fevereiro de 2011, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro. No entanto, até o momento, o referido projeto de lei não foi aprovado, carecendo de regulamentação.

Plano Municipal de Saneamento Básico

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município do Rio de Janeiro para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário foi elaborado em 2011. Conforme destacado no PMSB, entre as Áreas de Planejamento da cidade do Rio de Janeiro, a AP-4, onde está inserida a área de estudo, é uma das que mais sofre com a falta de investimento básico, resultando na deficiência na oferta de serviços de esgotamento sanitário. Além disso, tal situação se torna ainda mais grave nas áreas de maior densidade urbana, como é o caso das comunidades ao redor da Lagoinha, que perdura até os dias atuais.

Fator importante destacado no PMSB é que a área do Recreio dos Bandeirantes, bairro onde localiza-se a área de estudo, possui uma ocupação mais homogênea, sendo uma das áreas que mais cresceram à época, juntamente com a zona oeste, compreendendo um dos principais vetores de crescimento demográfico do município.

Em 2010, a CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos) inaugurou a Estação de Tratamento de Esgotos da Barra da Tijuca e o Emissário Submarino. Na época de elaboração do PMSB, os sistemas estavam interligados às duas Estações elevatórias principais, elevatória de Jacarepaguá e Elevatória de Marapendi, sendo que no período, o sistema ainda não havia atingido metade de sua vazão de projeto.

Cabe ressaltar que há um convênio entre a Prefeitura do Rio, por meio da Fundação Rio-Águas – órgão responsável pela revisão do PMSB, e o Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá (CBH-BG), assinado em dezembro de 2019, que viabilizará R\$ 500 mil reais em investimentos a serem repassados ao município para revisão do seu Plano Municipal de Saneamento Básico. Atualmente tal convênio já está sendo executado, sendo que tal atualização compreenderá oito etapas, sendo que a etapa 1 já está publicada no *website* da Prefeitura do Rio, onde constam os relatórios de Caracterização do Município, demanda Serviços de Água e Esgoto e Interfaces, Diagnóstico Institucional, Estudo Populacional e Indicadores Sanitários, Epidemiológicos, Ambientais e Socioeconômicos.

Salienta-se que o Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá (CBH-BG) também é integrante do Grupo de Trabalho Plano Municipal de Saneamento Básico do Rio de Janeiro (GT PMSB RJ), estabelecido pela Resolução CBH-BG nº 74 de 10 de outubro de 2019, e prorrogada pela resolução CBH-BG nº 94 de 07 de outubro de 2020.

Anteriormente à primeira revisão do PMSB, em 2018, foi elaborado o Plano Regionalizado Metropolitano do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que atualmente consta como referência para a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município do Rio de Janeiro.

Planejamento Regionalizado Metropolitano

O Planejamento Regionalizado Metropolitano do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PRM-RMRJ) apresenta o planejamento para a universalização dos sistemas de abastecimento de água e do esgotamento sanitário dos municípios pertencentes à Região Metropolitana do Rio de Janeiro atualmente operados pela CEDAE. . Conforme mencionado anteriormente, foi elaborado no ano de 2018.

Para fins de planejamento e estruturação de projeto, o território do município do Rio de Janeiro foi dividido em 4 (quatro) regiões, sendo a região objeto de estudo localizada na Região 2. O período de planejamento estabelecido foi de 35 anos. O diagnóstico e as metas para o município do Rio de Janeiro constam no apêndice 15 do referido documento.

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do município do Rio de Janeiro é subdividido em 9 (nove) sistemas sendo que a região em questão é compreendida no Sistema Barra da Tijuca (Emissário da Barra).

O Sistema da AP4 (referido como Sistema Zona Sul no PRM-RMRJ) é subdividido em dois subsistemas, Barra da Tijuca e Vargem Grande. O sistema Barra da Tijuca é composto por 29 (vinte e nove) estações elevatórias de esgoto (EEE) que totalizam 14.784 CV de potência instalada.

A Tabela 1 apresenta detalhes das elevatórias na região do estudo.

O tratamento do esgoto é realizado pela ETE Barra da Tijuca com capacidade de 3.500 L/s para tratamento primário seguido de emissário submarino, sendo o efluente de tratamento lançado no mar da Barra da Tijuca. A disposição final do lodo é no aterro CTR Rio localizado no município de Seropédica.

Tabela 1: Detalhes das elevatórias localizadas na região objeto do presente estudo

Elevatória	Endereço	Vazão projeto (L/s)	Vazão bomba (L/s)	Cj.	Motor (cv.)	Tipo	Recalque	Destino
BARRA BONITA	ND	ND	12	2	10	Convencional	100mm - FoFo - 20 m	Caixa de confluência dentro das antigas ETE, que recebe os recalques das Elevatórias de Esgoto Câmara
CHICO MENDES	Av. Jarbas de Carvalho, próxim. Nº 1280, Comunidade Chico Mendes - Recreio dos Bandeirantes	ND	15	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 350 m	PV da Elevatória Canal das Taxas
JARBAS DE CARVALHO	Av. Jarbas de Carvalho, 918, próximo à Estrada Benvindo de Novaes - Recreio dos Bandeirantes	ND	15	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 1040m	PV em frente à Elevatória Canal das Taxas
CANAL DAS TAXAS	Estr. Jarbas de Carvalho, s/nº c/ Av. Gilka Machado - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	30	3	120	Convencional	400 mm - FoFo - 480 m	PV situado na Av. Genaro de Carvalho
BENVINDO DE NOVAES	Rua Benvindo de Novaes, s/nº, esq. R. Profº Hermes de Lima - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	13	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 65 m	PV situado em frente à ETE Vargem Grande
RECREIO	Av. Gláucio Gil nº 407, esq. Rua Profº. Hermes de Lima - Recreio dos Bandeirantes - Rj	ND	63	5	500	Convencional	1000 mm - PEAD - 8500 m	Caixa de confluência da Elevatória Marapendi
HERMES DE LIMA	Rua Hermes de Lima, s/nº c/ Rua Gov. Raul da Veiga - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	14	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 10m	PV em frente à Elevatória Recreio
CLÓVIS SALGADO	Rua. Cel. Olívio Cesar Catoldi, s/n c/ Av. Teotonio Vilela - Recreio dos Bandeirantes - Rj	ND	35	2	10	Submersível	150 mm - DEFOFO - 500 m	PV na Avenida Gláucio Gil com Rua Clóvis Salgado
CÂMARA CASCUDO	Av. Luiz Câmara Cascudo, s/nº c/Av. Teotonio Vilela - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	15	2	10	Submersível	250 mm - DEFOFO - 560 m	Caixa de confluência da antiga ETE-Barra Bonita
HENFIL	Av. Henfil, s/nº Junto a Praça de Barra Bonita - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	70	2	30	Submersível	400 mm - DEFOFO - 350 m	Caixa de confluência da antiga ETE-Barra Bonita

Fonte: Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2020.

A Figura 4 apresenta as intervenções propostas relativas ao sistema de esgotamento sanitário inserido na região de estudo.

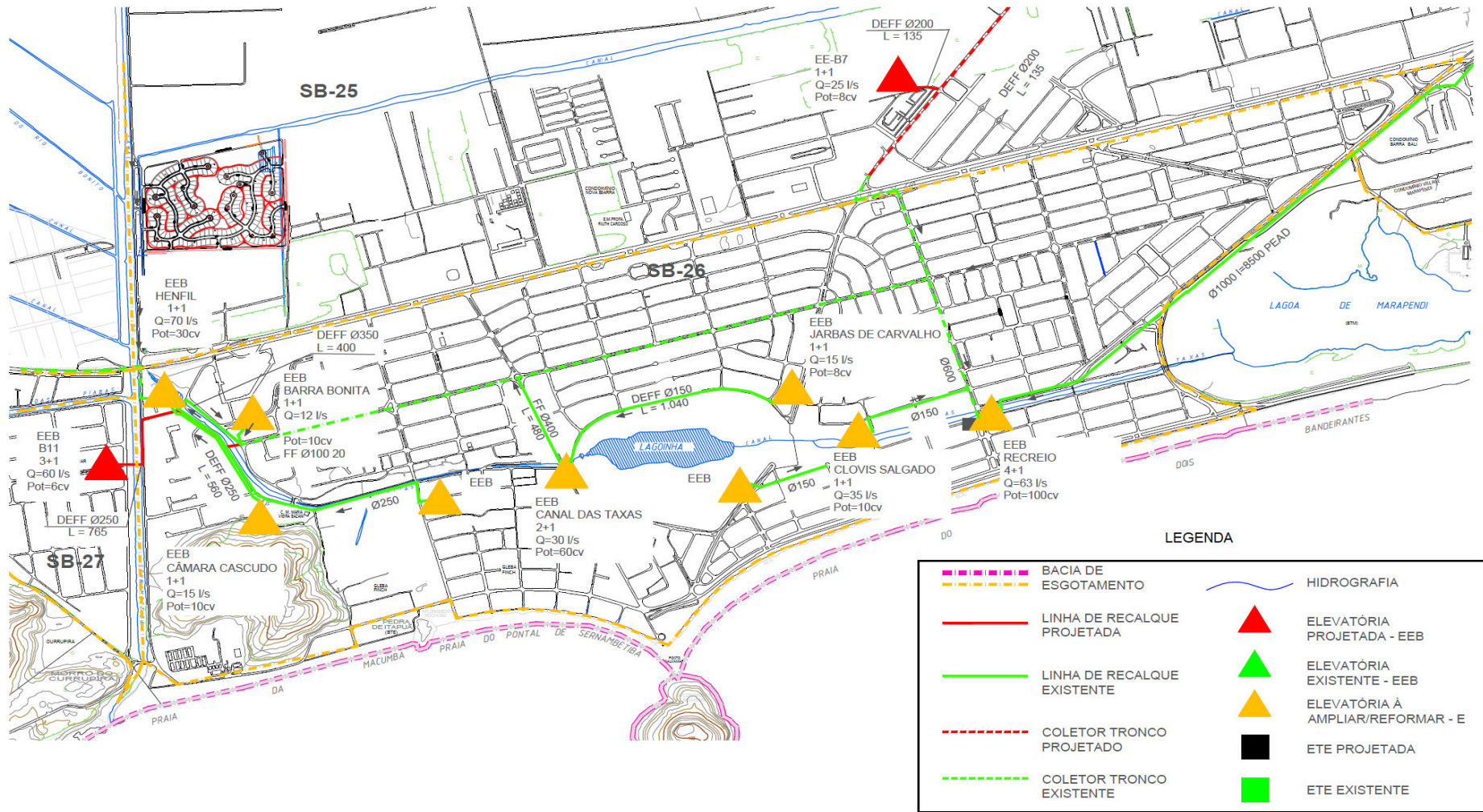


Figura 4: Diagnóstico e intervenções propostas para o sistema de esgotamento sanitário no entorno do Canal das Taxas
 Fonte: Adaptado de Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018

Fato importante destacado no PRM-RMRJ (2018) é a urgência da implantação de medidas para ampliação da coleta e tratamento do esgoto sanitário, levando em conta que mais da metade do esgoto gerado no Rio de Janeiro não passa por tratamento adequado, mesmo havendo disponibilidade nas estações de tratamento. O esgoto atualmente é lançado diretamente na natureza, seja no solo ou *in natura* nos cursos d'água que cortam o município, o que acarreta deterioração dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Guandu e da Baía de Guanabara.

O PRM-RMRJ (2018) prevê algumas obras para a Região 2 que incluem a reforma da ETE Barra da Tijuca e a construção de estações elevatórias de esgoto bruto (Tabela 2)

Tabela 2: Construção de estações elevatórias de esgoto bruto na área objeto de estudo

Denominação	Equipamentos	Vazão Total (L/s)	Potência Operacional (CV)
EE - J1	3 + 1	145	22
EE - J2	4 + 1	362	58
EE - J3	4 + 1	723	148
EE - J4	2 + 1	102	22
EE - J5	2 + 1	64	20
EE - J6	4 + 1	367	133
EE - B7	1 + 1	23	7
EE - B8	2 + 1	62	22
EE - B9	3 + 1	135	59
EE - B10	3 + 1	83	38
EE - B11	3 + 1	60	6

Fonte: Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018

Também consta no PRM-RMRJ (2018) algumas estações elevatórias de esgoto bruto a serem reformadas no Sistema Barra da Tijuca que se inserem na área objeto de estudo (Tabela 3).

Tabela 3: Características principais de estações elevatórias de esgoto bruto a serem reformadas no Sistema Barra da Tijuca e que se situam na área objeto de estudo

Denominação	Equipamentos	Vazão Total (L/s)	Potência Operacional (CV)
Câmara Cascudo	1 + 1	15	10
Henfil	1 + 1	70	30
Barra Bonita	1 + 1	12	10
Chico Mendes	1 + 1	15	8
Jarbas de Carvalho	1 + 1	15	8
Canal das Taxas	2 + 1	60	120
Benvindo de Novaes	1 + 1	13	8
Hermes de Lima	1 + 1	14	8
Clóvis Salgado	1 + 1	70	10
Eugênio Macedo	2 + 1	53	120

Fonte: Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018

Dentre as ações que compreendem a área objeto de estudo constam, como metas de curto prazo, as reformas das estações elevatórias Benvindo de Moraes, Hermes de Lima, Clóvis Salgado e Eugênio Macedo.

O PRM-RMRJ (2018) define ainda que, em relação à regulação dos serviços, a Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico (AGENERSA) é a responsável por regulamentar e fiscalizar a prestação dos serviços públicos de saneamento na área correspondente à concessão dos serviços prestados pela CEDAE, o que inclui os serviços de esgotamento sanitário. Caberá a AGENERSA o poder de recomendar ou determinar mudanças nos procedimentos, advertir e multar a Concessionária, com o objetivo de adequar ou aperfeiçoar a prestação dos serviços públicos à população de acordo com a norma em vigor e sua previsão.

Projeto de concessão regionalizada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário

Em 2018 foram elaborados diversos documentos para o Projeto de concessão regionalizada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro atualmente atendidos pela CEDAE. . A modelagem realizada com apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES dividiu municípios do interior do estado do Rio de Janeiro que aderiram ao projeto de concessão regionalizada juntamente com zonas de atendimento do município do Rio de Janeiro em quatro blocos, com o argumento de dar sustentabilidade econômico-financeira aos serviços e atrair empresas interessadas em realizar os serviços objeto da concessão, buscando a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário até 2033.

Neste item serão apresentadas disposições importantes relativas ao objeto de estudo que constam do Projeto de concessão mencionado, ressaltando que as questões aqui apontadas são aquelas que têm alguma relação com o objeto deste estudo especificamente.

O Anexo I apresenta a Minuta de Contrato de Concessão dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios do bloco e nele são definidas, dentre outras ações, as obrigações e direitos da concessionária vencedora da licitação pública.

Dentre as atribuições, pode-se destacar a responsabilidade pela prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas irregulares.

Conforme define o Plano, as áreas irregulares são as favelas e aglomerados subnormais assim definidos pelo Instituto de Urbanismo Pereira Passos por meio do Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (SABREN). Os investimentos a serem realizados nessas áreas não serão contabilizados como metas de universalização, estando adstritas à realização de investimentos no total de R\$ 258.175.000,00 nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos primeiros 20 (vinte) anos de vigência da concessão para a Região 2.

Importante destacar que o contrato define que, caso a concessionária não consiga realizar a totalidade do investimento previsto para cada quadriênio (período de 4 anos, com valor proporcional de $\frac{1}{4}$ do total previsto), ela poderá fazê-lo no próximo quadriênio, no limite máximo de 20 (vinte) anos ou reequilibrar o contrato.

As áreas irregulares que contarão com investimentos serão objeto de alinhamento entre o Estado e a AGENERSA, sendo priorizadas áreas que atendam aos requisitos de urbanização ou planejamento de urbanização pelo poder público e de maiores condições de segurança. A concessionária, a partir de tal alinhamento, deverá elaborar um plano de ações priorizando os investimentos no sistema de esgotamento sanitário, sempre que possível.

A concessionária disporá de prazo de 180 (cento e oitenta) dias para apresentar o Plano de Ação após a assinatura do Termo de Transferência do Sistema.

Outro ponto importante que consta na Minuta do Contrato de Concessão relaciona-se à incorporação de obras geridas pelo Estado e/ou pelo Município ao sistema da concessionária após a celebração do contrato, que consta no Item 13.9:

13.9 Fica ajustado que as obras geridas pelo ESTADO e/ou pelo MUNICÍPIO participante da prestação regionalizada, que reduzam os custos de investimentos da CONCESSIONÁRIA que porventura venham a ser incorporados ao SISTEMA, após a celebração deste CONTRATO, por determinação do ESTADO, poderão gerar um desequilíbrio contratual em favor deste.

13.9.1. A incorporação no SISTEMA de obras realizadas pelo ESTADO, pelos MUNICÍPIOS ou pela REGIÃO METROPOLITANA participantes da prestação regionalizada poderão ser implementada por meio de modificação unilateral, nos termos da cláusula 33.2.2. deste CONTRATO.

13.9.2. Para os efeitos da cláusula 13.9.1. e do cumprimento da cláusula 33.2.8., deverá ser considerado, para os fins de incorporação das referidas obras no objeto do CONTRATO, a manifestação prévia da CONCESSIONÁRIA quanto à sua factibilidade física e financeira, às condições técnicas para tanto e eventuais impactos econômico-financeiros à CONCESSÃO, incluindo a necessidade de reforma ou conclusão das instalações transferidas. (Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018)

Vale mencionar também a cláusula 13.11 da minuta do contrato de concessão que trata da execução de obras não previstas inicialmente no Plano Metropolitano:

13.11. Qualquer alteração na forma de execução das OBRAS DE APERFEIÇOAMENTO DO SISTEMA ou no cronograma de investimentos e obras da CONCESSIONÁRIA, devido a interferência externas, como alteração de PLANO METROPOLITANO DE ÁGUA E ESGOTO ou PLANOS MUNICIPAIS DE ÁGUA E ESGOTO, solicitação da AGÊNCIA REGULADORA, do MUNICÍPIO, do INSTITUTO RIO METRÓPOLE ou do ESTADO, entre outros entes, poderá causar desequilíbrio contratual inicialmente estabelecido entre as PARTES, cuja comprovação depende de iniciativa da CONCESSIONÁRIA. (Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018)

Importante destacar aqui que, caso derivem do presente estudo propostas que não estejam contempladas no Plano Metropolitano, é possível que as mesmas causem desequilíbrio contratual e haja aplicação da cláusula em questão.

Termo de Compromisso firmado entre a CEDAE e o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro

Em 03 de junho de 2020 foi firmado um Termo de Compromisso entre a CEDAE e o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro (MPRJ), referente aos serviços de esgotamento sanitário prestados na AP-4, a fim de apurar duas situações: a) a existência de rede ociosa, alegando que não há ligações das unidades prediais ao sistema da concessionária existente na região AP-4 (Inquérito Civil MA 8928) e b) deficiência na operação das estações elevatórias de esgoto (EEE) também na Área de Planejamento AP-4 (Inquéritos Civis MA 8908 e 8847).

Dentre os compromissos firmados entre as partes, ressaltam-se os seguintes:

- 1) A apresentação de um diagnóstico pela CEDAE no prazo de 180 (cento e oitenta) dias, de documentos e informações referentes à vazão de esgoto na área formal da AP-4 com sua respectiva memória de cálculo, às unidades que se situam em áreas passíveis de conexão à rede de esgotamento sanitário existente, por meio de identificação cartográfica e, por fim, às notificações expedidas pela concessionária em face dos usuários onde já há infraestrutura capaz de receber a ligação à rede formal por meio de cópia das notificações.
- 2) Com relação à reforma e manutenção das estações elevatórias de esgoto (EEE), a compromissária deverá disponibilizar as informações referentes ao índice de continuidade operacional das EEE quadrimestralmente. Além disso a compromissária também é obrigada a elaborar estudos, projetos, cronogramas físico-financeiros e processos licitatórios para intervenções constantes no ANEXO I do referido Termo de Compromisso, contemplando obras e serviços de natureza civil e eletromecânica nas EEE da AP-4, além de reformas e adequações para o adequado funcionamento do sistema. Em adição, a compromissária possui a obrigação de manter em perfeito funcionamento os geradores de energia elétrica instalados nas EEE Olímpadas, Marapendi e Recreio no prazo de 20 (vinte) meses, e geradores de energia elétrica em determinadas EEEs.
- 3) Há algumas obrigações adicionais com relação à transparência de informações com a publicação de divulgação das mesmas no website da concessionária, bem como

realização de campanhas para incentivar a ligação de unidades à rede formal de esgotamento sanitário.

Por fim, ressalta-se que estão previstas multas, caso a concessionária não execute os compromissos firmados, sendo que tais valores serão revertidos ao Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano – FECAM, **ou, a critério e anuência de ambas as partes, em obra ou serviço que beneficie diretamente as comunidades afetadas pela não execução da intervenção originária.**

Plano de Manejo do Parque Natural Municipal Chico Mendes

O atual Parque Natural Municipal Chico Mendes foi criado em 08 de maio de 1989, por meio do Decreto Municipal nº 8.452. Seu plano de manejo foi elaborado em 2014. O Plano de manejo apresenta o diagnóstico ambiental, social e econômico da área e as definições quanto ao seu zoneamento e usos permitidos para cada zona.

Seu diagnóstico evidencia os principais impactos causados pela infraestrutura insuficiente de saneamento básico no entorno do Parque, levando à degradação da qualidade ambiental do Canal das Taxas que deságua na Lagoinha, principal corpo hídrico na área do Parque que possui atualmente uma área de 0,7 km². A baixa qualidade da água devido aos esgotos que chegam indiretamente pelo Canal das Taxas e também atingem diretamente a lagoa produz efeitos muito adversos na ictiofauna. Também há presença de lixo e entulhos que comprometem a saúde e a sobrevivência de espécies de répteis e anfíbios. O lançamento de esgoto in natura reduz a sobrevivência das espécies aquáticas e das que necessitam do ambiente aquático para trocas metabólicas, afeta negativamente a diversidade de presas disponíveis e também intoxica anfíbios e peixes, constituindo-se em uma grande ameaça ao ecossistema.

A grande quantidade de sedimentos anóxicos depositados no fundo da lagoa e considerando que as profundidades raramente ultrapassam dois metros, dificultam o processo de restauração da lagoa (ESTEVES, 2011 apud DETZEL CONSULTING, 2014). O Plano de Manejo apresenta tal situação citando que, mesmo após o controle dos afluentes, com a remobilização dos sedimentos depositados em função das chuvas e ventos fortes típicos da região que ocorre frequentemente, tais eventos causarão a retroalimentação do processo de eutrofização. Uma saída seria o controle das macrófitas existentes, uma vez que as mesmas fazem o processo de utilização dos nutrientes, e que deveriam ser podadas em frequência adequada e havendo o controle dos resíduos gerados. A Figura 5 apresenta um retrato atual da lagoa tomada pelas macrófitas que, atualmente, cobrem 100% de seu espelho d'água, em particular a espécie conhecida como gigoga ou aguapé (*Eichhornia crassipes*).



Figura 5: Vista panorâmica da Lagoinha, em 12/07/2021.

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

O Volume 2 que trata do Planejamento apresenta o zoneamento da unidade de conservação para o qual foram definidas duas zonas - zonas de preservação e de conservação (Tabela 4) e quatro áreas - de recuperação, de visitação, de uso especial e de uso conflitante (Tabela 5).

Tabela 4: Zonas instituídas no zoneamento do PNM Chico Mendes

ZONAS REFERENTES AO PNM CHICO MENDES	ÁREA (HA)	% EM RELAÇÃO À ÁREA DA UC.
PNM CHICO MENDES	40,646	100%
• ZC - Zona Conservação	7,439	18,29 %
• ZP - Zona de Preservação	33,217	81,71 %
TOTAL	40,646	100 %

Fonte: Detzel Consulting, 2014.

As delimitações das zonas de Conservação e Preservação podem ser visualizadas na Figura 6.

A Zona de Preservação é aquela destinada à preservação dos ecossistemas, por meio da proteção do habitat de espécies residentes, migratórias, raras, endêmicas, e/ou ameaçadas de extinção, bem como à garantia da perenidade dos recursos hídricos, das paisagens e das belezas cênicas, da biodiversidade e dos sítios arqueológicos. Seu objetivo básico é a preservação dos ecossistemas e dos processos ecológicos responsáveis pela manutenção da biodiversidade (DETZEL CONSULTING, 2014). Para esta zona são admitidas as atividades de pesquisa científica; monitoramento ambiental, principalmente das áreas mais frágeis; proteção (em casos de evidência de caça, pesca ou fogo). Tais atividades não poderão alterar nem comprometer a integridade dos recursos naturais. Da forma como está aprovado hoje no Plano de Manejo, não será permitida a instalação de qualquer nova infraestrutura permanente nesta zona. Dentre outras normas, foi também definido que os esgotos deverão receber tratamento adequado para não contaminar corpos hídricos, nascentes e drenagens, prevendo-se tratamento com tecnologias alternativas de baixo impacto e que não será permitida a disposição de resíduos sólidos e líquidos nesta zona (DETZEL CONSULTING, 2014).

A Zona de Conservação é destinada à conservação dos ecossistemas e da biodiversidade associada, com potencial para recuperação ou regeneração futura, admitindo uso indireto. Constitui-se como uma zona de transição entre a ZP e demais áreas. Nela são admitidas

atividades de pesquisa científica, proteção e educação ambiental. Importante citar que, dentre as permissões admite-se que, nesta zona, eventualmente, poderão existir instalações necessárias à fiscalização e controle das atividades permitidas. Da forma como está aprovado atualmente, o Plano de Manejo admite somente que as instalações permanentes permitidas deverão ser apenas para fins de controle erosivo (obras geotécnicas). (DETZEL CONSULTING, 2014)

Zonas de Conservação e Preservação Instituídas no PNM Chico Mendes

Adaptado de Detzel Consulting, 2014.



Figura 6: Zonas de Conservação e Preservação instituídas no PNM Chico Mendes
Fonte: Adaptado de Detzel Consulting, 2014.

Tabela 5: Áreas instituídas no zoneamento do PNM Chico Mendes

ÁREAS REFERENTES AO PNM CHICO MENDES	ÁREA (HA)	% EM RELAÇÃO À ÁREA DA UC.
PNM CHICO MENDES	40,646	100 %
ÁREAS RECUPERAÇÃO		
• AR 1 - Banco de Areia	0,339	0,83 %
• AR 2 - Canal das Taxas	1,721	4,23 %
• AR 3 - Trilha do Sabiá	0,188	0,46 %
• AR 4 - Trilha da Garça Branca	0,068	0,17 %
• AR 5 - Clube Municipal	0,992	2,44 %
TOTAL	3,308	8,14 %
ÁREAS DE VISITAÇÃO		
• AV 1 - Estacionamento, Parquinho, Sede do Parque, Centro de Visitantes e o Recinto dos Jabutis.	0,210	0,52 %
• AV 2 - Recinto dos Animais, incluído no Circuito Oeste de trilhas.	0,042	0,10 %
• AV 3 - Circuito Leste (trilhas da Lagoinha, Preguiça, Figueira, Teú e Tiê-sangue) e Circuito de Oeste (trilhas da Torre, Jacaré, Garça-Branca, Sabiá e Pau-Brasil)	0,373	0,92 %
TOTAL	0,625	1,54 %
ÁREAS USO ESPECIAL		
• AUE 1 - Sede do PNM Chico Mendes e Biotério	0,037	0,09 %
• AUE 2 - Torre de Observação	0,001	0,00 %
TOTAL	0,038	0,09 %
ÁREAS USO CONFLITANTE		
• AUC - Clube Municipal	0,992	2,44 %
TOTAL	0,992	2,44 %

Fonte: Detzel Consulting, 2014.

Dentre as áreas elencadas, é importante citar as áreas de recuperação, especificamente a Área de Recuperação 2 - Canal das Taxas. É estabelecido no plano de manejo que as áreas de recuperação são aquelas que se encontram degradadas ou em processo de recuperação, sendo que quando estas forem recuperadas, deverão ser novamente incorporadas em uma das zonas da UC. O manejo nessas áreas deverá ter como objetivo a detenção da degradação ambiental e a restauração ou recuperação da biota.

As atividades permitidas nessas áreas são pesquisa científica, monitoramento ambiental, proteção, fiscalização e educação e interpretação ambiental. É destacado no plano de manejo que a recuperação dos ecossistemas deverá ser, prioritariamente, por meio do método de regeneração natural, e quando esta ocorrer de maneira induzida, dependerá de projeto específico a ser aprovado pela SMAC.

Dentre as normas citadas no plano, ressaltam-se as seguintes:

- I. Somente será permitido o método de recuperação de áreas degradadas por meio de manejo ecológico com uso de espécies autóctones ou por regeneração natural das áreas perturbadas ou degradadas, neste caso quando houver pouco conhecimento das áreas em questão ou quando for avaliado, tecnicamente, que seja a melhor solução;
- II. Nas revisões seguintes o método utilizado poderá ser o de recuperação induzida, mediante projeto específico devidamente aprovado e autorizado pela SMAC/CPA/GUC;

- III. Na recuperação induzida somente poderão ser usadas espécies autóctones, devendo ser erradicadas as espécies exóticas porventura existentes;
- IV. É proibida a utilização de qualquer tipo de fertilizante químico e/ou agrotóxicos para a recuperação das áreas degradadas;
- V. As áreas em recuperação deverão ser acompanhadas por meio do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas constante do Plano Setorial de Manejo de Recursos Naturais;
- VII. Não poderão ser instaladas infraestruturas, com exceção daquelas provisórias e necessárias aos trabalhos de recuperação, pesquisa científica e monitoramento ambiental;
- VIII. Os resíduos sólidos gerados nessas instalações terão o mesmo tratamento citado na área de visitação.

A Figura 7 apresenta as áreas de uso especial (AUE), áreas de visitação (AV), áreas de uso conflitante (AUC) e áreas de recuperação (AR) instituídas no zoneamento do PNM Chico Mendes. De acordo com o Plano de Manejo, a definição das áreas supracitadas é dada da seguinte forma: a) Áreas de Visitação - AV: constituídas por áreas naturais ou alteradas pelo homem, que podem conter infraestruturas com equipamentos compatíveis à UC que viabilizem a visitação; b) Áreas de Uso Especial - AUE: são as áreas necessárias à gestão da UC, compreendendo infraestrutura administrativa e de controle e fiscalização da UC, devendo sempre que possível serem localizadas na periferia da UC e não conflitarem com seu caráter natural; c) Área de Uso Conflitante - AUC: são áreas em que seus usos são conflitantes com os objetivos de conservação do parque, mas foram estabelecidas antes da criação da UC, tais como áreas de utilidade pública - estradas consolidadas e linhas de transmissão, obras e equipamentos, e inclusive áreas com ocupação humana e áreas de cultivo.

Outra área importante a se destacar é a zona de amortecimento – ZA (Figura 8), a qual é delimitada para cada Unidade de Conservação em seu plano de manejo e deve ser adjacente e contígua à UC. A ZA do PNM Chico Mendes foi delimitada no plano de manejo utilizando-se como referência inicial, um limite de 3 km ao redor da UC, com base na Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. Tal resolução também determina que empreendimentos de significativo impacto ambiental, que possam afetar a UC e sua ZA, só poderão ser licenciados com fundamentação em estudo de EIA/RIMA, mediante autorização do órgão responsável pela administração da UC. Além disso, as atividades humanas devem submeter-se à normas e restrições específicas a fim de minimizar os possíveis impactos negativos sobre a UC, conforme a Lei nº 9.985/2000.

Consta ainda no plano de manejo que, com base no Roteiro Metodológico do INEA (2010) para a definição da ZA, foram redefinidos os limites da ZA para que estes fossem refinados e ajustados de acordo com critérios estabelecidos no documento do INEA, portanto sua delimitação pode ser superior ou inferior aos 3 km.

Importante destacar que **o licenciamento de qualquer atividade na Zona de Amortecimento que envolva alteração do perfil do terreno, desassoreamento, escavação ou qualquer interferência no lençol freático deverá ser avaliado e aprovado pelo Órgão Gestor da Unidade de Conservação**, assim como a normativa de que a disposição de resíduos e/ou efluentes de qualquer natureza deverá seguir as normas legais, estabelecidas para os casos específicos, e as normas do plano de manejo (DETZEL CONSULTING, 2014).

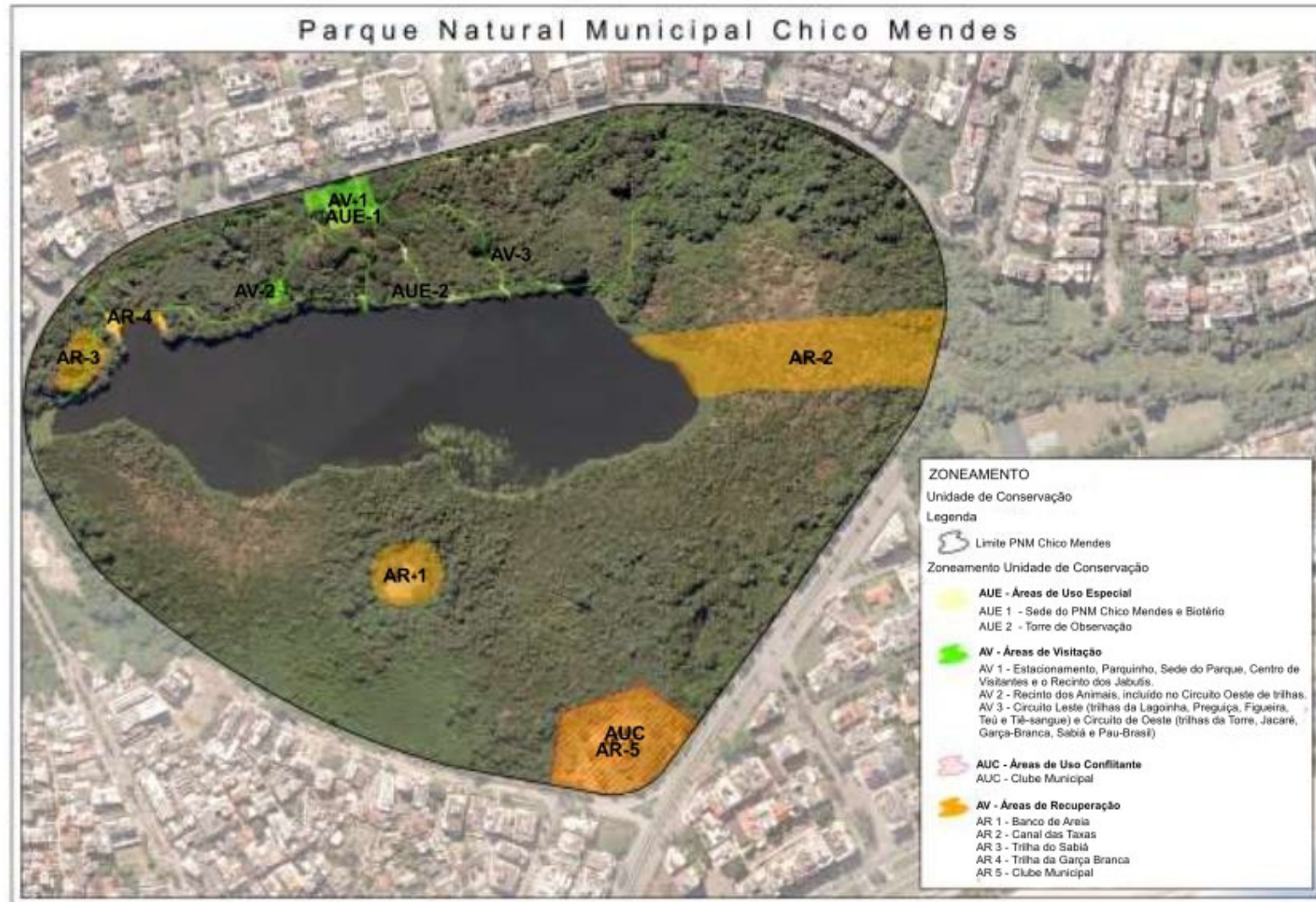


Figura 7: Áreas correspondentes ao PNM Chico Mendes

Fonte: Adaptado de Detzel Consulting, 2014.



Figura 8: Zona de amortecimento do PNM Chico Mendes

Fonte: Adaptado de Detzel Consulting, 2014.

Os programas e ações definidos no Plano de Manejo estão elencadas dentro do Plano Setorial de Manejo de Recursos Naturais, que objetiva “manter a integridade ecológica dos ecossistemas do PNM Chico Mendes por meio de ações de manejo para conservação e/ou recuperação dos recursos naturais”.

Dentre os diversos programas que o compõem, serão destacados aqui os Programas de Manejo de Bacias Hidrográficas e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.

O PROGRAMA DE MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS objetiva propor e implementar ações efetivas de recuperação do corpo hídrico do PNM Chico Mendes.

As atividades que o compõem:

- 1) Promover, junto aos órgãos competentes, o controle rigoroso do aporte de efluentes domésticos que deságuam na Lagoa das Taxas, com recolhimento e tratamento efetivo dos esgotos provenientes das residências, em geral de baixa renda, que circundam o Parque e que atingem as águas da lagoa via Canal das Taxas.
- 2) Promover, junto aos órgãos competentes, a eliminação imediata das fontes de poluição difusas oriundas dos canais de escoamento pluvial que drenam para o interior da Lagoa das Taxas.**
- 3) Incorporar as informações obtidas ao banco de dados do Parque, com o objetivo de auxiliar nas ações de manejo das bacias hidrográficas.

Como resultados espera-se que haja:

- Aumento da qualidade ambiental da Lagoa das Taxas.
- Manutenção da vida aquática dulcícola em parâmetros de sustentabilidade.
- Ecossistema aquático e recurso hídrico protegido.

São definidos como indicadores:

- Número de estudos sobre a Lagoa das Taxas realizados no Parque.
- Quantidade de parâmetros de qualidade da água, dentro dos padrões preconizados pela legislação vigente, monitorados.
- Número de medidas de manejo adotadas.
- Quantidade de informações sobre o tema inserido no banco de dados da UC.

O Programa de Recuperação de Áreas Degradadas objetiva propor e implementar ações efetivas de recuperação das áreas degradadas do PNM Chico Mendes.

Como objetivos específicos são elencados: a) Assegurar a manutenção da diversidade biológica e dos processos naturais nas áreas do Parque e b) Recuperar as características biofísicas da faixa marginal de proteção da Lagoa das Taxas.

Atividades propostas são:

- 1) Elaborar projeto específico de recuperação das áreas degradadas no interior do Parque, abrangendo todas as áreas consideradas como Áreas de Recuperação neste Plano de Manejo. Nos projetos de recuperação deverão ser contempladas espécies vegetais locais mais atrativas à fauna.
- 2) Formalizar convênios com universidades e demais instituições de pesquisa que desenvolvam projetos nessa área do conhecimento.
- 3) Promover a recuperação do banco de areia localizado na ZP, ocorrendo a eliminação de espécies exóticas e exóticas invasoras vegetais.

- 4) Promover a recuperação da área do Clube Municipal, com a retirada de espécies exóticas e exóticas invasoras, e substituição por espécies nativas.
- 5) Incorporar as informações obtidas ao banco de dados do Parque, com o objetivo de auxiliar nas ações de recuperação das áreas do Parque e entorno.

São esperados como resultados:

- Projeto específico para prevenção, controle ou eliminação de plantas exóticas e exóticas invasoras elaborado e implantado.
- Áreas degradadas recuperadas em todo o PNM Chico Mendes.
- Diminuição do solo exposto no Parque.

São definidos como indicadores:

- Porcentagem em hectares de áreas recuperadas anualmente.
- Número de projetos de recuperação realizados.
- Número de convênios, com universidades e instituições de pesquisa, firmados.
- Quantidade de informações sobre o tema inserido no banco de dados da UC.

Embora esses sejam os programas principais relativos ao objeto do estudo, os demais programas, como o Programa de Manejo de Fauna, Programa de Manejo de Flora, o Programa de Relações Públicas, Programa de Educação Ambiental e Integração com o Entorno e Programa de Incentivo às Alternativas de Desenvolvimento serão impactados com a melhoria da qualidade das águas do Canal das Taxas e da Lagoinha, contribuindo com a redução das ameaças à flora e fauna, gerando impactos positivos na perpetuação de espécies e possivelmente, ampliando a diversidade ecológica atualmente existente, podendo inclusive melhorar a relação da comunidade no entorno do Parque com os gestores da unidade de conservação.

2.1.4 Conclusão

A avaliação do arcabouço legal inerentes ao esgotamento sanitário na área objeto do estudo permite concluir que são necessárias medidas urgentes para a mudança do cenário posto e melhoria da qualidade ambiental do Canal das Taxas e conseqüentemente da Lagoa das Taxas (Lagoinha) e de todo meio biótico do Parque Natural Municipal Chico Mendes.

Percebe-se que algumas medidas importantes referentes ao esgotamento sanitário da área de estudo já constam no documento do Projeto de concessão regionalizada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro atualmente atendidos pela CEDAE, no entanto, outras medidas além serão apontadas neste documento.

Sem a adoção de um sistema de tratamento das águas oriundas do Canal das Taxas e de outros sistemas de águas pluviais que aportam diretamente na Lagoinha, que já constam no Plano de Manejo do PNMC, não será possível sua recuperação.

2.2. Caracterização da área de estudo

2.2.1 Aspectos Institucionais

A seguir são apresentados os atores institucionais relacionados à área de estudo

. **Fundação Rio Águas**

A Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (Rio-Águas), órgão vinculado à Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade, tem como finalidade gerir e supervisionar as atividades referentes ao manejo de águas pluviais, à prevenção e controle de enchentes e ao saneamento da Cidade do Rio de Janeiro, de acordo com sua área de atuação.

O órgão também atua como regulador e fiscalizador do contrato de concessão dos serviços de esgotamento sanitário na Área de Planejamento 5, na Zona Oeste do Rio, competência atribuída pela lei instituidora e pelo Decreto 33.767 de 6 de maio de 2011.

. **Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá**

O Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, foi instituído pelo Decreto Estadual nº 38.260 de 16 de setembro de 2005, cuja redação foi alterada pelo Decreto Estadual nº 45.462 de 25 de novembro de 2015.

A Missão do Comitê é Integrar os esforços do Poder Público, dos Usuários e da Sociedade Civil, para soluções regionais de proteção, conservação e recuperação dos corpos de água, viabilizando o uso sustentado dos recursos naturais, a recuperação ambiental e a conservação dos corpos hídricos quanto aos aspectos de quantidade e qualidade das águas da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara.

. **Conselho Consultivo do Parque Natural Municipal Chico Mendes**

O Conselho Consultivo do Parque Natural Municipal Chico Mendes foi instituído pela Resolução SMAC n.º 580 de 9 de dezembro de 2014 (RIO DE JANEIRO, 2015). Atualmente é composto por:

- . Mariana de Andrade Bello - Gestora PNM Chico Mendes presidente do Conselho - SMAC (Secretaria Municipal de Meio Ambiente)
- . Alexandre Moreira - SMAC/3ªGTR (membro secretário executivo)
- . Vitor Sardinha Caldas - CEDAE (membro titular)
- . Luiz Cláudio Santos - RIO ÁGUAS (membro titular)
- . Márcia Reis – Lions Clube (membro titular)
- . Cátia Rocha - Associação Comercial do Recreio e Vargens ACIR (membro titular)
- . Antônio Melo – Associação dos Moradores do Recreio - AMOR (membro suplente)
- . Leonardo Canto - CEDAE (membro suplente)

Suas atribuições são definidas no Art. 3º do Decreto nº 30.031 de 10 de novembro de 2008 (RIO DE JANEIRO, 2008). Dentre elas, pode-se destacar as seguintes:

- II — acompanhar a elaboração, implantação e revisão do Plano de Manejo da unidade de conservação, garantindo seu caráter participativo e sugerindo ações para seu aperfeiçoamento;

IV — estimular a articulação dos órgãos públicos, organizações da sociedade civil, população residente e do entorno, e iniciativa privada, para a concretização dos planos, programas e ações de proteção, recuperação e melhoria dos recursos e serviços ambientais existentes;

VIII — manifestar-se sobre obra ou atividade potencialmente causadora de impacto na unidade de conservação, em sua zona de amortecimento, mosaicos ou corredores ecológicos;

X — auxiliar na captação de recursos complementares para a efetiva implantação do Plano de Manejo e otimização dos serviços ambientais e usos permitidos na unidade (RIO DE JANEIRO, 2008).

INEA

O Instituto Estadual do Ambiente (Inea) é uma entidade integrante da Administração Pública estadual indireta, vinculada à Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS). Sua criação teve como objetivo tornar mais eficiente a preservação do meio ambiente do Estado do Rio de Janeiro, a partir da fusão de três órgãos: a Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (FEEMA), a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Compete ao Inea executar as políticas estaduais de meio ambiente, recursos hídricos e recursos florestais adotadas pelos poderes Executivo e Legislativo do Estado do Rio de Janeiro. O Instituto integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Áreas de Planejamento

A cidade do Rio de Janeiro conta com 5 (cinco) áreas de Planejamento. As Áreas de Planejamento, apresentadas na Figura 9, foram delimitadas pelo Plano Urbanístico Básico, em 1976, com o objetivo de identificar características homogêneas que orientassem grandes subdivisões do espaço territorial

Áreas de Planejamento

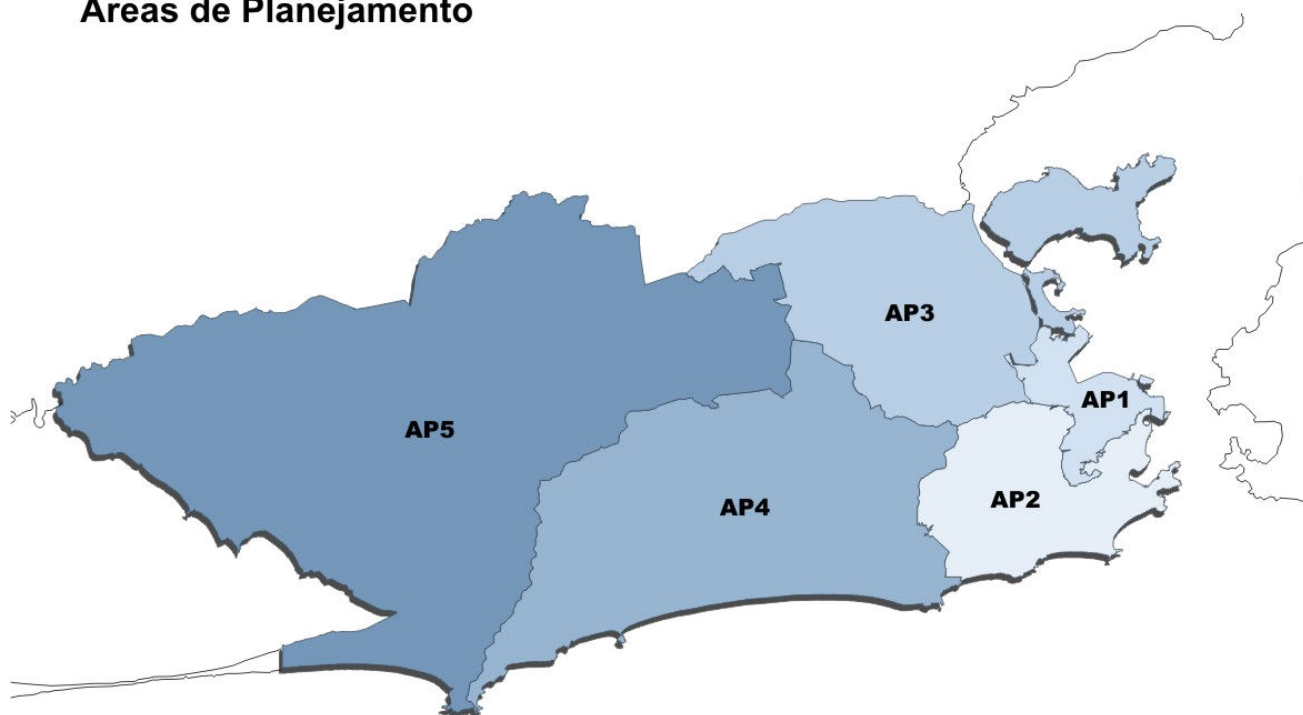


Figura 9: Localização das Áreas de Planejamento, conforme a Prefeitura do Rio de Janeiro.

Fonte: PCRJ, 2015

Conforme anteriormente mencionado, o Canal das Taxas está situado na AP4, a qual, englobando a Barra da Tijuca e Jacarepaguá, constitui-se na zona de expansão urbana mais recente. Apesar desta área se caracterizar por alto padrão imobiliário, tem-se registrado, nos últimos anos, um crescimento da habitação popular em favelas e loteamentos. De acordo com informações do censo de 2010, o Instituto Pereira Passos (IPP) fez uma estimativa de população em aglomerações subnormais (favelas) da região (ver Figura 10), como mostrado na Figura 10 e na Tabela 6.



Figura 10: Aglomerados subnormais (favelas) e respectivos topônimos, conforme cadastrado no IPP, no entorno do Canal das Taxas. Adaptado de arcgis.com

Fonte: IPP- Instituto Pereira Passos e SABREN - Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (2021)

Tabela 6: População nos aglomerados subnormais na área do Projeto, conforme Figura 10

Ano	Favelas e Códigos de Cadastro IPP/Sabren			
	Canal das Taxas (Terreirão)	Vila Amizade	Rua 8W	Parque Chico mendes
	367	457	548	556
2000	1458	885	197	1243
2010	4562	1424	474	3387

Fonte: IPP- Instituto Pereira Passos e SABREN - Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (2021)

2.2.2 Geologia

De acordo com os dados obtidos na carta SF23-Z-B-IV (CPRM, 2012) (Figura 11), o Canal das Taxas situa-se em uma zona de Depósitos colúvio-aluvionares – Qca (CPRM, 2012). Estes constituem a maior área de cobertura cenozóica da Folha Baía de Guanabara. Na margem oceânica, são encontrados entre as lagoas e os sopés dos maciços costeiros. São localizados, de leste para oeste, nos arredores e da lagoa de Itaipu, no sopé das serras Grande e Tiririca e margens da lagoa de Piratininga; nos cursos que drenam para a lagoa Rodrigo de Freitas (rios Macacos, Rainha e Cabeças); e na bacia hidrográfica de Jacarepaguá, entre os sistemas lagunares e os sopés dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca. Os depósitos aluvionares são constituídos de areias e cascalhos, com camadas subordinadas de argilitos de planície de inundação e meandros abandonados. As

areias são quartzosas ou quartzo-feldspáticas, dependendo do grau de retrabalhamento e posição em relação às áreas serranas.

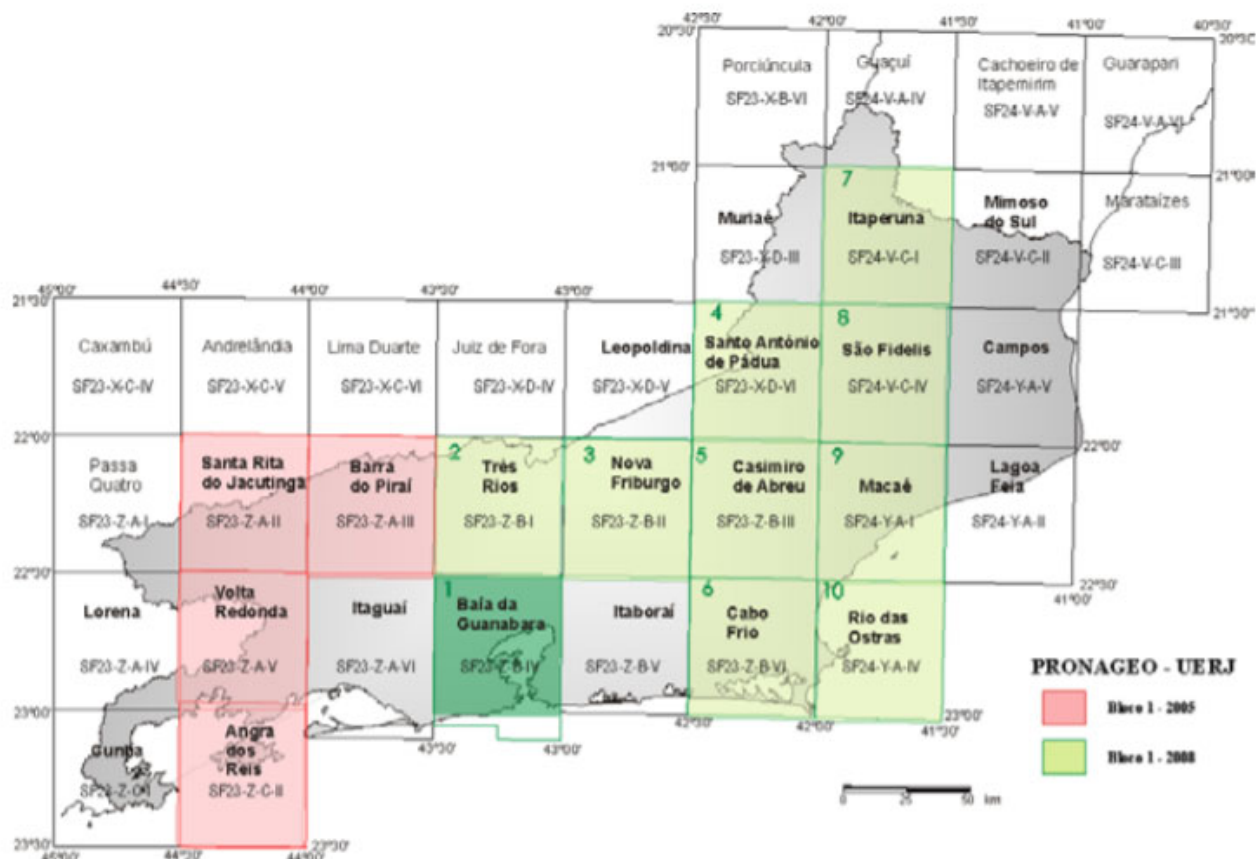


Figura 11: Localização da Folha Baía de Guanabara (escala 1:100.000, SF23-Z-B-IV (CPRM, 2012))

A região do entorno do canal das Taxas é caracterizada como Depósitos praias marinhos e/ou lagunares - Q2pml. Estes depósitos caracteristicamente ocorrem sob a forma de cordões arenosos ao longo do litoral oceânico, perfazendo toda a sequência de praias, dentre as quais se destacam: Macumba, Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca, Joatinga, São Conrado, Leblon-Ipanema, Copacabana, a oeste da Baía de Guanabara, e Piratininga, Camboinhas, Itaquatiara e Itaipuaçu, do lado leste, em Niterói. Os depósitos praias oceânicos se constituem de areia média a grossa com extremo grau de maturidade textural e mineralógica (com boa seleção e ótimo arredondamento)

Do ponto de vista do objeto deste diagnóstico, as informações apresentadas significam um solo de características arenosas e com grande capacidade de absorção e transporte horizontal pelos lençóis freáticos.

A drenagem se vê grandemente afetada com a impermeabilização dos solos.

O esgotamento sanitário, por outro lado, quando feito por sistema de fossa e filtro, tem um alcance maior de dispersão horizontal, não sendo recomendado o uso de poços artesianos devido ao risco de contaminação.

2.2.3 Topografia e relevo

O Recreio dos Bandeirantes, no qual o Canal das Taxas está inserido, está situado, em termos de relevo, na baixada do Maciço da Pedra Branca, onde está localizado o Parque Estadual da Pedra Branca que é considerado a maior reserva florestal em área urbana no mundo (ver Figura 12). Compreende um total de

12.500 hectares, onde se destaca o Pico da Pedra Branca, ponto culminante da Cidade com 1025 metros de altitude.

O Bairro do Recreio tem um nível médio entre 2 e 6m acima do nível do mar. Na região do Canal das Taxas as cotas variam entre 2 e 5 m.

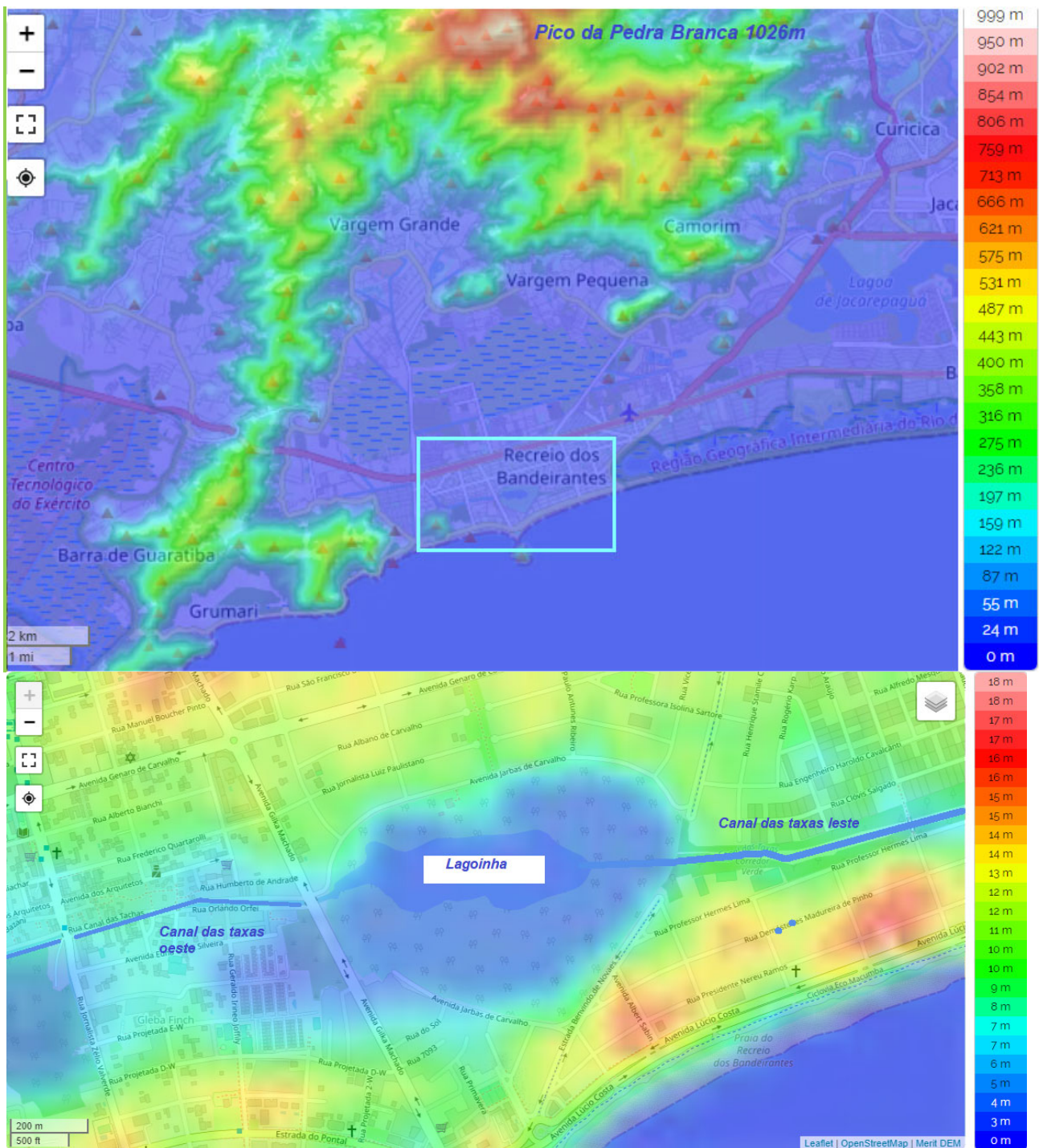


Figura 12: Localização do Bairro do Recreio dos Bandeirantes, na Baixada do Maciço da Pedra Branca e, abaixo, detalhe com a localização da área de projeto compreendendo o Canal das Taxa e Lagoinhas.

Fonte (<https://pt-br.topographic-map.com/maps/deol/Parque-Estadual-da-Pedra-Branca/>, acessado em novembro/2021)

2.2.4 Aspectos climáticos

De acordo com o Plano de Saneamento da cidade do Rio de Janeiro (PMSB-MAP,2009), a situação de cidade do Rio de Janeiro, de feição litorânea, é caracterizada pela presença de formações montanhosas que separam as zonas de baixada entre si, criando área de isolamento quanto à circulação dos ventos e massas de ar, conferindo à cidade uma complexidade climática acirrada pelo processo de urbanização.

O município caracteriza-se pelo clima tropical, quente e úmido, e suas variações. As temperaturas apresentam pequena variação anual, estando as mais quentes no interior e as mais frias no litoral e nas altitudes mais elevadas. As precipitações situam-se entre 1.100 e 2.100 mm anuais com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Tendo por base dados disponíveis na estação climatológica principal do Rio de Janeiro (Jardim Botânico) a Tabela 7 apresenta os valores médios (1851 a 1990) de precipitação, o número de dias chuvosos e a temperatura.

Tabela 7: Precipitação, nº de dias de chuva e temperatura.

Período	Precipitação (mm)	Nº de dias de chuva	Temperatura (°C)
Verão	397	38	25.5
Outono	322	31	23.9
Inverno	144	21	20.9
Primavera	244	34	22.3
TOTAL	1107	124	23.2

Fonte: PCRJ, 2015, apud PMS-MAP, 2009

O clima está sujeito à influência de fatores estáticos como relevo e posição, e fatores dinâmicos como sistemas de circulação atmosféricas intertropicais e polares. A ocorrência de chuvas está associada principalmente à atuação das massas de ar Tropical Atlântica, quente e úmida

, e Polar Atlântica, fria e seca. A topografia bastante acidentada favorece as precipitações, devido à ascendência orográfica das massas de ar quente e úmido e consequente resfriamento, principalmente quando ocorre a passagem de correntes perturbadas.

O município é caracterizado também pelas brisas marítimas e terrestres. As marítimas têm direção sul-sudoeste e sopram principalmente de setembro a abril. As brisas terrestres têm direção norte-noroeste e sopram com maior intensidade no inverno.

A posição marítima e a intensa radiação solar associadas à urbanização determinam uma forte e constante concentração dos núcleos de condensação nas partes baixas da atmosfera, contribuindo para o aumento de chuvas quando ocorrem frentes frias e outros fenômenos de ascendência dinâmica.

Devido à diversidade hidrológica da região, não há uma única equação de chuva intensa que represente o Município como um todo. Assim, em função da necessidade de realização de estudos e projetos e a disponibilidade de dados pluviográficos, foram criadas ao longo do tempo equações de Intensidade-Duração-Frequência, identificadas com a área estudada.

2.2.5 Estudos hidrológicos e de caracterização dos corpos hídricos

2.2.5.1 Avaliação da qualidade da água presente no Canal das Taxas

A utilização de índices e indicadores são fundamentais no processo de tomada de decisões e no acompanhamento de seus efeitos.

O Índice de Qualidade da Água - IQA representa uma informação importante em processos decisórios de políticas públicas relacionadas ao saneamento. Ele foi adaptado e desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation", e é utilizado desde 1975, servindo de informação básica para apresentação de dados de qualidade das águas para o público em geral, bem como para gerenciamento dos recursos hídricos.

O IQA é calculado a partir do produto ponderado de nove variáveis significativamente relevantes para a avaliação da qualidade das águas: Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido. Na ausência de qualquer uma dessas variáveis, o cálculo do IQA se torna inviável. Tais variáveis refletem, principalmente, a contaminação dos recursos hídricos decorrente do lançamento de esgotos domésticos, sendo que sua determinação principal está diretamente relacionada ao abastecimento público (CETESB, 2019). A Figura 13 apresenta a fórmula para cálculo do IQA.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:
IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida e,
wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:
em que:
n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Figura 13: Fórmula para cálculo do IQA

Fonte: CETESB, 2019.

O IQA é indicado em uma escala de 0 a 100 e apresenta uma classificação que vai de Péssima a Ótima, determinando assim a qualidade das águas brutas (Figura 14).

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Figura 14: Classificação do IQA

Fonte: CETESB, 2019.

Considerando que o Canal das Taxas apresenta diversos pontos de lançamento de efluentes domésticos que impactam sua qualidade e conseqüentemente a qualidade das águas da Lagoinha, a avaliação da qualidade da

água por meio do IQA é uma ferramenta necessária para o estabelecimento de um diagnóstico e para o monitoramento da efetividade das ações a serem implementadas.

Conforme apontado no Plano de Manejo do PNMM, em 2013, na época de sua elaboração, foram identificados vários pontos de aporte de efluentes por meio de dutos e manilhas provenientes de áreas externas ao parque e que deságuam na Lagoinha, ocorrendo de forma contínua com volumes variáveis, de reduzidos a elevados.

À época não foram realizadas todas as análises para o cálculo do índice de qualidade da água, no entanto, foi observado forte cheiro de esgotos e visível degradação do corpo hídrico em diversos pontos, observando-se também o acúmulo de lixo e a coloração alterada da água devido a presença de contaminantes. No entanto, algumas análises foram realizadas quando houve a análise da ictiofauna (Tabela 8):

Tabela 8: Valores das variáveis ambientais (física e químicas) da água medidas ao longo do gradiente ambiental na Lagoinha das Taxas.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	LAGOINHA DAS TAXAS – LOCAIS DE AMOSTRAGEM						
	ECT ¹	1	2	3	4	5	6
Transparência (cm)	15	20	20	25	20	25	20
Temperatura (°C)	23,60	23,91	23,74	24,09	24,17	24,52	24,27
Oxigênio (mg L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0
Oxigênio (% saturação)	0	0	0	0	0	0	0
Potencial redox	-349	-322	-310	-299	-280	-147.3	-169
pH	7,32	7,65	7,06	7,20	7,14	7,49	7,46
Condutividade (µS/cm)	785	705	731	710	713	710	715

Legendas: ECT = Entrada do Canal das Taxas. Obs.: nenhuma rede foi instalada no ponto 1 dadas as condições de anoxia, reduzida transparência e elevada condutividade da água (severamente limitantes à sobrevivência de peixes).

Fonte: Detzel Consulting, 2013

O Plano de Manejo apresenta também dados de 1997 (Tabela 9), de um estudo realizado pela Sondotécnica que apresentou a inadequabilidade de vários parâmetros na maioria das amostras coletadas. Importante ressaltar que, apesar de estarem acima dos limites, estes valores situavam-se sempre entre os mais baixos encontrados na época nas lagoas da Baixada de Jacarepaguá.

Tabela 9: Dados do estudo realizado pela Sondotécnica em 1997.

SIGLA	TURBIDEZ NTU	TEMP °C	pH	OD mg/L	SALINIDADE x10 ⁻³	E. COLI NMP/100ml	COLI TOTAIS NMP/100ml	Pb µg/g	Cd µg/g	Zn µg/g	AMÔNIA µmol/L	DBO mgO ₂ /L	DQO mgO ₂ /L	ÓLEOS mg/L	DETERGENTE Mg/L
LAG21	7,05	24,23	6,76	2,60	0,35	3.658,33	509.108,33	-	-	-	-	-	-	-	-
LAG21	3,42	25,22	6,98	5,52	0,35	1.108,33	45.733,33	4,83	0,21	19,04	35,71	9,95	44,17	6,56	0,10
LAG21A	2,82	24,94	6,87	4,77	0,35	2.180,00	26.272,73	1,47	0,07	5,18	44,16	8,25	40,00	5,96	0,11
LAG21B	2,70	24,98	6,95	5,67	0,36	713,64	23.002,73	1,61	0,07	4,13	27,17	6,53	35,83	6,16	0,13

Fonte: Sondotécnica, 1997, apud Detzel Consulting, 2013

Baseando-se nos pontos de coleta para análise da qualidade da água utilizados na época de elaboração do Plano de Manejo, foram definidos três pontos de coleta de amostras (Figura 15) para a análise do Índice de Qualidade da Água (IQA).

A coleta das amostras foi realizada no dia 10/08/2021, no período da manhã, entre 9:40 H e 10:30 H. O laboratório responsável pela coleta e realização das análises foi a CAF Química, localizado na Estrada Marechal

Miguel Salazar Mendes de Moraes, nº 38, Taquara/Jacarepaguá.(Ver anexo 1). As localizações exatas e referencias constam no mapa da Figura 15 e na Tabela 10, enquanto que a metodologia de coleta e guarda das amostras é mostrada na Figura 16

Atualmente o Canal das Taxas não apresenta enquadramento do corpo hídrico. Desta forma, conforme define a Resolução CONAMA nº 357/2005, ele será considerado de Classe 2.

A análise da qualidade da água nos pontos de monitoramento em relação aos limites impostos pode ser observada na Tabela 10.

Tabela 10: Parâmetros analisados, limites estabelecidos para Classe 2 conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 e respectivos valores de acordo com o ponto de coleta

Parâmetro	Limites para Classe 2 CONAMA nº 357/2005	Ponto 1 – Canal das Taxas à montante da Lagoa das Taxas	Ponto 2 – Lagoa das Taxas (ambiente lêntico)	Ponto 3 – Canal das Taxas à jusante da Lagoa das Taxas
OD (mg/L)	5	4,24	2,39	2,19
Temperatura	-	23	23,1	23,3
pH	6 - 9	8,68	8,25	8,37
DBO (mg/L)	5	60,4	38,7	36,6
Fósforo total	0,03 (ambientes lênticos) 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.	1,57	1,42	1,59
Sólidos totais	500*	423	410	803
Turbidez (UNT)	100	18,91	69,8	68,7
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1000	>16.000	16000	>16.000
Nitrogênio total (mg/L)	2,18 (ambientes lóxicos, na vazão de referência) 1,27 (ambientes lênticos)	27,8	24,6	29,5

* Sólidos dissolvidos totais

Avaliando-se os parâmetros analisados em relação aos valores de referência para o enquadramento, percebe-se que há a necessidade de um empenho grande para que haja a recuperação da qualidade da água do Canal das Taxas e da Lagoa das Taxas e atendimento aos valores definidos para Classe 2. Especialmente em relação à questão da preservação da Lagoa das Taxas e recuperação de sua função ecológica, é muito importante que sejam tomadas medidas, principalmente, para diminuição do aporte de nutrientes e redução da carga orgânica afluente.



Figura 15: Pontos de coleta realizados em 1997 (verdes) e pontos de coleta no escopo deste projeto.
 Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021



Kit de coleta preparado previamente, com os recipientes designados por ponto de coleta e parâmetro



Método de coleta utilizado



Acondicionamento da água nos recipientes



Coleta de água



Guarda dos frascos em temperatura controlada



Medida do pH da água *in loco*

Figura 16: Metodologia da coleta e guarda de amostras de água.

Os resultados de qualidade da água, comparados aos dados referentes às amostras coletadas em 2013 (Tabela 7)(DETZEL CONSULTING, 2013), demonstram que houve leve melhora em relação ao índice de oxigênio dissolvido nos pontos analisados. No entanto, comparados aos dados de 1997 (tabela 9) (SONDOTÉCNICA, 1997) demonstram que houve elevado aumento dos índices de DBO e turbidez, com alterações no pH, porém com menores concentrações de Coliformes Totais.

O cálculo do IQA para os Pontos 1, 2 e 3, tendo como referência as curvas e pesos definidos pela CETESB levaram à formação dos seguintes gráficos, respectivamente (Figura 17, Figura 18, Figura 19):

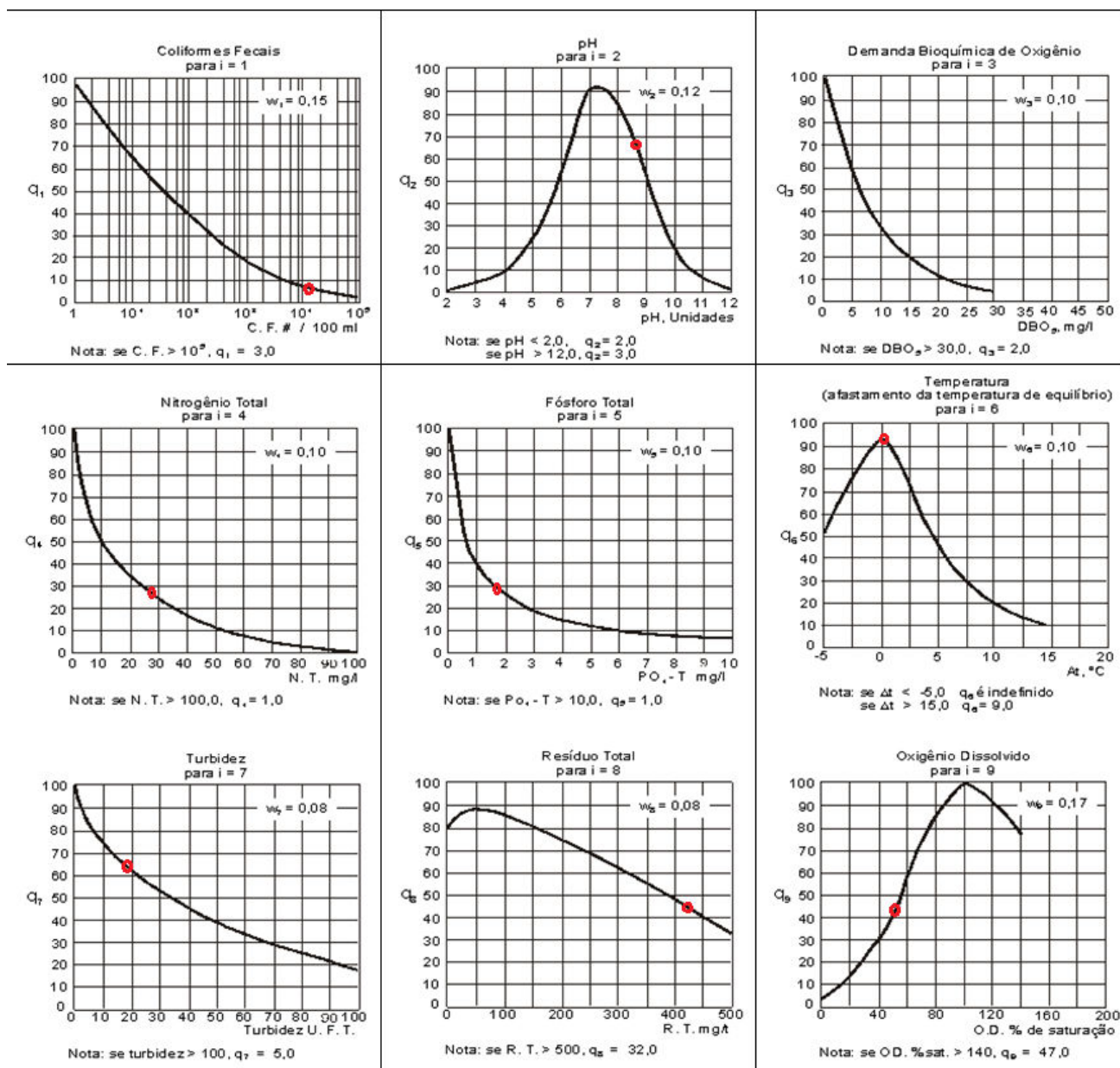


Figura 17: Gráficos dos parâmetros de IQA do ponto 1– Canal das Taxas à montante da Lagoa das Taxas.

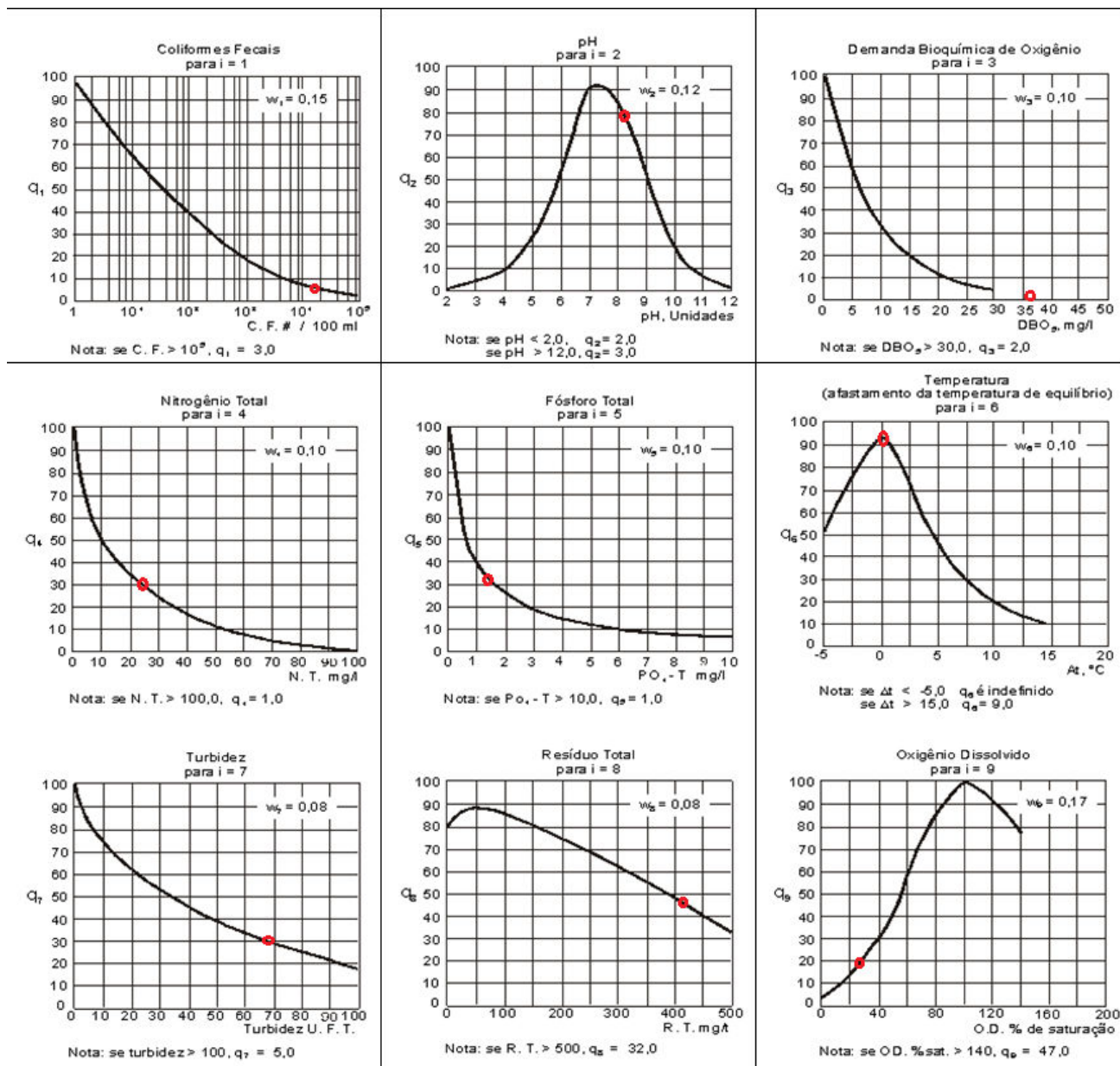


Figura 18: Gráficos dos parâmetros de IQA do ponto 2- Lagoa das Taxas

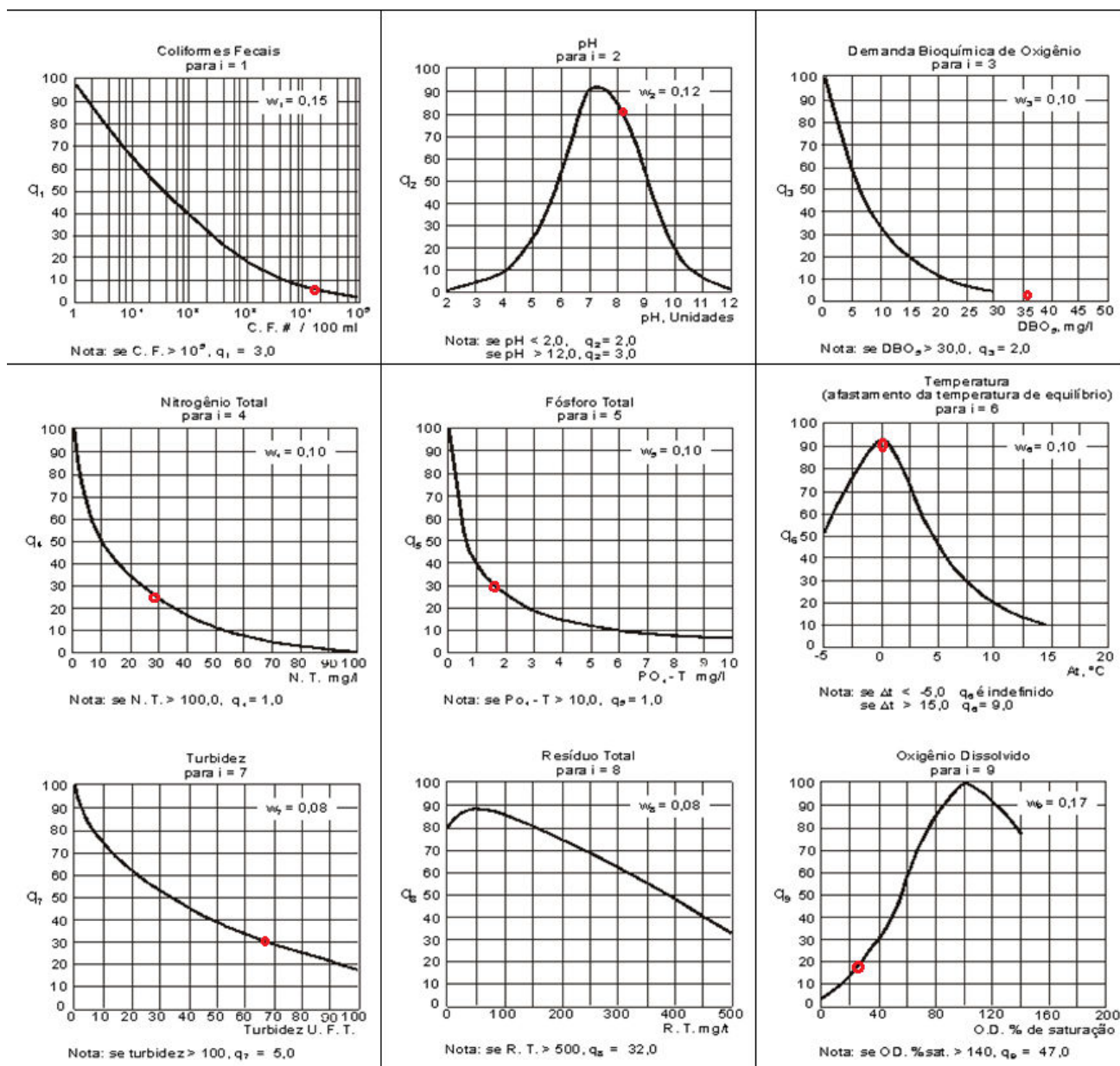


Figura 19: Gráficos dos parâmetros de IQA do ponto 3– Canal das Taxas entre as Lagoas das Taxas e Lagoa de Marapendi.

Plotando-se os gráficos e considerando a classificação do IQA conforme demonstrado na Figura 14, os pontos de amostragem encontram-se na seguinte classificação (Figura 20):

Ponto de amostragem	Localização	Coordenadas Lat, Long	Valor do IQA	Categoria
1	Canal das Taxas esquina com Gilka Machado	-23.0250°S -43.47545°W	22	Ruim
2	Pier de madeira do Parque Chico Mendes	-23.0235°S -43.4716°W	23	Ruim
3	Ponte sobre Canal das Taxas, rua Marechal Olympio Falconieri	-23.02315°S -43.4604°W	19	Péssima

Figura 20: Localização dos Pontos de Amostragem e Classificação do IQA dos mesmos
Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021

Os dados analisados indicam, portanto, que a qualidade da água do Canal das Taxas encontra-se ruim anteriormente à sua chegada na Lagoa das Taxas, melhorando levemente na Lagoa, porém, mantendo a classificação “ruim”. No entanto, ela apresenta piora no trecho entre a Lagoa das Taxas e a Lagoa de Marapendi, provavelmente devido aos lançamentos clandestinos que ocorrem no trecho.

A elevada concentração de nutrientes na Lagoa das Taxas, principalmente de fósforo, já era imaginada visto a grande propagação de macrófitas em sua superfície. Tal evento foi confirmado, evidenciando a necessidade de diminuição de seu aporte para que haja a recuperação da Lagoa. A elevada quantidade de Coliformes Termotolerantes assim como a elevada DBO também evidenciam a elevada carga orgânica decorrente do lançamento indevido de efluentes sanitários juntamente com águas naturais afluente à Lagoa, que causa danos à qualidade da água, conseqüentemente impactando negativamente a fauna da região. O consumo de oxigênio pelos microrganismos para a degradação da matéria orgânica afluente conjugado com os altos índices de nutrientes que contribuem para o crescimento das macrófitas e cobrimento da superfície do espelho d’água da lagoa fazem com que a quantidade de oxigênio dissolvido seja baixa.

Tanto o aporte de nutrientes bem como o aporte de carga orgânica precisa ser cessado ou reduzido ao máximo possível para que a Lagoa possa se recuperar gradualmente.

2.2.5.2 Cálculos hidrológicos e hidráulicos do canal das Taxas

O Canal das Taxas interliga o Canal de Marapendi (ou rio Morto), a Lagoinha à Lagoa de Marapendi. Tem um comprimento total de calha de cerca de 5,90km e declividade média total de 0,20m/km, desenvolvendo todo seu trajeto em baixada. A área total da bacia é de 7,76km².

Para o cálculo da precipitação utilizou-se a equação I-D-F (1), cujos coeficientes foram definidos pela Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas – Rio Águas para o posto pluviométrico denominado Via 11 (Castro et al., 2005, apud Amaral et al, 2013).

$$I = \frac{axT_R^b}{(t+c)^d}$$

Onde :

I: intensidade de precipitação em mm/hora;

TR: período de retorno em anos;

t: tempo de duração da chuva em minutos;

a, b, c e d: coeficientes da equação

Cujos parâmetros são: a=1423,20 b=0,196 c=14,58 d=0,796

2.2.1. Descrição dos Trechos

Trecho 1 - Oeste

Em seu trecho mais crítico, desde as proximidades do Canal Marapendi (ou rio Morto) a oeste até o deságue na Lagoinha, após a avenida Gilka Machado, desenvolve-se ao longo de 2,1km. Destes, cerca de 1,2km são atualmente canalizados.



Figura 21: Canal de Sernambetiba e canal das Taxas, anos 60, com suas margens recém regularizadas pela SURSAN

Fonte: <https://rioquepassou.com.br/2009/04/26/recreio-dos-bandeirantes-canais-de-sernambetiba-do-cortado-e-das-Taxas-final-dos-anos-60/>

Sujeito a alagamentos frequentes, foi projetado entre 2000 e 2001, no âmbito do programa Favela-Bairro, da prefeitura do Rio de Janeiro, e aprovado pela Rio-Águas, em sua versão final, sob o número 3-3-1884.

As vazões máximas referentes aos diversos tempos de recorrência de interesse (Tr) são indicadas na Tabela 11, apresentada a seguir:

Tabela 11: Vazões máximas para as recorrências de interesse:

Trecho 1	Localização	Vazões (m ³ /s)		
		Tr= 10 anos	Tr = 20 anos	Tr = 50 anos
Estacas				
42 a 58	Av. Guiomar de Novais a av. Gilka Machado	8,1	11,8	15,4

Trecho 2 – Leste

O trecho que vai da desde a avenida Benvindo de Novais, a oeste, até a lagoa de Marapendi, a leste, foi projetado pela Fundação Rio Águas no mesmo período de 2000/2001, sendo objeto do projeto 3-3-1884

As vazões máximas referentes aos diversos tempos de recorrência de interesse (Tr) são indicadas na Tabela 12 e na Figura 22: Resumo de Vazões de projeto – projetos apresentados a seguir:

Tabela 12: Vazões máximas para as recorrências de interesse:

Trecho 2	Localização	Vazões (m ³ /s)		
		Tr= 10 anos	Tr = 20 anos	Tr = 50 anos
Estacas				
0 a 42+16,30	Av. Benvindo de Novais a av. Gláucio Gil	19,40	20,10	29,60
42+16,30 a 85+13,52	av. Gláucio Gil até a Lagoa de Marapendi	17,70	17,70	27,10



Figura 22: Resumo de Vazões de projeto – projetos Rio Águas
Fonte: Rio Águas

2.3. Rede de drenagem de Influência direta

A rede de drenagem de influência direta é mostrada na Figura 23. A sul da avenida das Américas, toda a drenagem converge para o Canal das Taxas, ao longo de toda a sua extensão, e também para a Lagoinha.

Com exceção da área marcada em vermelho (rede projetada), existe rede de drenagem em toda a bacia de contribuição.

Observação: O mapa fornecido pela Rio Águas indica rede existente dentro da área em vermelho da Figura 23. Consultados, os técnicos informaram que, uma vez implantada, terá esta configuração.

Apesar do adensamento populacional, do assoreamento e da grande presença de lixo no canal, e da presença extensiva de macrófitas na Lagoinha, não foi relatado pelo representante da Associação de Moradores do Canal das Taxas, Sr. Francisco, ocorrência de alagamentos por transbordamento do canal, um sinal de que o sistema absorve bem as águas pluviais.

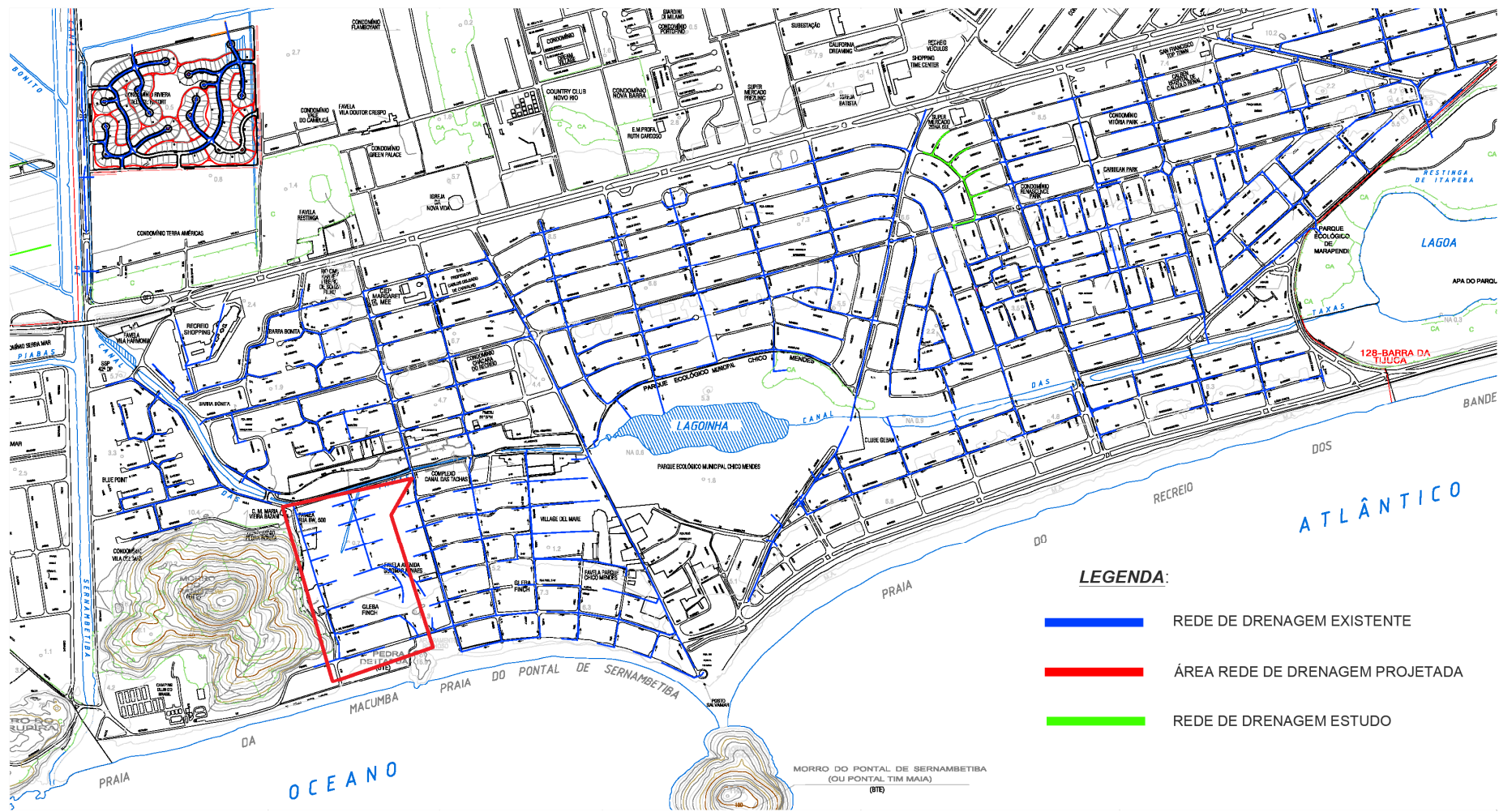


Figura 23: Rede de drenagem de Influência direta.
 Fonte: Fundação Rio Águas

Foram feitas visitas técnicas nos dias 11 e 17 de maio de 2021, coincidindo com bom tempo por mais de 2 dias anteriores consecutivos, portanto, sem a presença de significativa de águas pluviais na rede. As visitas ocorreram entre 9 e 16 horas, coincidindo com os horários de atividade diurna do bairro. O estado geral da quase totalidade dos deságues no canal das Taxas foi registrado em fotografias no **Relatório de Visita Técnica**, parte integrante e indissociável deste produto.

Durante a visita técnica ao local, acompanhados de representante da Associação de Moradores do Canal das Taxas, verificou-se que a rede de drenagem, desde a Barra Bonita até a extremidade leste do Canal se encontra em bom estado geral, com exceções pontuais, como no interior do Parque Chico Mendes, onde os deságues de 2 Galerias (ruas Ernani Melo e Paulo Antunes Ribeiro) estão com os deságues em áreas desmoronada. Um dos deságues que constam no cadastro não foi localizado (rua Sérgio Branco Soares, com deságue na porção oeste da lagoinha). Ainda no relatório mencionado anteriormente foi registrada a presença de esgotos nos deságues de águas pluviais, o qual será abordado no item 2.7.

2.4. Rede de esgotos de influência direta

Assim como ocorre com a drenagem, as bacias de esgoto se desenvolvem a sul da Avenida das Américas, como mostrado na Figura 24, baseada em cadastro fornecido pela CEDAE, e na Figura 4, baseada na documentação de referência para a Concessão dos sistemas de Água e Esgotos da Região metropolitana do Rio de Janeiro (Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018).

O sistema de esgotos atende a praticamente toda a região, com exceção das mostradas em hachura, na Figura 26, página 59.

A rede de esgotos da região apresenta algumas particularidades:

A região contava com duas Estações de Tratamento de Esgotos, uma na av. Henfil, próximo ao canal de Marapendi (ou Rio Morto) e outra na av. Gláucio Gil. Após a entrada em operação da ETE Barra da Tijuca e do Emissários Submarino da Barra da Tijuca, ambas foram convertidas em elevatórias. Por esta razão há o cruzamento de linhas de recalque, sobretudo na parte do bairro conhecida como Barra bonita.

Por ser uma região baixa, houve a necessidade de implantação de várias elevatórias, o que aumenta a chance de um lançamento irregular na rede de drenagem ou no sistema canal-lagoa por extravasão, durante falta de energia ou avaria de bombas.

Efetivamente, foram observados lançamentos de esgotos no sistema canal-lagoa, os quais serão descritos, com base nas informações obtidas pela CEDAE:

- I. Foram observados lançamentos pontuais de esgotos, de muito pequena vazão, (da ordem de 0,3 a 1,0 l/s) ao longo do canal, margem Norte, no trecho entre a ponte da av. Henfil, que demarca o início do Terreirão até a avenida Guiomar de Novais.
- II. Foi observado uma grande vazão de esgotos na Galeria de águas pluviais próximo à EE Barra Bonita. Analisando os vídeos feitos, estimou-se a velocidade de escoamento em 0,2m/s, o que para uma galeria de 1,20m de diâmetro, afogada, representa vazões da ordem de 20 a 30 l/s.
- III. Foi observado aporte de esgotos na avenida Guiomar de Novais, oriunda de área não atendida com rede de esgoto (Bacia 7, Figura 26, página 59). Analisando os vídeos feitos da galeria, de 1,0 m de diâmetro, observou-se um filete ocupando cerca 5% da seção, o que corresponde a uma vazão entre 5 e 10 l/s.

- IV. Foi observada uma vazão considerável de esgotos na galeria de águas pluviais no interior do parque, na altura da rua Paulo Antunes Ribeiro. Consultando o cadastro da CEDAE, observa-se que na esquina desta rua com a avenida que margeia a Lagoa, Jarbas de Carvalho, há um ponto de confluência de esgotos. Onde deveria haver uma elevatória de esgotos há uma indicação de extravasor, possivelmente para a Galeria de águas Pluviais. Analisando os vídeos feitos da galeria, de 1,2 m de diâmetro, observou-se um filete ocupando cerca de 5% da seção, o que corresponde a uma vazão entre 8 e 12 l/s.

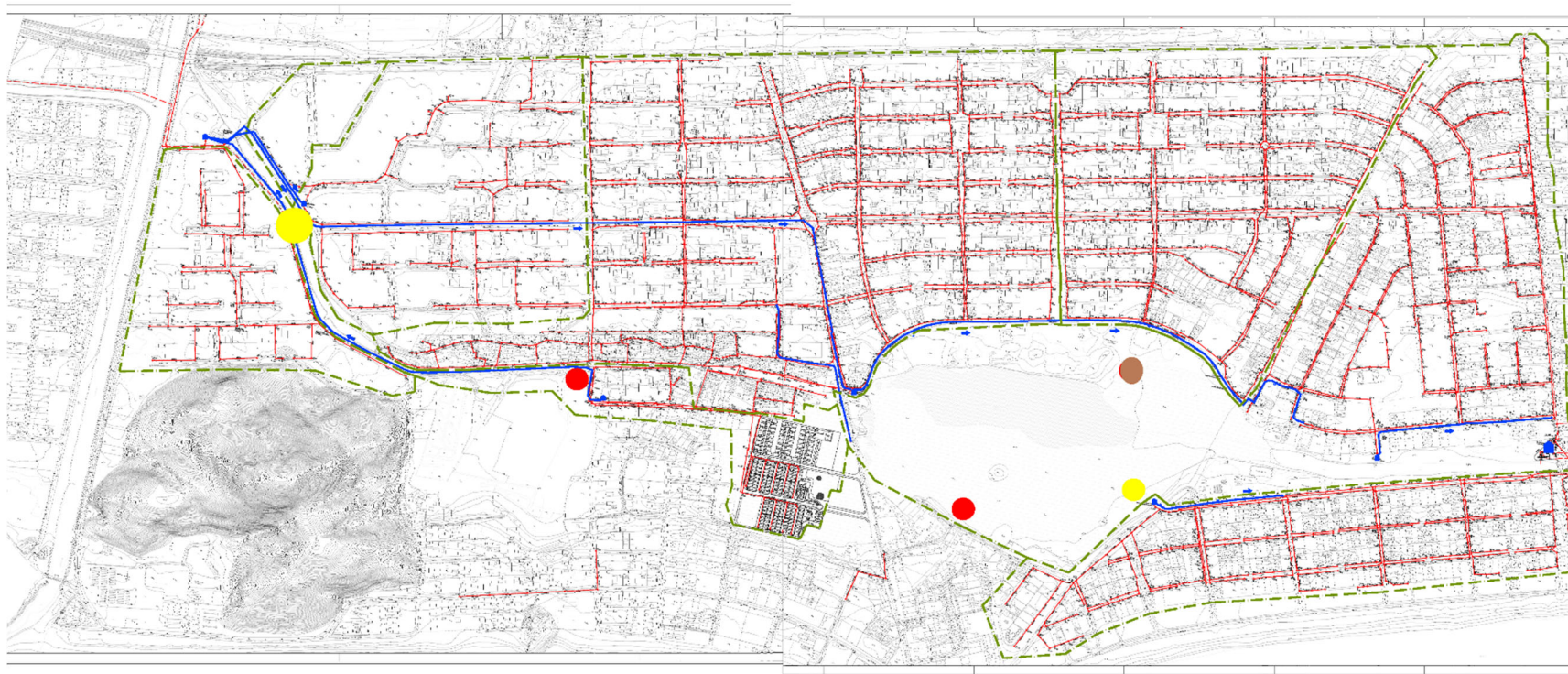
Consultando o Projeto de Concessão da CEDAE para esta região (Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018), conforme Tabela 13 e Figura 24, todas as elevatórias de esgoto existentes no Bairro constam como “A reformar/ampliar” para atender as demandas no horizonte de projeto (2027), o que corrobora a situação observado na visita ao local.

A Tabela 13 mostra a lista de Estações Elevatórias de Esgotos (EEE) na região, com suas capacidades instaladas e destinos. A localização das mesmas é mostrada na Figura 4, no item 2.1.3.

Tabela 13: Principais características das EEE no recreio

Elevatória	Endereço	Vazão projeto (L/s)	Vazão bomba (L/s)	Cj.	Motor (cv.)	Tipo	Recalque	Destino
BARRA BONITA	ND	ND	12	2	10	Convencional	100mm - FoFo - 20 m	Caixa de confluência dentro das antigas ETE, que recebe os recalques das Elevatórias de Esgoto Câmara
CHICO MENDES	Av. Jarbas de Carvalho, próxim. Nº 1280, Comunidade Chico Mendes - Recreio dos Bandeirantes	ND	15	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 350 m	PV da Elevatória Canal das Taxas
JARBAS DE CARVALHO	Av. Jarbas de Carvalho, 918, próximo à Estrada Benvindo de Novaes - Recreio dos Bandeirantes	ND	15	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 1040m	PV em frente à Elevatória Canal das Taxas
CANAL DAS TAXAS	Estr. Jarbas de Carvalho, s/nº c/ Av. Gilka Machado - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	30	3	120	Convencional	400 mm - FoFo - 480 m	PV situado na Av. Genaro de Carvalho
BENVINDO DE NOVAES	Rua Benvindo de Novais, s/nº, esq. R. Profº Hermes de Lima - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	13	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 65 m	PV situado em frente à ETE Vargem Grande
RECREIO	Av. Gláucio Gil nº 407, esq. Rua Profº. Hermes de Lima - Recreio dos Bandeirantes - Rj	ND	63	5	500	Convencional	1000 mm - PEAD - 8500 m	Caixa de confluência da Elevatória Marapendi
HERMES DE LIMA	Rua Hermes de Lima, s/nº c/ Rua Gov. Raul da Veiga - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	14	2	8	Submersível	150 mm - DEFOFO - 10m	PV em frente à Elevatória Recreio
CLÓVIS SALGADO	Rua. Cel. Olívio Cesar Catoldi, s/n c/ Av. Teotônio Vilela - Recreio dos Bandeirantes - Rj	ND	35	2	10	Submersível	150 mm - DEFOFO - 500 m	PV na Avenida Gláucio Gil com Rua Clóvis Salgado
CÂMARA CASCUDO	Av. Luiz Câmara Cascudo, s/nº c/Av. Teotônio Vilela - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	15	2	10	Submersível	250 mm - DEFOFO - 560 m	Caixa de confluência da antiga ETE-Barra Bonita
HENFIL	Av. Henfil, s/nº Junto a Praça de Barra Bonita - Recreio dos Bandeirantes - RJ	ND	70	2	30	Submersível	400 mm - DEFOFO - 350 m	Caixa de confluência da antiga ETE-Barra Bonita

Fonte: Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018



LEGENDA







- | | | | |
|---|-----------------------------|---|--|
|  | Rede de esgoto existente |  | Esgoto in natura, extravasando da EE Barra Bonita |
|  | Linha de recalque existente |  | Esgoto in natura proveniente de área sem rede ou sem elevatória de esgotos |
|  | Limite de Bacia |  | Ponto de convergência de esgoto, sem indicação de EE |

Figura 24: Rede de esgotos no entorno do canal das Taxas

Fonte: Cadastro da CEDAE, 2021

Todo o esgoto coletado segue para tratamento, realizado pela ETE Barra da Tijuca com capacidade de 3.500 l/s para tratamento primário seguido de emissário submarino, sendo o efluente de tratamento lançado no mar da Barra da Tijuca. A disposição final do lodo é no aterro CTR Rio.

2.5. Previsão de Vazões

Uma vez delimitadas as áreas de contribuição, procedeu-se à estimativa de vazões atuais e em um horizonte de 10 anos.

2.5.1.1. Estudo populacional

Com base na análise dos setores censitários do Censo de 2010 (Figura 25), foi possível calcular a população nas bacias de esgotamento na área de projeto a partir dos dados dos censos de 2000 e 2010 (Tabela 14).

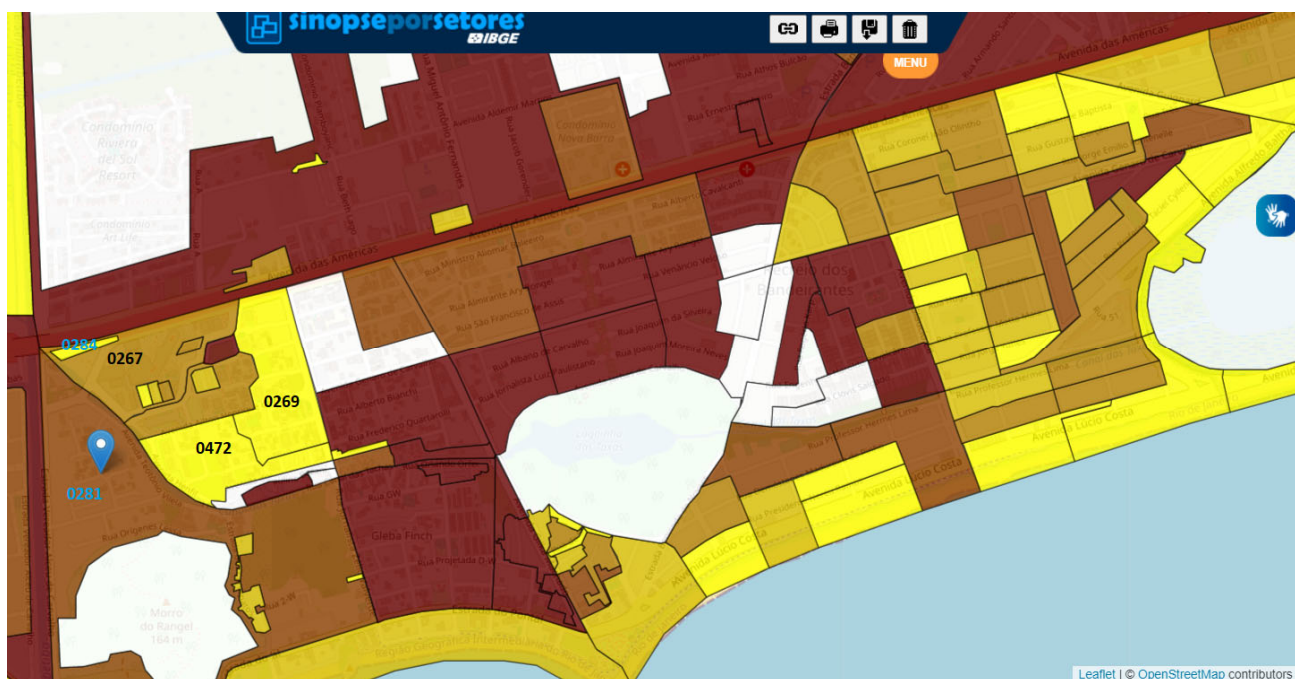


Figura 25: Setores censitários Censo IBGE (2010)
Fonte: IBGE. Disponível em ibge.gov.br

As populações obtidas de acordo com os censos foram:

Tabela 14: Populações dos censos IBGE 2000 e 2010

Ano	População Barra	População Recreio	População Área de Interesse
2000	174353	37572	
2010	300823	82240	40425

Fonte: IBGE (2010). Disponível em ibge.gov.br

As tendências de crescimento são basicamente de 3 tipos:

1. Exponencial ou polinomial de 2º grau: Representa um “boom de crescimento”, como o que ocorreu na Barra da Tijuca nos anos 1990 e 2000. As taxas de crescimento crescem a cada ano.
2. Linear: A tendência de crescimento se mantém estável
3. Logarítmica: Quando a oferta de espaços disponíveis limita o crescimento imobiliário, as taxas de crescimento diminuem a cada ano e a população tende a se estabilizar em um valor limite

O Censo de 2020 não foi realizado, sendo assim torna-se necessário fazer uma estimativa. Na falta de dados que permitam avaliar as tendências de crescimento, foi adotada uma hipótese de crescimento linear para estimar a população atual e projetar a população em um horizonte de 10 anos.

Foi considerada a seguinte expressão:

$$P(t) = P_0 + m(t - t_0)$$

Onde

- P População no ano t (hab)
 t_0 Ano inicial (ano)
 t Ano da previsão (ano)
 m Coeficiente de incremento populacional linear (hab/ano)

Considerando ainda que a população da área de interesse representa cerca de 49% da população do Recreio, teremos as seguintes expressões populacionais para cada bairro/área:

Tabela 15: Projeção das populações baseadas nos os censos IBGE 2000 e 2010

Expressão	$P=174353+12647(t-t_0)$	$P=37572+4467(t-t_0)$	$P=40425+2183(t-t_0)$
Ano	População Barra	População Recreio	População Área projeto
2000	174353	37572	
2010	300823	82240	40425
2021	439940	131375	64374
2031	566410	176043	86261

O crescimento representa uma média de 0,3% ao ano em população somente.

Consultando o Plano Metropolitano do Rio de Janeiro (Fonte: Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018), foi encontrado que as previsões populacionais são para a população formalmente atendida, passando de 5.236.183 hab no ano 1 da Concessão para 5.280.822 no ano 35, o que representa um incremento de apenas 0,9% no período, ou uma média de 0,025%/ano.

É de se esperar que os investimentos em abastecimento e esgotamento sanitário na região de estudo sejam significativamente maiores, pois esta, junto com a região de Vargem Grande, Vargem Pequena e Pontal, são vetores de crescimento de população de médio a alta renda.

2.5.2. Estudo de vazões de esgoto

Para estimar a produção de esgoto calcula-se o consumo/ demanda de água no período de planejamento. Foram utilizados os parâmetros e critérios descritos nas Normas Brasileiras NBR 12.211 (ABNT, 1992) e NBR 9649 (ABNT, 1986) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), respectivamente para estudos e projetos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Sistemas de Esgotos Sanitários (SES).

a) Consumo per capita de água

O consumo per capita médio de água é o valor médio do consumo diário de água por pessoa, expresso em l/hab.dia. Os dados utilizados para o cálculo das demandas, foram obtidos do Sistema Nacional de Informações de Saneamento, tendo como referência o ano de 2018, da região metropolitana do Rio de Janeiro (Consórcio Fator, Concremat, VG&P, 2018), cujo valor é de 200l/hab/dia.

b) Coeficientes do dia e hora de maior consumo

O consumo de água em uma localidade varia ao longo do dia (variações horárias), ao longo da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais). Em um dia, os horários de maior consumo geralmente ocorrem no início da manhã e no início da noite. Para os cálculos de demanda de água, foram adotados os seguintes coeficientes de variação da vazão média de água:

- $k_1 = 1,2$ (coeficiente do dia de maior consumo)
- $k_2 = 1,5$ (coeficiente da hora de maior consumo)

c) Produção de esgotos

Analisando as Elevatórias de Esgotos, foi possível traçar 10 bacias de esgotamento, tal como mostrado na Figura 26.

Os esgotos produzidos equivalem ao consumo de águas multiplicado por um coeficiente de retorno (CR) de 0,8 para computar as perdas na distribuição mais a vazão de infiltração (Q_i) na rede, proveniente do lençol freático. Em terrenos baixos, porém arenosos e baixos, como é o caso da área do Recreio dos Bandeirantes recomenda-se 0,2 l/s/km de rede de esgoto.

A região apresenta uma taxa de 400 m de rede / ha

As vazões média e de Pico de esgoto em l/s são, portanto:

$$Q_m = P \times C \times CR / 86400 + Q_i$$

$$Q_p = P \times C \times k_1 \times k_2 \times CR / 86400 + Q_i, \text{ onde:}$$

CR - Coeficiente de retorno esgoto/água, igual a 0,8

Q_i Vazão de infiltração, igual a 0,2l/s/km de rede

$1/86400$ Fator de conversão de l/dia para l/s

Partindo destas premissas foi calculada a vazão de esgotos por bacia de esgotamento obtendo-se os dados da Tabela 16 (populações) e da Tabela 17 (projeção de populações e vazões).

Observação: Os valores de população e vazões são estimativas. Existe uma margem de erro inerente a qualquer cálculo projeção populacional. No presente caso, esta margem de erro é maior devido à falta do de dados do censo de 2020, que não foi realizado.

Para os efeitos deste estudo parte-se da premissa de que as populações foram corretamente projetadas, na falta de dados que possam corroborar os cálculos feitos

Tabela 16: População em 2010 por bacia de esgotamento

Bacia	Estação Elevatória (EE) de Destino	Extensão de rede (km)	Vazão infiltração Qi (l/s)	População 2010
001	EE C. Cascudo	13.5	2.7	483
002	EE Henfil	3.6	0.7	510
003	EE Barra Bonita	25.3	5.1	3954
004	EE Canal das Taxas	58.8	11.8	10216
005	EE Sub bacia 1	7.2	1.4	798
006	Fossas sépticas B06	29.3	5.9	1955
007	Fossas/ Águas pluviais B07s	15.6	3.1	5782
008	EE Jarbas Carvalho	33.3	6.7	5017
009	EE Clovis salgado	35.0	7.0	8169
010	EE Benvindo de Novais	22.2	4.4	2820

Tabela 17: Projeção de Vazão de esgotos por bacia de esgotamento

Bacia	Estação Elevatória (EE) de Destino	População 2021 (Estimada)	Vazão de pico QmXk1xk2 + Qi 2021	População 2031 (Estimada)	Vazão diária QmXk1	Vazão de pico QmXk1xk2 + Qi 2031
001	EE C. Cascudo	769	5.9	1030	5.0	7.0
002	EE Henfil	812	4.1	1088	3.8	5.3
003	EE Barra Bonita	6297	31.3	8437	28.7	40.2
004	EE Canal das Taxas	16268	79.6	21800	73.3	102.6
005	EE Sub bacia 1	1271	6.7	1703	6.1	8.5
006	Fossas sépticas B06	3113	18.8	4171	16.6	23.2
007	Fossas/ Águas pluviais B07s	9208	41.5	12339	38.9	54.5
008	EE Jarbas Carvalho	7989	40.0	10705	7.3	51.3
009	EE Clovis salgado	13009	61.2	17432	56.9	79.6
010	EE Benvindo de Novais	4491	23.2	6018	21.1	29.5

O destino dos esgotos das sub-bacias é mostrado na Tabela 18. Observar que existem destinos primários e secundários:

Tabela 18: Destino das bacias de esgotamento

Bacia	Vazão de pico $Q_{mXk1xk2} + Q_i$ 2021	Destino primário	Destino Secundário
001	5.9	EE C. Cascudo	EE Henfil
002	4.1	EE Henfil	EE Canal das Taxas
003	31.3	EE Barra Bonita	EE Henfil
004	79.6	EE Canal das Taxas	Bacia externa
005	6.7	EE Sub bacia 1	EE Henfil
006	18.8	Fossas sépticas B06	Canal das Taxas
007	41.5	Fossas/ Águas pluviais B07s	Lagoa
008	40.0	EE Jarbas Carvalho	EE Canal das Taxas
009	61.2	EE Clovis salgado	Bacia externa
010	23.2	EE Benvindo de Novais	EE Recreio

Baseado nas informações obtidas, é possível fazer uma avaliação da capacidade atual das EE existentes. Considerando que a capacidade de bombeamento deve ser maior ou igual à vazão afluyente de pico, faz-se a seguinte avaliação das EEs da região, como mostrado na Tabela 19.

2.5.3. Avaliação da capacidade das EE

Com base nos dados obtidos é feita uma avaliação da capacidade de cada EE do entorno do Canal das Taxas, conforme apresentado na Tabela 19: Avaliação da capacidade das EE.

Tabela 19: Avaliação da capacidade das EE

Bacia	Estação Elevatória (EE)	Vazão afluyente EE 2021 (l/s)	Vazão afluyente EE 2031 (estimativa) (l/s)	Capacidade bombeamento atual (l/s)	Déficit bombeamento 2021 (l/s)	Avaliação
1	EE C. Cascudo	5.9	7	15	-	OK
2	EE Henfil	48.1	5.3	70	-	OK
3	EE Barra Bonita	31.3	40.2	24	7.3	Subdimensionado
4	EE Canal das Taxas	119.5	102.6	90	29.5	Subdimensionado
5	EE Sub bacia 1	6.7	8.5	N/D		N/D
6	Fossas sépticas SB06	18.8	23.2	-	18.8	-
7	Fossas sépticas SB07	41.5	54.5	-	41.5	-
8	EE Jarbas Carvalho	40	51.3	30	10	Subdimensionado
9	EE Clovis salgado	61.2	79.6	70	8.8	OK
10	EE Benvindo de Novais	23.2	29.5	26	2.8	OK
	EE Recreio	27.3		63		OK

Com base nesta avaliação, é possível tecer as seguintes conclusões sobre as EE da região:

Cabe lembrar que a visita a campo foi feita em um período de 5 dias sem chuvas, portanto, as vazões observadas nas G.A.P. correspondem a vazões de esgoto, possivelmente diluídas em água de infiltração do subsolo nas galerias de águas pluviais (G.A.P.).

Nas G.A.P. próxima à EE Barra Bonita foi observada significativa vazão de esgoto, condizente com a avaliação de subdimensionada ou em estado de falha.

Na EE Canal das Taxas, A discrepância entre a capacidade de vazão instalada e a afluyente é muito grande, e não foi observado, nas duas visitas feitas, sinais de extravasão. Provavelmente parte da vazão afluyente é direcionada ao coletor-tronco da av. Genaro de Carvalho.

Não foi observado esgoto proveniente da Bacia 06. Entretanto, há projeto de implantação de rede de Águas Pluviais por parte da Rio Águas. Se não for feita a rede de esgotos simultaneamente, haverá contaminação do canal das Taxas. Esta é uma área prioritária à Implantação de Sistemas de Tratamento alternativos.

A Bacia 06 é servida em parte com águas pluviais e fossa séptica. No entanto, não há acesso às margens da Lagoa para verificar eventuais lançamentos de esgoto. Esta é uma área prioritária à Implantação de Sistemas de Tratamento alternativos.

A EE Jarbas de Carvalho tem capacidade inferior à vazão de esgotos que recebe, o que é coerente com a presença de esgotos em GAP desaguando na Lagoinha, dentro do Parque Chico Mendes

A EE Benvindo de Novais é de difícil acesso, e em caso de mal funcionamento extravasa à Lagoa. Recomenda-se cuidado especial na manutenção desta EE.



Figura 26: Populações e contribuições por bacia de esgotamento. Projeção 2021

2.6. Conclusões

2.6.1. Diagnóstico

- Foram feitas projeções populacionais para 2021 (devido à não realização do Censo 2020) e 2031. Considerando os cálculos de vazão em função das populações atuais e futuras, foi observado que as EEs Barra Bonita, Canal das Taxas e Jarbas de Carvalho estão subdimensionadas tanto para o presente quanto para o futuro. Caso estas EEs estivessem corretamente dimensionadas, a qualidade da água seria superior, pois haveria apenas 2 fontes de lançamento de esgotos in natura: Sub-Bacia 06 e Sub-bacia 07 (v. Figura 26). Estas duas Sub-bacias consistem em 2 regiões densamente povoadas que contribuem para esgoto in natura para a rede drenagem, seja ela formal ou não, e daí para o Canal das Taxas, e que poderiam ser contempladas por sistemas de Tratamento Alternativo.
- A Sub-bacia 07 coincide em parte com a comunidade Chico Mendes e foi apontada, no Plano de Manejo do Parque (v. Figura 27), como sendo o ponto mais crítico de pressão por ocupação no entorno do PNM Chico Mendes. A maior parte do perímetro do Parque está cercado, porém em alguns pontos não há o cercamento devido a discordâncias territoriais, deixando o acesso livre, possibilitando ações de invasão ilegal. Recomenda-se mapear a ocupação e tomar ações para definir de forma definitiva os limites do Parque, como forma de amparo legal para eventuais necessidades de desapropriação.
- A sub-bacia 05, compreendendo parte da comunidade do Terreirão é atendido por rede de esgoto na atualidade. Entretanto, convém considerar a possibilidade de degradação da rede ou o não atendimento por parte da nova concessionária ou prefeitura, razão pela qual sua vazão é incluída no sistema de tratamento proposto.
- Todos os fatores acima relacionados, conjugados, têm como efeito a presença de esgotos distribuída ao longo do canal das Taxas, especialmente entre a Lagoinha e a Barra Bonita, causando a baixa qualidade geral da água, medida em 03 pontos, conforme apresentado no item 2.2.5.1, Figura 20.

2.6.2. Prognóstico-considerações iniciais

Para efeitos da análise das ações a serem tomadas, de forma a mitigar os efeitos relacionados no item anterior, partimos de algumas premissas:

- Assume-se que as EEs subdimensionadas e/ou apresentando mau funcionamento (Barra Bonita, Canal das Taxas e Jarbas de Carvalho), operadas até então pela CEDAE, e que passarão a ser operadas pela nova concessionária (Iguá Saneamento), serão reformadas e equipadas com pelo menos 1 conjunto de bomba reserva ou *stand by*, de forma que eventuais falhas no futuro não ocasionem lançamento irregular de esgotos. Recomendou-se, inicialmente, um sistema de alarme, preferencialmente conectado a um centro de operações, que facilite a identificação e rápida correção de falhas nesta área tão sensível do ponto de vista ambiental.
- A exceção a esta premissa seria a EE Jarbas de Carvalho, (Sub-Bacia 08, Figura 26). Esta, em caso de falha de bombas ou falta de energia, extravasa esgotos in natura para a Lagoinha do Parque Chico Mendes. A idéia inicial seria contemplá-la com um sistema alternativo como *backup*, com capacidade para 20% da vazão da elevatória.

- A vazão da sub Bacia 05 seria também incluída no sistema de Tratamento Alternativo (TA), pela razão exposta no item anterior (2.6.1).

Estas premissas foram apresentadas, em reunião, à equipe de Engenharia da Iguá, que expôs seus pontos de vista quanto às intervenções propostas, como visto no item a seguir.

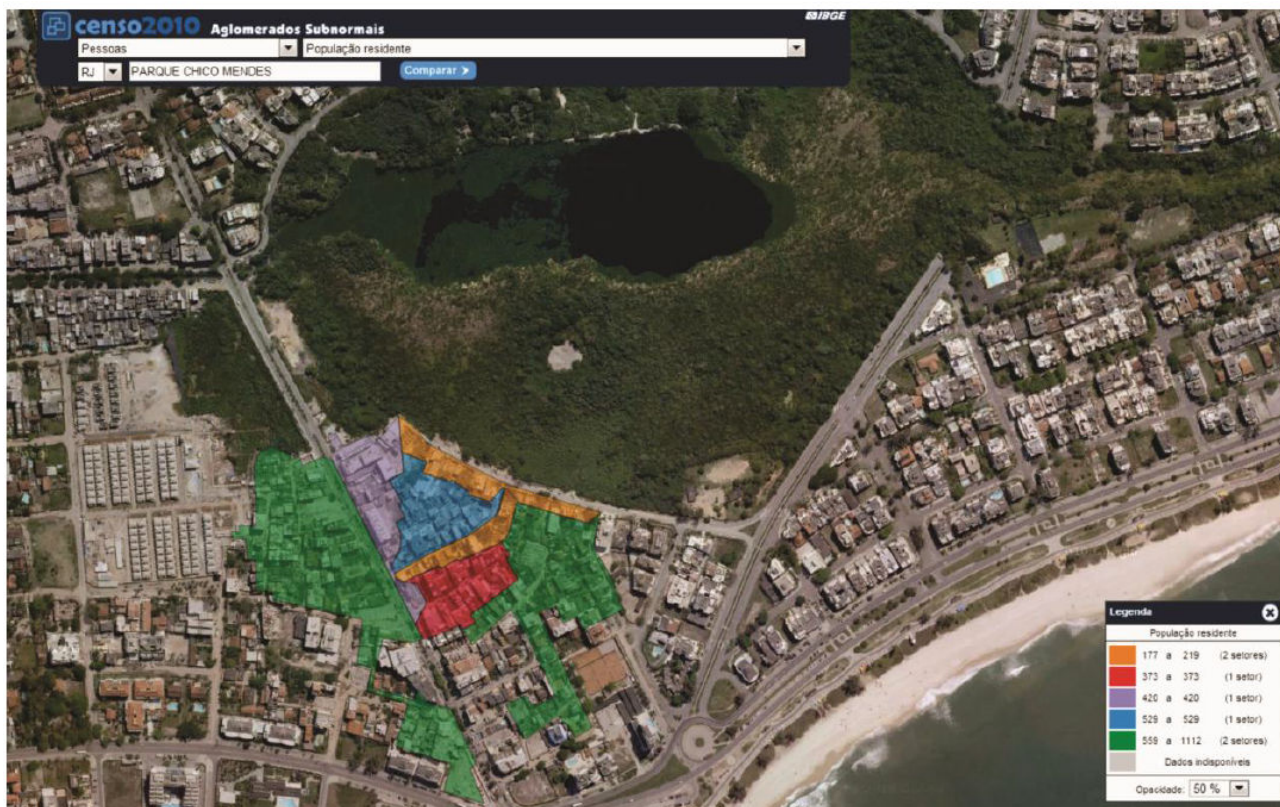


Figura 27: Comunidade Chico Mendes, inserida na Bacia 07.
Fonte: Detzel Consulting, 2014.

2.6.3. Prognóstico-considerações após apresentação à Iguá Saneamento

A equipe de engenharia da Iguá Saneamento, após assistir a apresentação das idéias expostas no item 2.6.2, esclareceu os seguintes pontos:

- Concordou que a adoção de um sistema de Tratamento não convencional necessitará de elevatórias próprias, devido a se tratar de uma região baixa e que, portanto, estão sujeitas às mesmas falhas por falta de energia que as elevatórias do sistema concessionado;
- De toda a Área de Planejamento 04, a região do Recreio dos Bandeirantes, a sul da avenida das Américas, incluindo a área objeto deste projeto, foi considerada área prioritária de intervenções;
- Todas as elevatórias estão sendo objeto de avaliação, prevendo ações para melhoria imediata, como adequação da capacidade de bombeamento, substituição de bóias, válvulas e demais acessórios que estiverem danificados, revisão dos quadros elétricos, além de obras civis de reforma;

- As elevatórias disporão, de imediato, de alarme sonoro e, em futuro próximo, ligado a um centro de operações, que acusará o mau-funcionamento de elevatórias em tempo real;
- As elevatórias de maior vazão, como Canal das Taxas e Gláucio Gil, serão dotadas de grupos geradores;
- As elevatórias de menor vazão, como Barra Bonita e Jarbas de carvalho, dentre outras, contarão com o apoio de unidades geradoras móveis, sendo acionadas em até **6 horas** após o acionamento do alarme.

2.6.4. Plano de ação Final

Após a reunião com a Iguá, ficou decidido que seriam atendidos somente áreas que não figuravam no contrato. Foi fornecido um cadastro atualizado da rede de esgotos, e verificou-se que uma área ao sul da Lagoa, pertencente à Sub-Bacia 07, não é atendida com rede, e uma elevatória ali localizada não funciona.

Será, portanto, implantada uma captação de tempo seco, para absorver os esgotos não coletados e direcionados ao sistema de Wetland.

Superpondo a rede de águas pluviais aos limites da sub-bacia 07, teremos os contornos da bacia sanitária a ser captada em tempo seco, conforme visto na Figura 28.

Aplicando a mesma metodologia de projeção de população utilizada para a sub-bacia 07 a esta área, foi obtida uma população de projeto de 11.180 habitantes.

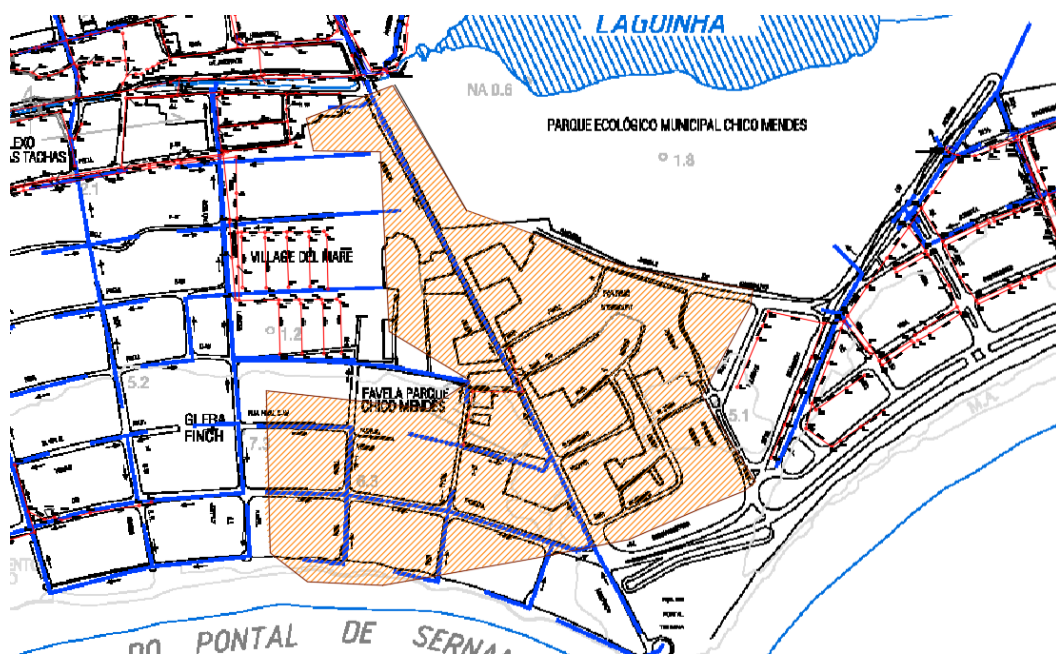


Figura 28: Bacia sanitária a ser contemplada com o sistema de tratamento alternativo

2.7. Ações adicionais

O sistema lagunar e o canal estão degradados a um ponto em que não é possível a auto recuperação ou autodepuração em um curto prazo. Conforme apontam estudos anteriores realizados no local, mesmo que cesse o aporte de efluentes à Lagoinha, a mesma demoraria longo tempo para recuperação.

Desta forma, para que estas medidas se tornem efetivas, sugerem-se as seguintes medidas adicionais:

2.7.1. Rotina de remoção de macrófitas

Conforme anteriormente mencionado, a lagoa está, atualmente, com 100% de seu espelho d'água coberto por macrófitas.

A proliferação excessiva destas macrófitas se deve à abundância de nutrientes no corpo d'água, proveniente do lançamento de esgotos *in natura* no canal e na própria lagoa, provocando um efeito de eutrofização do mesmo.

Os efeitos negativos da eutrofização podem ser resumidos da seguinte forma (Azevedo Netto, 1988):

- desenvolvimento excessivo e prejudicial de algas, proliferação de macrófitas aquáticas, etc.;
- alterações profundas da biota, com a substituição de espécies de peixes e outros organismos;
- decomposição orgânica, consumo e depleção de oxigênio dissolvido e anoxia;
- degradação da qualidade da água, com alterações de composição, cor, turbidez, transparência, etc.;
- liberação de 4 gases e produção de maus odores;
- formação de depósitos bentais e reciclagem de nutrientes;
- prejuízos consideráveis para o uso da água em abastecimento, irrigação e para aproveitamentos hidroelétricos;
- prejuízos diversos para recreação, turismo e paisagismo;
- aumento da evaporação;
- elevação de nível e entraves para o escoamento das águas;
- produção de substâncias tóxicas e prejuízos para eventuais e para o gado;
- condições propícias para a criação de mosquitos, larvas e outros vetores;

Diante de tantos efeitos adversos, urge a interrupção do aporte de nutrientes ao sistema Lagoa e Canais.

2.7.2. Remoção de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos ocorrem em abundância ao longo do Canal das Taxas, em parte lançados pelos próprios moradores das comunidades ribeirinhas, e em parte chegando através da rede de águas pluviais. O manejo e a disposição inadequada dos resíduos sólidos, além dos fatores de insalubridade à população e à fauna, prejudicam o livre escoamento da água nos corpos hídricos.

As associações de Moradores do Terreirão e da Vila Amizade participam de uma iniciativa de conscientização da população neste sentido, o Grupo Guardiões do Rio. A nosso ver, esta iniciativa deve ser suportada e encorajada, aliada a uma rotina de remoção dos resíduos sólidos por parte do poder público.

2.7.3. Desassoreamento da lagoa e canais

Também no sentido de melhorar a circulação hídrica do Canal das Taxas, recomenda-se realizar levantamentos batimétricos e desassoreamento para melhorar o padrão de circulação hidrodinâmica da Lagoinha, ponto de ligação entre os dois trechos do Canal das Taxas.

O desassoreamento da lagoa também é muito importante para retirada de nutrientes já depositados no fundo da mesma. Embora não tenham sido quantificados neste estudo, os nutrientes já existentes nos sedimentos da lagoa são parte importante no processo de recuperação da mesma. Sem a remoção dos sedimentos atualmente existentes, é impossível definir um prazo exato de recuperação mesmo após cessado o aporte de nutrientes advindos dos sistemas de esgotamento sanitário, uma vez que os mesmos continuariam contribuindo com quantidades inestimadas para a eutrofização da lagoa.

3. Estudos de alternativas para tratamento de efluentes

3.1. Tecnologia de Wetlands

Wetland é um tipo de ecossistema natural que permanece alagado parcial ou totalmente durante o ano todo. Exemplos de Wetlands naturais são o Pantanal Mato-grossense e os everglades da Flórida (Figura 29). Tal ecossistema tem a capacidade de tratamento de efluentes devido ao ciclo natural que ocorre nas raízes das plantas, denominado fitorremediação.



Figura 29: Exemplo de Wetlands naturais: a) Pantanal (Brasil) e b) Everglades (Flórida - Estados Unidos)

Já os *wetlands* construídos são sistemas que simulam tais ambientes naturais e de maneira controlada se mostram eficientes no tratamento de efluentes domésticos ou industriais, cursos d'água poluídos, águas subterrâneas contaminadas, águas oriundas de escoamento superficial, entre outros.

O tratamento ocorre por meio de processos físicos (filtração, sedimentação e volatilização), químicos (adsorção, oxidação, redução, precipitação e quelação) e biológicos (degradação e absorção pelos microorganismos, decaimento de patógenos, extração pelas plantas, entre outros).

Os principais componentes para construção dessa solução são o meio suporte (camadas de solo, brita ou areia), plantas (macrófitas que fazem o principal trabalho de remoção de nitrogênio e fósforo), fauna (microorganismos capazes de remover contaminantes) e regime hidráulico.

Os Wetlands construídos podem ser subdivididos de acordo com seu escoamento, podendo ser sistemas de lâmina livre, em que o escoamento é superficial e mantém contato com a atmosfera, ou em escoamento

subsuperficial, em que o efluente atravessa a camada suporte. A Figura 30 mostra a classificação dos Wetlands Construídos, de acordo com o escoamento, tipos de macrófitas e de fluxos.



Figura 30: Classificação dos Wetlands Construídos
 Fonte: CRISTIANE RUBIM, Revista TAE, 2017

Comparando com os sistemas convencionais de tratamento, os Wetlands construídos são de baixo custo, fácil operação e manutenção, no entanto precisam de maiores áreas para implantação.

A Figura 31 apresenta o arranjo típico de uma Estação de Tratamento de Efluentes de Wetlands.



Figura 31: Arranjo típico de uma ETE Wetlands.
 Fonte: WETLANDS CONSTRUÍDOS, 2021

3.2. Tecnologia de Jardins Filtrantes

Os Jardins Filtrantes são uma tecnologia que combina diversos ecossistemas, mesclando alguns suportes plantados, tais como filtros de cana, reservatórios plantados e zonas úmidas. A principal forma de tratamento é por meio da fitorremediação, utilizando plantas do bioma local para tal tratamento. Utilizam-se das propriedades das plantas, micro-organismos e substratos na rizosfera para extrair, fixar e tratar os poluentes. A Figura 32 mostra um exemplo de jardins filtrantes implantados.

De acordo com dados disponíveis (PHYTORESTORE, 2021), há diversos mecanismos que atuam no tratamento, tais como:

- Fitodegradação dos contaminantes orgânicos pelo consumo do oxigênio;
- Fitoacumulação de contaminantes necessários para a vida das plantas (cobre, zinco, fósforo, nitrogênio, carbono, etc.);
- Mudança da forma físico-química dos contaminantes que se tornam não biodisponíveis; e
- Fitolixiviação® que permite tornar alguns contaminantes líquidos a fim de retê-los nos filtros vegetalizados (fitofixação).



Figura 32: Jardins Filtrantes
Fonte: JORNAL DO COMERCIO, 2014.

O sistema de tratamento funciona por meio de uma combinação de gradeamento, tanque de aeração, filtro aeróbio, filtro anaeróbio e lagoa de oxigenação. Tal esquema é apresentado na Figura 33.

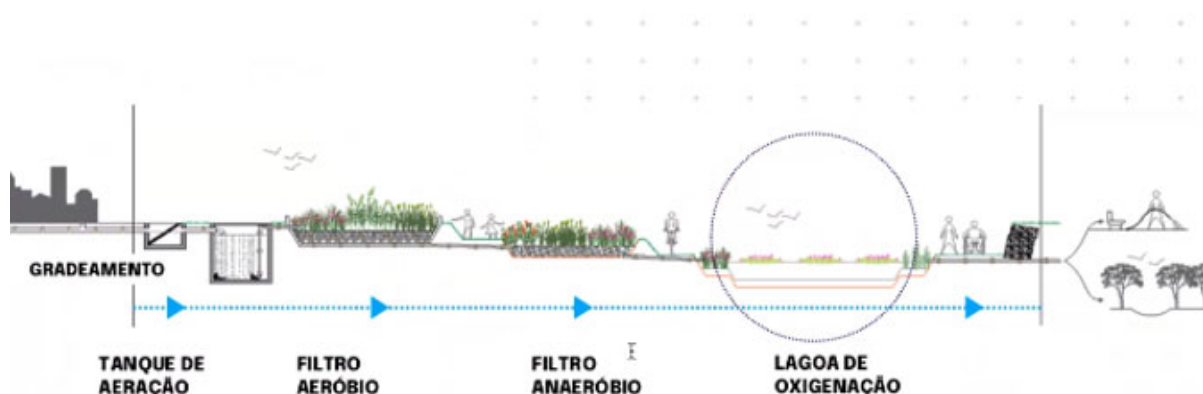


Figura 33: Esquema dos Jardins Filtrantes.
Fonte: PHYTORESTORE, 2021.

O tanque de aeração evita a produção de maus odores e aumenta a eficiência da remoção de DQO e nitrificação. O filtro aeróbio remove os sólidos, promove a nitrificação, desinfecção e reduz 85% da carga orgânica e nutrientes, sendo um processo que demora cerca de 2 horas. O filtro anaeróbio promove a redução de 11% da carga orgânica e nutrientes, reduz os sólidos e viabiliza a desnitrificação e desinfecção. É um processo em que o efluente permanece de 6 a 8 horas. Por fim, há a lagoa de oxigenação que faz o polimento desse efluente, removendo mais 2% da carga orgânica e sólidos. Esta promove a desinfecção por raios ultravioletas (solar), oxigenação, porém demora de 2 a 5 dias. Em análise prévia, a Phytorestore sugeriu que a Lagoinha poderá funcionar como a Lagoa de Oxigenação.

De acordo com dados disponíveis (PHYTORESTORE, 2021), a eficiência dessa tecnologia foi demonstrada através de um comparativo entre o efluente final utilizando Jardins Filtrantes e o efluente final utilizando diversos tipos de tratamento convencionais, com base nas exigências da Resolução CONAMA, obtendo os dados contidos na Figura 34.

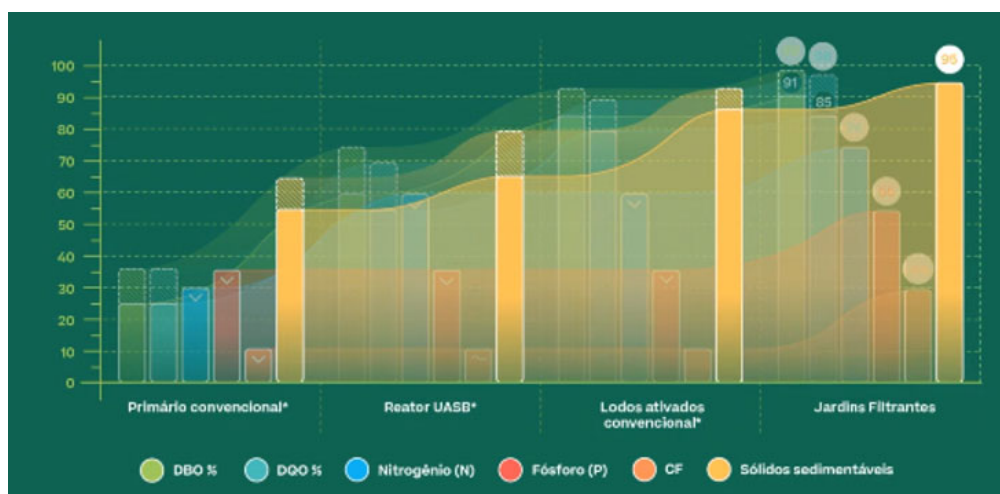


Figura 34: Comparativo entre a eficiência dos Jardins Filtrantes da Phytorestore e tratamentos convencionais
Fonte: PHYTORESTORE, 2021.

Tal tecnologia apresenta algumas vantagens como a não geração de lodo e de maus odores e possui manutenção facilitada. No entanto, assim como as wetlands, essa necessita de grandes áreas para sua implantação.

3.3. Tecnologia de ETE Biomodular - Vermifiltração

A tecnologia de ETE Biomodular, na qual ocorre o processo conhecido como vermifiltração ou “lumbrifiltration” consiste em um sistema de filtro biológico aeróbio, onde o tratamento do efluente sanitário se dá principalmente através do processo de vermicompostagem. Ainda não há normas nacionais ou internacionais para o seu dimensionamento (Madrid et al., 2019).

Segundo Madrid et al. (2019), o vermifiltro é definido como “um filtro biológico aeróbio de fluxo descendente e intermitente, composto por uma camada superior de substrato orgânico com minhocas de espécies detritívoras” e “uma camada inferior que pode ser composta por diferentes materiais granulométricos (como brita, seixo rolado e argila expandida) que permitem a drenagem do líquido clarificado até a tubulação de saída localizada no fundo do reator”.

Na ETE BioModular ocorre a aspersão do efluente líquido sobre um bioma, constituído de uma seleção de materiais orgânicos e de materiais inertes, onde a parte sólida é digerida pela *Eisenia Fetida* e bactérias,

resultando em energia para sua sobrevivência e húmus de sua digestão, e a parte líquida, além de filtrada mecanicamente, passa por um sistema opcional de raios UV para desinfecção (EISENIA, 2021). A Eisenia (2021) afirma ainda que o húmus gerado pode ser retirado uma vez ao ano, não havendo geração de lodo no processo. A Figura 35 apresenta um esquema do sistema (EISENIA, 2021):

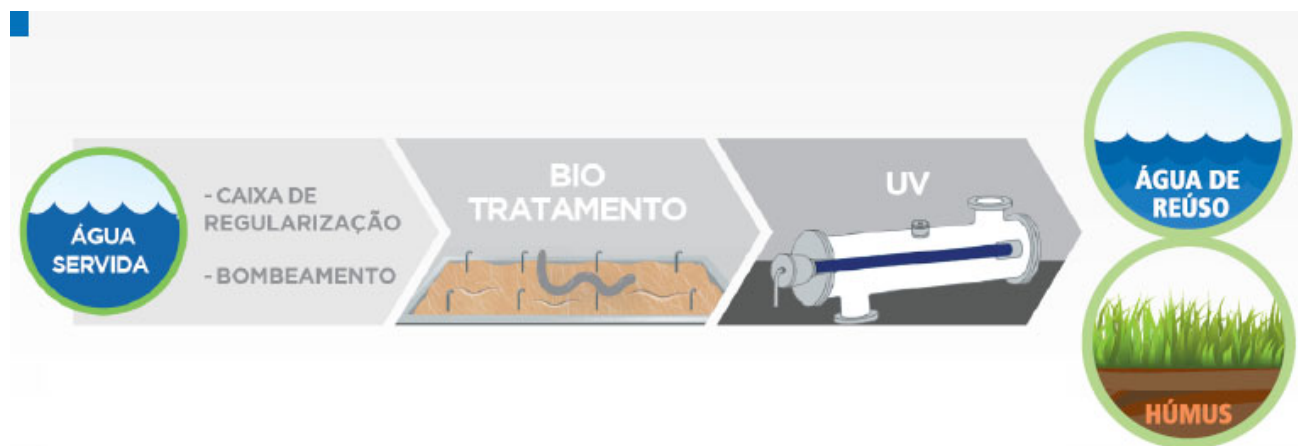


Figura 35: Esquema da ETE BioModular
Fonte: EISENIA, 2021.

A espécie de minhoca utilizada é a *Eisenia Fetida* que apresenta características de elevado consumo de matéria orgânica em relação ao seu peso, capacidade antibiótica, destruindo bactérias como E. coli em seu intestino, é resistente a variação de condições climáticas e adaptabilidade a alterações ambientais como variações no pH e temperatura, fabrica galerias no solo que favorecem a aeração do solo, evitando condições anaeróbias, evitando assim a formação de odores e geração de gás metano (EISENIA, 2021).

O sistema biomodular de vermifiltração apresenta as vantagens de ser um processo natural, sem utilização de produtos químicos, não gera lodo e odor e como benefícios ainda gera húmus e água de reuso (EISENIA, 2021). Sua construção pode ser realizada de forma modular, podendo ser ampliada conforme a demanda, descentralizada, reduzindo a necessidade de coletores. Comparativamente, ainda apresenta a vantagem de utilizar área significativamente menor que outras tecnologias, a exemplo das lagoas de estabilização (EISENIA, 2021). Em relação à operação e manutenção, apresenta baixos investimentos operacionais e não possui partes rotativas (EISENIA, 2021). O consumo de energia elétrica é mínimo e, como não há utilização de produtos químicos, não há geração de gastos com os mesmos.

Embora no Brasil haja poucos estudos a respeito desta tecnologia (MADRID et al., 2019), ela é usada no Chile há mais de 20 anos. O primeiro estudo reportado, segundo Madrid et al. (2019) foi o de Soto e Tohá (1998). E embora o estudo do processo seja pouco expressivo no Brasil, tem sido estudado com maior afinco na Austrália, China e Índia (MADRID et al., 2019).

A Figura 36 apresenta fotos de ETEs implantadas em outros países.



Figura 36: Fotos de instalações
Fonte: (EISENIA, 2021).

3.4. Comparação entre os sistemas

A Tabela 20 apresenta uma breve comparação entre os sistemas Jardins filtrantes-Wetlands e ETE Biomodular-Vermifiltração apresentados.

Tabela 20: Comparação entre as principais características dos sistemas Jardins Filtrantes-Wetlands e ETE Biomodular-Vermifiltração.

Parâmetro	Unidade	Tecnologia	
		Jardins Filtrantes-Wetlands	ETE BioModular-Vermifiltração
Área por habitante	m ²	2,0	0,5
População atendida	hab.	11.180	11.180
Área requerida	m ²	22.360	5.590
Mão de obra	Funcionários	5	2
Eficiência remoção DBO	%	96-99	99-100
Eficiência remoção N	%	74	50
Eficiência remoção P	%	55	35
Custo implementação (incluindo remoção P e N)	R\$	20 milhões	9 a 18 milhões
Custo de operação (incluindo remoção P e N) ¹	R\$/hab.mês	Entre 10 e 15	Entre 5-15 ¹
Vida útil	anos	Indefinido	Indefinido

x

¹ Dependendo do tamanho da planta, contrato de garantias de performances, uso de mão de obra local, venda de adubo, entre outros aspectos.

4. Estudo de autodepuração

4.1. Introdução

O estudo de auto-depuração consiste na modelagem matemática das respostas dos corpos d'água à ação dos agentes poluidores no sentido da recuperação (ou a ausência desta) das condições iniciais de qualidade da água, prévias às ações contaminantes.

São feitas as seguintes análises:

- A análise da situação atual, isto é, com o lançamento dos contaminantes, neste caso, esgotos sanitários *in natura*, com a apreciação dos resultados do equilíbrio, caracterizado pelo corpo d'água com baixo índice de qualidade da água, como visto no item 2.2.5.1;
- A análise da situação após o(s) tratamento(s) proposto(s), e a apreciação do impacto positivo esperado (melhoria dos parâmetros de qualidade da água) e do horizonte temporal esperado para que ocorra.

4.2. Descrição dos dados de entrada e modelos utilizados

Para a análise da qualidade da água, foram utilizados, para o corpo receptor, os resultados de análise dos parâmetros de qualidade da água coletadas pela CAF Química (2021), constantes do Anexo 1 e, para os esgotos, os valores típicos recomendados por Von Sperling (1996).

Foram ainda consideradas concentrações de contaminantes provenientes da Lagoa de Marapendi, a qual, mesmo fora da área de projeto, é responsável pelas vazões que ocorrem no canal das Taxas e lagoa, por sua vez ocasionadas pelas marés.

Os modelos de auto-depuração mais utilizados são os do tipo Streeter-Phelps, cuja formulação é a seguinte:

$$\begin{cases} L = L_0 e^{-\frac{k_d x}{U}} \\ D = \frac{k_d L_0}{k_a - k_d} \left(e^{-\frac{k_d x}{U}} - e^{-\frac{k_a x}{U}} \right) + D_0 e^{-\frac{k_a x}{U}} \end{cases}$$

Onde:

k_d é a taxa de consumo de oxigênio por degradação de DBO em d^{-1} .

k_a é a taxa de aeração de oxigênio no corpo d'água d^{-1} .

L é a DBO da matéria orgânica na água em mg/l.

D é o déficit de oxigênio em mg/l.

U é a velocidade do curso em m/s.

X é a distância desde a descarga em m.

Não obstante, no presente caso existem 2 fatores limitantes ao uso deste modelo:

- A não linearidade do corpo d'água, que compreende sistemas lineares (canais) e não lineares (lagoas)
- A inversão da velocidade U , devido à presença de maré.

Assim sendo, foi utilizado o modelo computacional em elementos finitos SisBAHIA[®] da COPPE, que utiliza estas equações em forma numérica adaptadas às não linearidades acima expostas.

4.3. Modelo computacional

Com o objetivo de resolver as não-linearidades espacial (geometria variada) e temporal (inversão do sentido das correntes), torna-se necessário um modelo computacional em elementos finitos, que resolve as equações de movimento e balanço de massa, reproduzindo com precisão suficiente os campos de velocidade das correntes aquáticas.

O resultado imediato deste modelo é o campo de correntes variado ao longo do tempo, e o secundário, as forças turbulentas, que por sua vez interferem no transporte, difusão e decaimento dos contaminantes.

- Malha

O primeiro passo foi elaborar a malha em elementos finitos, como mostrado na Figura 37 , junto com as fontes poluidoras identificadas na Tabela 21.

Tabela 21: Fontes poluidoras identificadas e respectivas vazões

Ponto	Fonte	Vazão afluente EE (l/s)	Vazão afluente (l/s/km)	Vazão excedente Afluente 2021 l/s	Vazão excedente Afluente 2031 l/s
1	EE Barra Bonita	31.3		7.3	9.38
2	Esgotos difusos Terreirão		2.0	1.0	0.00
3	Esgotos difusos Vila amizade		1.0	0.8	0.00
4	Fossas sépticas + esgoto brutoSB06 ¹	18.8		18.8	23.20
5	Fossas sépticas +esgoto bruto SB07 ²	41.5		41.5	54.50
6	EE Jarbas Carvalho	40		10	51.30
7	Esgotos difusos Canal Marapendi ³			600	600

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

Notas:

1. Considerando características de esgoto bruto
2. Considerando característica de esgoto Bruto
3. Vazão de maré média na seção, as cargas dos contaminantes são dadas por concentração.

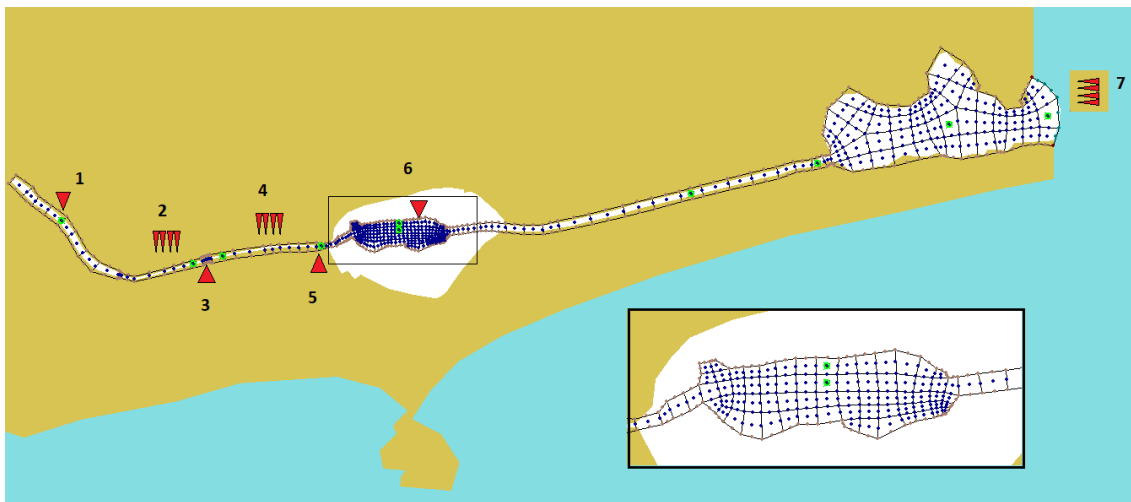


Figura 37: Malha utilizada para modelagem dos parâmetros de qualidade da água.
 Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

As profundidades batimétricas do sistema lagoa-canal foram retiradas:

Canais:

- Dos projetos da Rio Águas (seções e profundidades dos canais do Terreirão, Vila Amizade e do canal a leste);

Lagoas:

- Profundidades utilizadas em estudos de circulação do sistema lagunar de Jacarepaguá (Morais, 2007);
 Informações sobre áreas preferenciais de assoreamento pelos profissionais do Parque Chico Mendes.

O nível de referência adotado é o nível de redução do IBGE.

O resultado é mostrado na Figura 38.

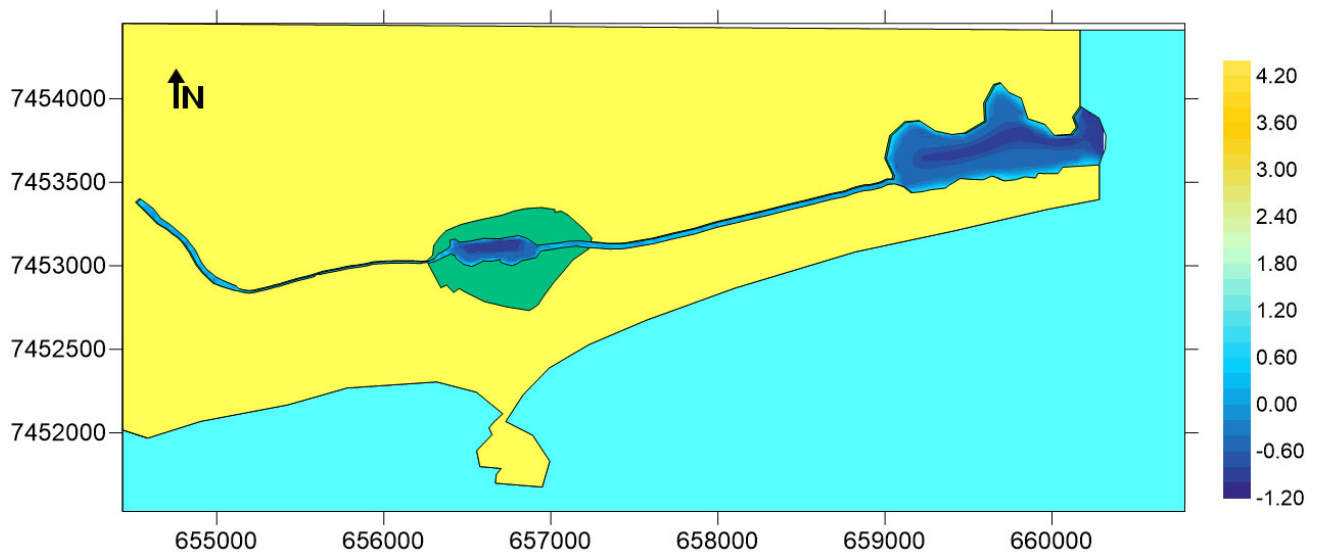


Figura 38: Batimetria utilizada no modelo hidrodinâmico (cotas em m)

4.4. Modelo hidrodinâmico

4.4.1. Marés utilizadas

A principal condição de contorno no sistema do canal das Taxas + Lagoinha é devido à variação da maré, que penetra pelo canal da Joatinga com uma amplitude de cerca de 50cm, chegando à Lagoa de Marapendi com uma amplitude reduzida para cerca de 10%, ou cerca de 5,0cm, como mostrado no gráfico da Figura 39.

A distribuição das elevações do nível d'água no sistema canal-Lagoa é mostrada no gráfico da Figura 40, para três pontos distintos, e a distribuição de velocidades, na Figura 41. Nesta última nota-se que, no instante correspondente a $t=22h$, ocorrem as velocidades máximas na maré de enchente. Percebe-se também que as velocidades de correntes são bem baixas, variando entre 0,005m/s a 0,040m/s (ou 0,5 a 4,0 cm/s). Nota-se ainda que tendem a diminuir na direção oeste (Barra Bonita).

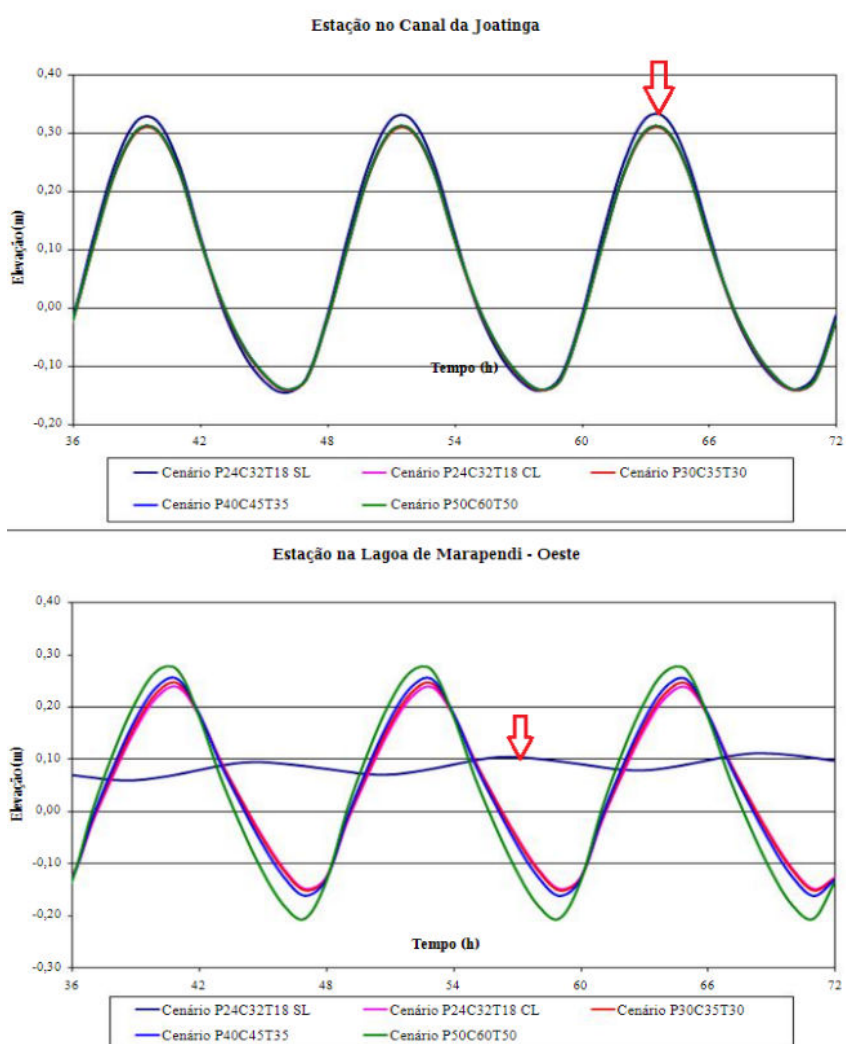


Figura 39: Gráfico das Marés no canal da Joatinga (seta na parte superior) e no Canal de Marapendi-extremo Oeste (seta na parte inferior). **Resultados do modelo hidrodinâmico de Moraes (2007).**
 Fonte: (adaptado de Moraes, 2007)

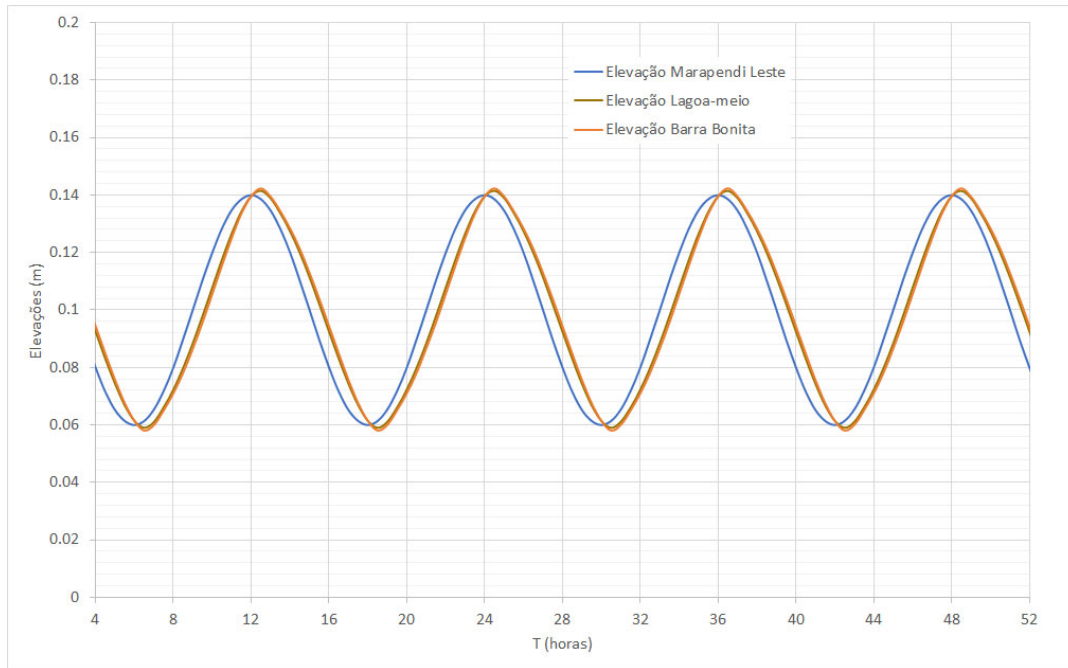


Figura 40: Gráfico de elevações nos extremos leste e oeste e no meio da Lagoinha.
 Fonte: (adaptado de Moraes, 2007)

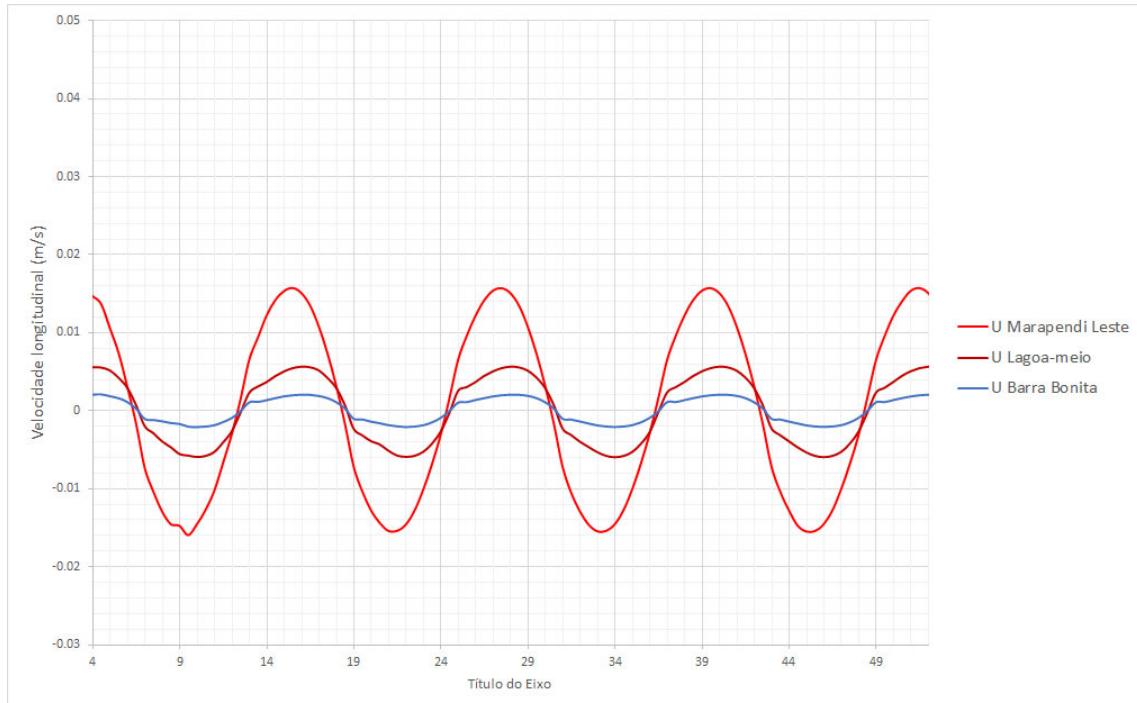


Figura 41: Gráfico de velocidades longitudinais nos extremos leste e oeste e no meio da Lagoinha.
 Fonte: (adaptado de Moraes, 2007)

4.4.2. Distribuição de velocidades de correntes

A distribuição de velocidades pode ser vista no instante correspondente a $t=22h$, um instante de módulos de velocidades máximas na maré de enchente do canal das Taxas, desde a Lagoa de Marapendi (Trecho 1) até a extremidade oeste, próximo ao canal de Sernambetiba (Trecho3), passando pela Lagoinha (Trecho 2), como mostrado na Figura 42. Nota-se que as velocidades de correntes são bem baixas, variando entre 0,005m/s a 0,040m/s (ou 0,5 a 4,0 cm/s). Nota-se também que tendem a diminuir na direção oeste (Barra Bonita). As velocidades máximas ocorrem nos pontos de estrangulamento da seção.

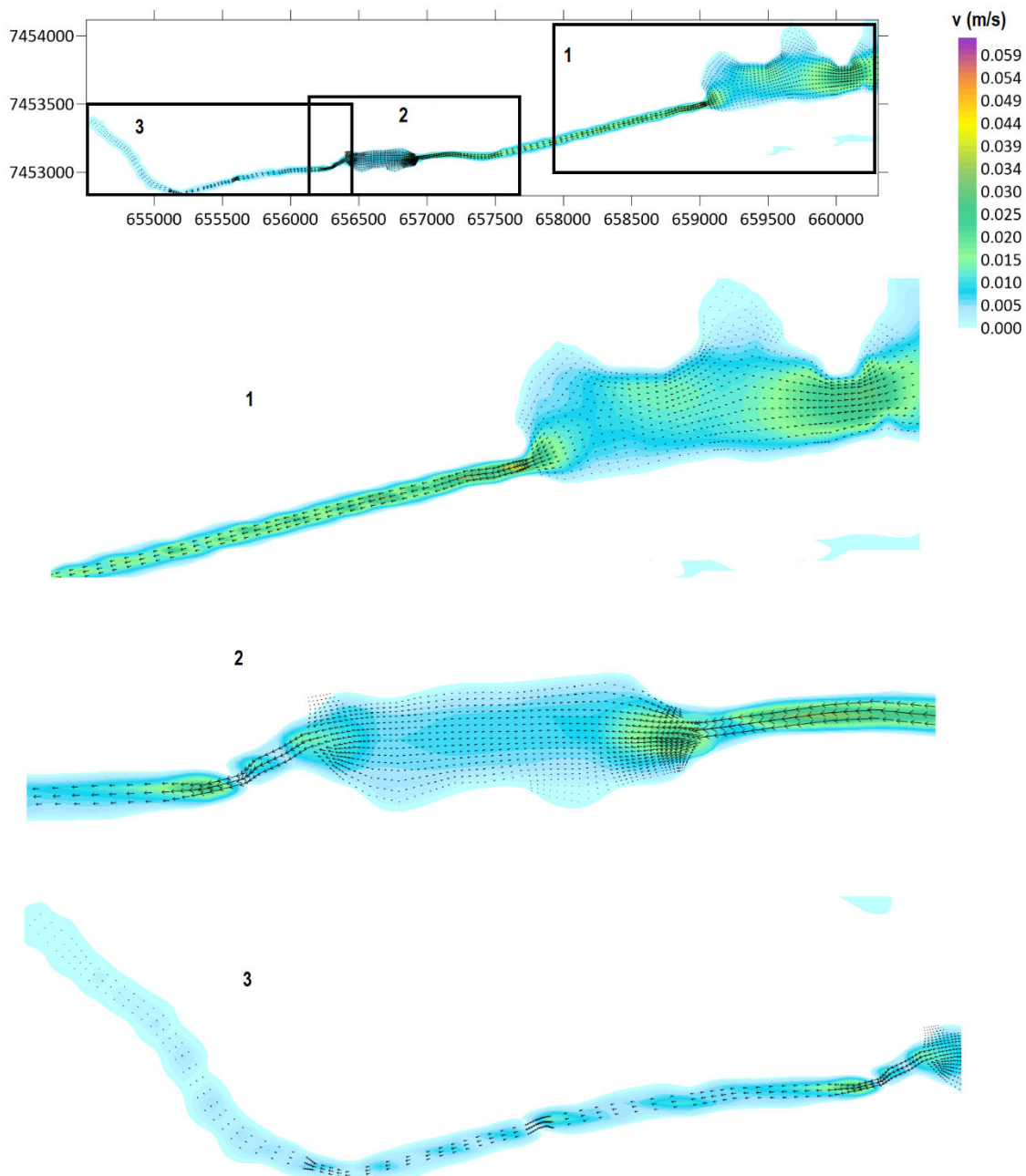


Figura 42: Distribuição de velocidades de correntes no sistema, para $t=22h$, maré de enchente.
Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

4.5. Qualidade da água – condições atuais

A modelagem dos parâmetros da água é importante para determinar, em presença das forças turbulentas resultantes do modelo hidrodinâmico, a velocidade com que as reações de autodepuração atuam, notadamente:

- . Digestão da DBO em função do oxigênio disponível (OD) na água
- . Introdução de O₂ na água devido aos fenômenos turbulentos (correntes aquáticas e ação do vento sobre a superfície da água)
- . Taxa de decaimento bacteriano das bactérias do grupo coliformes, em função de fatores como insolação, salinidade, temperatura, pH, dentre outros.

4.5.1. Parâmetros modelados

Os parâmetros modelados incluem:

- Vazões e concentrações presentes no esgoto lançado
- Vazões e concentrações presentes no meio.

Os parâmetros de entrada utilizados no modelo são mostrados na Tabela 22

Tabela 22: Sumário de parâmetros de qualidade da água e os utilizados nas simulações (marcados com setas)

Ponto	Ponto	Vazão	Vazão	Fator de	Temperat	DBO	DBO	OD	OD meio	Coli Esgoto	Coli meio	N	N meio	P	P meio
		esgoto	meio	diluição	ura meio	esgoto	meio	Esgoto	OD	Coli	Colio	esgoto	No	esgoto	Po
		Q	Qo	S	T	Ce DBO	C DBO	OD	ODo	NMP	Colio	N total	No	P total	Po
		m ³ /s	m ³ /s			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L			mg/l	mg/L	mg/l	mg/L
1	EE Barra Bonita	0.0073	0.4	55	23	320	60.4	0	4.24	8.00E+07	18,000	50	27.8	14	1.57
2	Esgotos difusosTerreirão	0.0001	0.2	2000	23	320	60.4	0	4.24	8.00E+07	18,000	50	27.8	14	1.57
3	Esgotos difusosVila amizade	0.001	0.175	175	23	320	60.4	0	4.24	8.00E+07	18,000	50	27.8	14	1.57
4	Fossas sépticas + esgoto brutoSB06	0.0166	3.15	190	23	192	60.4	0	4.24	8.00E+07	18,000	50	27.8	14	1.57
5	Fossas sépticas +esgoto bruto SB07 (P1)	0.0389	0		23.3	192	38.7	0	2.39	8.00E+07	16,000	40	24.6	14	1.42
6	EE Jarbas Carvalho (P2)	0.01	1.3	130	23.1	192	38.7	0	2.39	8.00E+07	16,000	40	24.6	14	1.42
7	Esgotos difusos Canal Marapendi (P3)	0.002	1.3	200	23.3	192	36.6	0	2.19	8.00E+07	18,000	40	28.5	14	1.59

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

4.5.2. Comentários sobre as modelagens

. OD e DBO

As reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica, representado neste caso por DBO ocorrem em função das condições do meio, em particular:

- O OD e DBO presentes no meio;
- A temperatura da água;
- A intensidade da insolação e horas de sol/dia;

- iv. A temperatura do ar;
- v. A intensidade do vento;
- vi. As velocidades de correntes devido às marés;

Nas modelagens foram consideradas as condições do dia da retirada das amostras:

- . O OD e DBO do meio de acordo com as amostras;
- . A temperatura da água entre 23 e 23,3 °C, de acordo com as amostras
- . A intensidade da insolação e horas de sol/dia (11h/dia)
- . A temperatura do ar, na média 26°C;
- . As marés foram consideradas conforme a previsão feita utilizando as constantes harmônicas fornecidas pela Marinha do Brasil
- . A intensidade do vento foi considerada igual a zero.

. **Coliformes termotolerantes**

Com relação à capacidade dispersão de coliformes termotolerantes, que são indicadores de presença de coliformes fecais e, portanto, de transmissão de patogênicos, além da dispersão hidrodinâmica foi considerado o tempo de decaimento de 90% de sua concentração (T_{90}), o qual varia conforme o meio. Para o tipo de lagoa em estudo, rasa, com águas turvas e ampla exposição ao sol, e temperatura ambiente média diária de 26°Cdo é de 4,0h (USEPA, 1986)

. **Contribuições da Lagoa de Marapendi**

Foi considerada a Lagoa de Marapendi como uma fonte de contaminantes, uma vez que tanto consulta ao plano de manejo quanto a qualidade da água coletada (Tabela 22) indicam que a água proveniente deste corpo hídrico contém contaminação, que se reflete no canal das taxas.

. **Nitrogênio e Fósforo**

As concentrações de N e P não serão analisadas neste estudo, devido à complexa inter-relação entre o consumo e produção, que por sua vez depende de uma série de fatores que não cabem no escopo deste trabalho, como por exemplo:

- . Consumo de nutrientes por espécies predominantes
- . Composição do lodo no fundo do canal e da lagoa, de características eutróficas desconhecidas.

Para remover o N e o P os fabricantes propõem um tratamento químico posterior à remoção de DBO, sólidos e Coliformes pelo sistema.

4.6. Resultados situação atual

4.6.1. OD/DBO

A seguir são apresentados os resultados das modelagens. As figuras foram distorcidas para melhor visualização dos canais, que são estreitos.

Observando os resultados de OD e DBO da Figura 43 e da

Figura 44, respectivamente, observa-se que, visualmente as mudanças são imperceptíveis. Isto se deve a que o modelo utilizado permite a alimentação com as condições. A pouca variação no aspecto da distribuição ao longo do tempo indica que o sistema, embora bastante contaminado, está em equilíbrio.

Nota-se que, nas regiões de menor circulação (menores velocidades de correntes) a taxa de reaeração é menor e, conseqüentemente, o Oxigênio Dissolvido é menor (Figura 43). Isto ocorre particularmente:

- . Na Barra Bonita, onde as velocidades são próximas de zero na maior parte do tempo, por ser um subsistema fechado,
- . Na Extremidade oeste da Lagoinha. O Canal das Taxas, já com pouca velocidade, sofre um súbito alargamento, com diminuição das velocidades de correntes e, conseqüentemente da taxa de reaeração.
- . Na lagoa de Marapendi ocorre o mesmo processo acima.

De forma inversa, onde é menor o OD na água, é maior a contração de DBO, que não tem como oxidar e reduzir a concentração (v.

Figura 44).

4.6.2. Coliformes

Com relação ao modelo de coliformes (Figura 45), o modelo utilizado partiu de uma situação “limpa”, isto é, ausente de coliformes. Nota-se que em cerca de 12,5 horas o sistema encontra-se próximo ao equilíbrio. Em 10 dias as concentrações nos pontos de coleta coincidem razoavelmente com os valores medidos em laboratório, indicado pela cor verde correspondente à ordem de 2×10^7 coliformes/100ml.

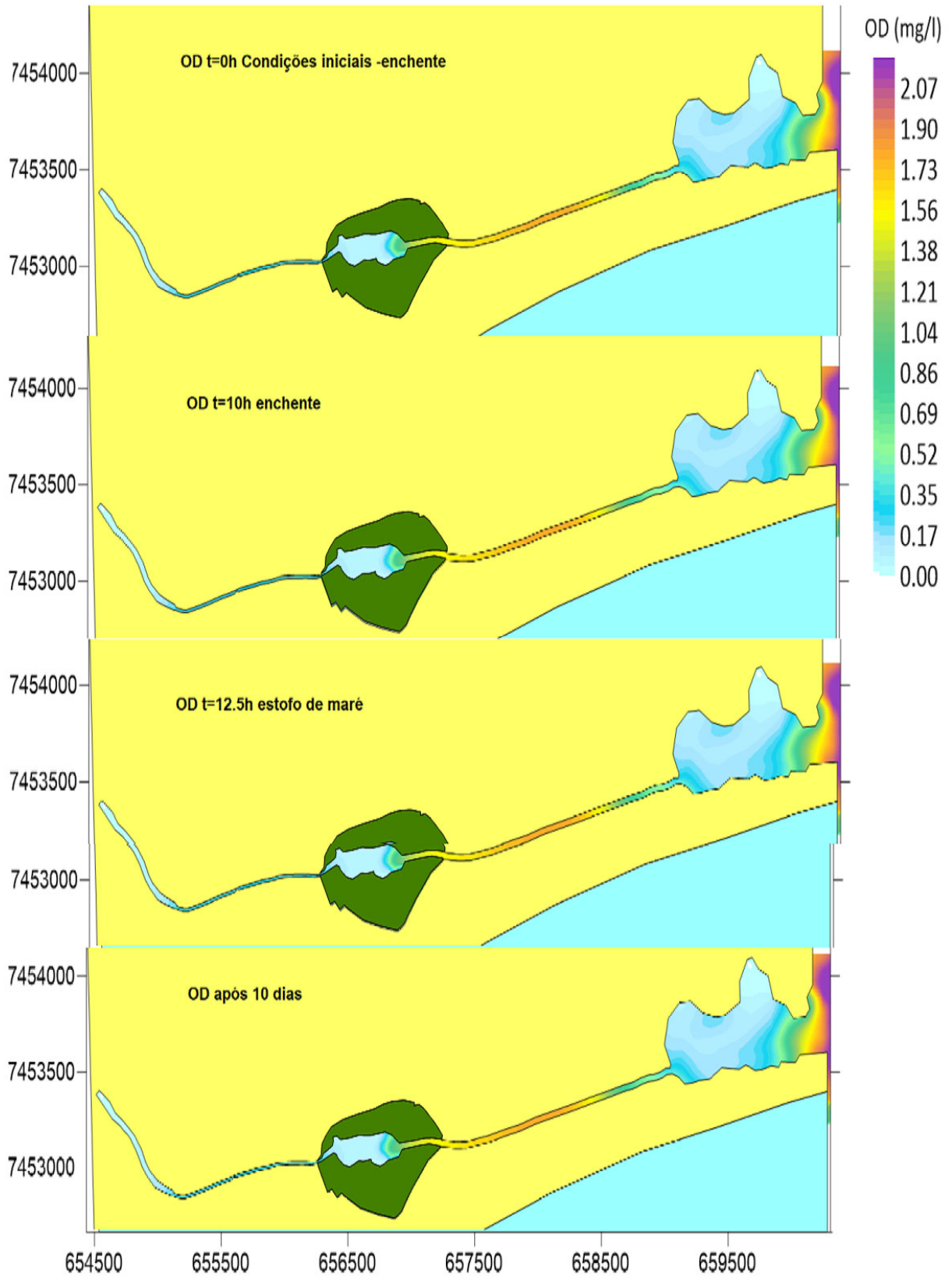


Figura 43: Concentração de OD (Oxigênio dissolvido na água, em mg/l) nas condições iniciais e em diferentes tempos, até 10 dias.
 Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

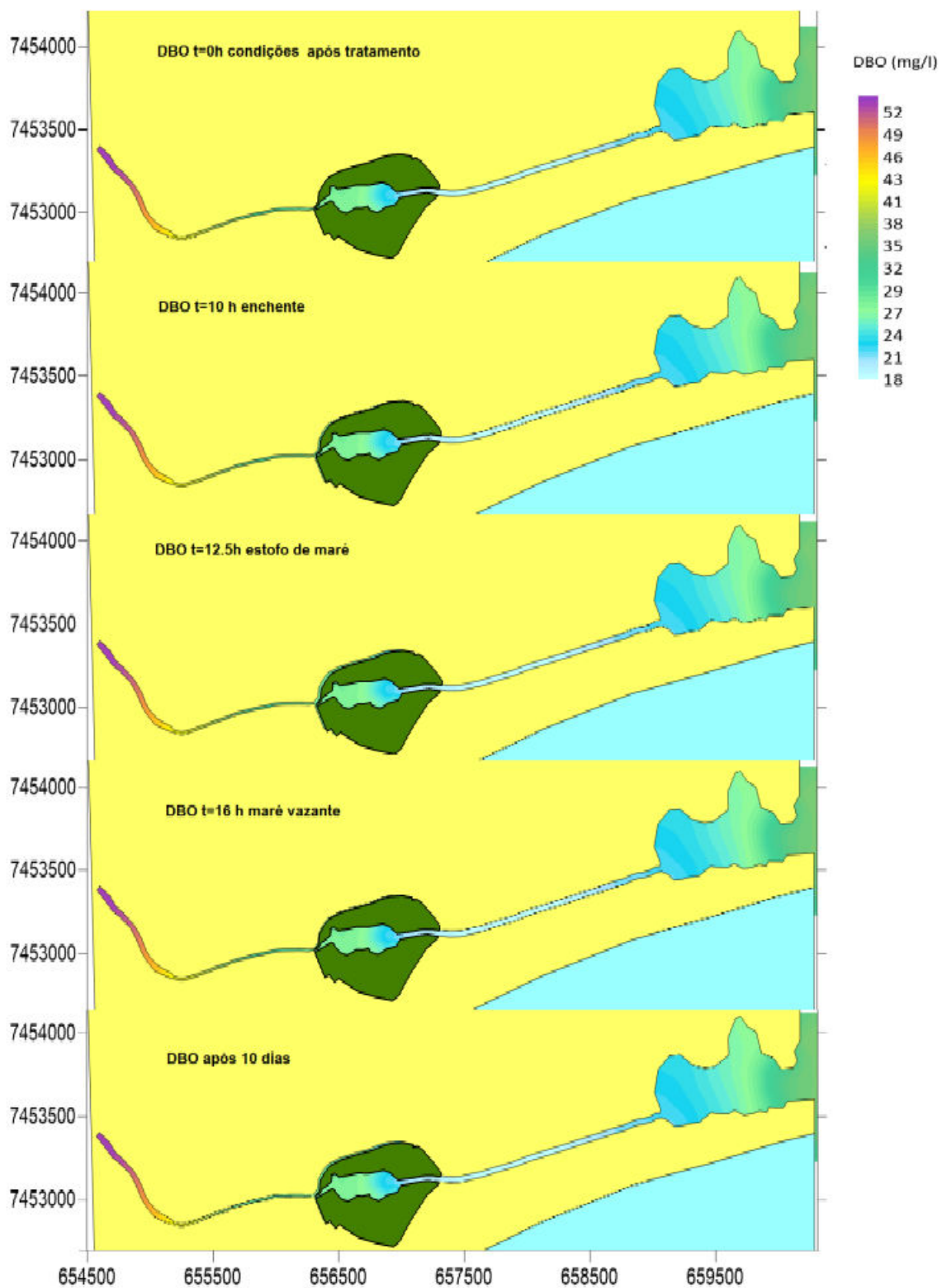


Figura 44: Concentração de DBO (mg/l) nas condições iniciais e em diferentes tempos, até 10 dias.
 Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

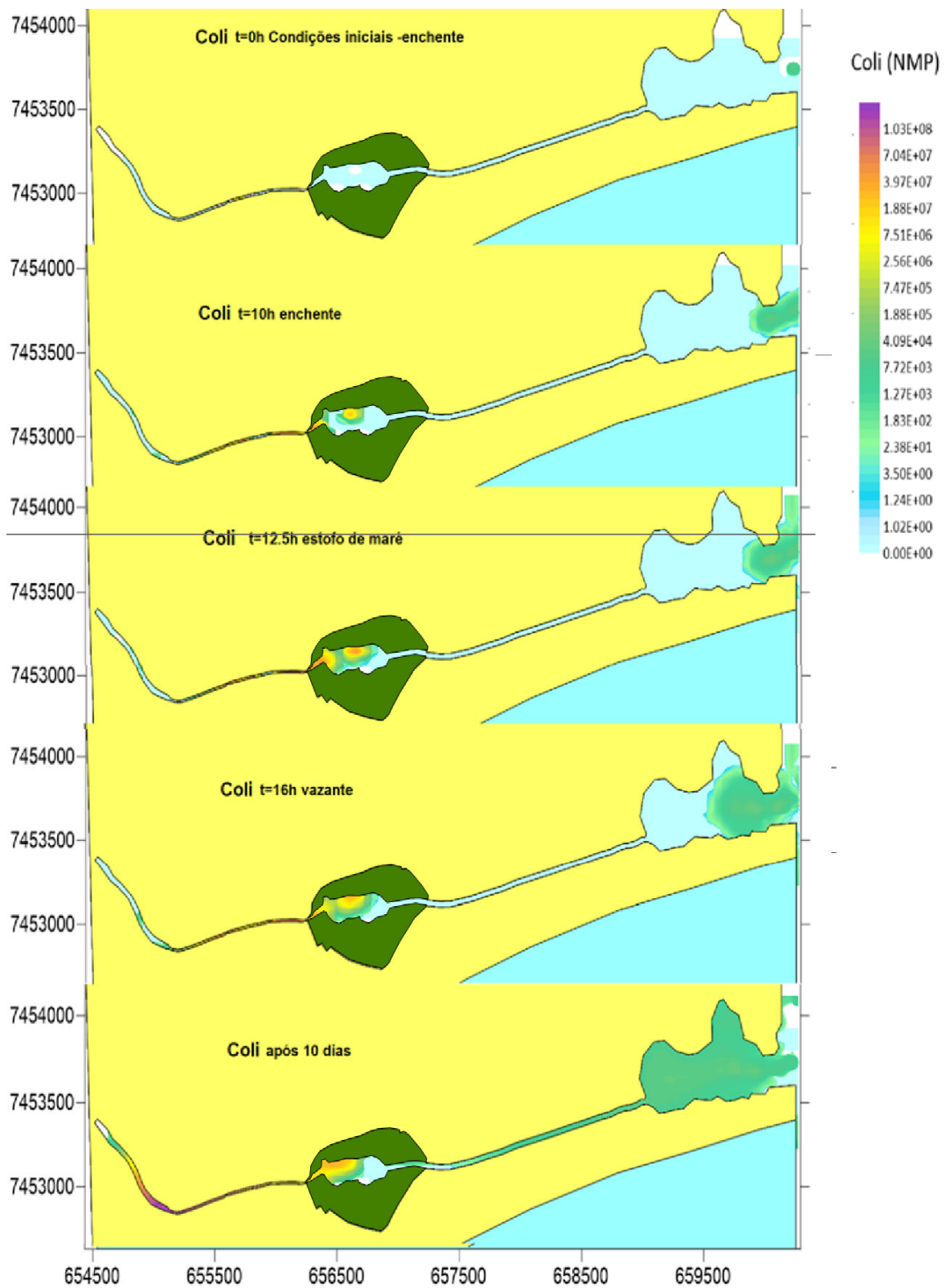


Figura 45: Concentração de coliformes (NMP/100ml) nas condições iniciais e em diferentes tempos, até 10 dias.
 Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

4.7. Qualidade da água – condições após tratamento

4.7.1. Parâmetros modelados

Jardins Filtrantes/Wetlands:

As eficiências típicas de redução de cargas de poluentes dos sistemas Wetlands e Jardins filtrantes em esgotos domésticos foram estudadas em vários sistemas no Brasil por Silva (2007), e são apresentadas, respectivamente, na Tabela 23 e na Tabela 24. Pelo fato de o método de coleta ser captação de tempo seco (CTS), implica em uma redução de eficiência devido ao aporte de águas pluviais (Volschan, 2020). Aplicando estas eficiências às fontes da Tabela 25, são obtidas as concentrações conforme a Tabela 26.

Tabela 23: Eficiência de remoção de sistemas tipo Wetlands e Jardins filtrantes para esgotos domésticos

Parâmetro	Eficiência de redução			Eficiência considerando CTS
	Mínima	Máxima	Média	
DBO	97%	99%	98%	86%
Sólidos sedimentáveis	90%	98%	94%	-
Coliformes	98%	99%	98%	86%
Nitrogênio	88%	94%	91%	-
Fósforo	96%	100%	98%	-

Fonte: Wetlands Construídos, 2021

ETE Biomodular- Vermifiltração :

As eficiências típicas de redução de cargas de poluentes do sistema de ETE Biomodular- Vermifiltração foram informadas pelo desenvolvedor do produto, a Eisenia, e são apresentadas na Tabela 24. Aplicando estas eficiências às fontes da Tabela 25, são obtidas as concentrações conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 24: Eficiência de remoção de sistemas ETE Biomodular- Vermifiltração para esgotos domésticos

Parâmetro	Eficiência de redução			Eficiência considerando CTS
	Mínima	Máxima	Média	
DBO	-	-	91%	85%
Sólidos sedimentáveis	100%	100%	100%	-
Coliformes	99%	100%	99,5%	87%
Nitrogênio	-	-	67%	-
Fósforo	-	-	36%	-

Fonte: Eisenia, 2021

Observa-se que as eficiências considerando a captação de tempo seco tornam as 2 alternativas muito próximas em termos de remoção de carga de DBO e Coliformes.

4.7.2. Concepção dos sistemas de coleta, transporte e tratamento alternativo dos esgotos

Considera-se que as estações elevatórias (EE) nas áreas formais são responsabilidade da nova concessionária que deverá tomar as seguintes medidas:

- . Adequar as EEs às vazões afluentes
- . Implantar um sistema de alarme na rotina operacional acusando o mau funcionamento das mesmas.

Com relação à área não atendidas por redes de esgoto, mostrada na Figura 28, os esgotos dali provenientes serão coletados por uma captação de tempo seco, após o qual será feito o gradeamento e bombeamento e recalque à área de tratamento, para posterior devolução do efluente tratado ao corpo d'água. A possível falha elétrica da EE Jarbas de Carvalho é considerada, para um máximo de 6h de lançamento contínuo. A concepção do sistema, tal como descrito é mostrada na Figura 45.

Importante: O modelo considera que o canal e a lagoa terão remoção de macrófitas e de lodo do fundo, em paralelo à implantação do sistema de tratamento.



Figura 46: Áreas preferencias de implantação de Tratamento Alternativo (TA)
Fonte: Eco Tools Engenharia. sobre Mapa do Google Earth, 2021.

Considerando um consumo per capita de 250 l/s e um coeficiente de retorno esgoto/água igual a 0,80, e desprezando o aporte devido à infiltração, teremos as vazões e concentrações modeladas, mostrada na Tabela 25.

Tabela 25: Capacidade de tratamento necessária.

Fonte	Bacia	Estação Elevatória (EE) de Destino ¹	População 2031 (Estimada) (hab)	Vazão a tratar Qm (l/s) 2031
1	7	Esgotos nas Águas Pluviais B07s	11.180	25.9
2	8	EE Jarbas Carvalho ²	10705	24.8

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

Tabela 26: Sumário de parâmetros de qualidade da água após tratamento por Jardins Filtrantes/Wetlands ou Vermifiltração.

Ponto	Ponto	Vazão	Fator de	Tempera	DBO	DBO	OD	OD	Coli Esgoto	Coli meio	N	N meio	P	P meio
		esgoto	diluição	tura	esgoto	meio	Esgoto	meio	Coli	Colio	esgoto	meio	esgoto	meio
		Q(2031)	S	T	Ce DBO	C DBO	OD	ODO	Coli	Colio	N total	No	P total	Po
		m ³ /s			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP		mg/l	mg/L	mg/l	mg/L
5	Esgoto tratado SB07 ¹	0.026		23.3	44.8	5	0	5	1.12E+07	1000	3.6	24.6	0.28	1.57
6	Esgoto bruto EE Jarbas Carvalho	0.025	130	23.1	320	5	0	2.39	8.00E+07	1000	3.6	24.6	0.28	1.42
7	Esgotos difusos Canal Marapendi	0.002	200	23.3	3.84	36.6	0	2.19	1.80E+04	18000	3.6	28.5	0.28	1.59

Nota1: Considerando um vazamento de esgoto bruto ininterrupto de 6h

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

4.7.3. Resultados após o tratamento

A seguir são apresentados os resultados dos estudos de autodepuração para ambas modalidades de tratamento de OD, DBO e Coliformes.

As simulações consideraram, além das vazões e concentrações do efluente tratado, um vazamento de 6 horas na EE Jarbas de Carvalho, coincidindo com o início destas, de forma a investigar o tempo decorrido desde a interrupção do vazamento até que as águas recuperem as propriedades

Novamente, as figuras foram distorcidas para melhor visualização dos canais, que são estreitos.

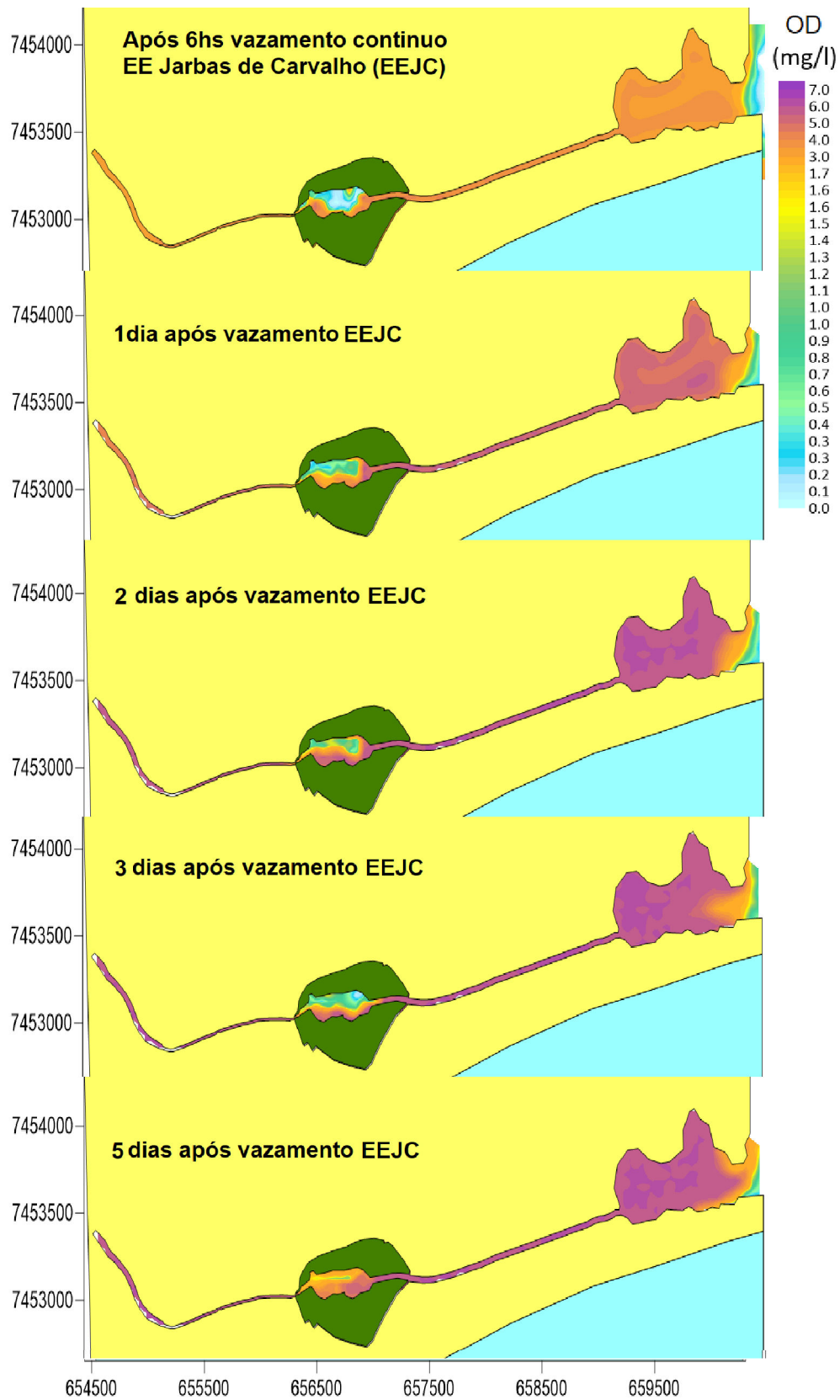


Figura 47: Concentração de OD (mg/l) nas condições iniciais e em diferentes tempos após a implantação do tratamento, até 5 dias.
 Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

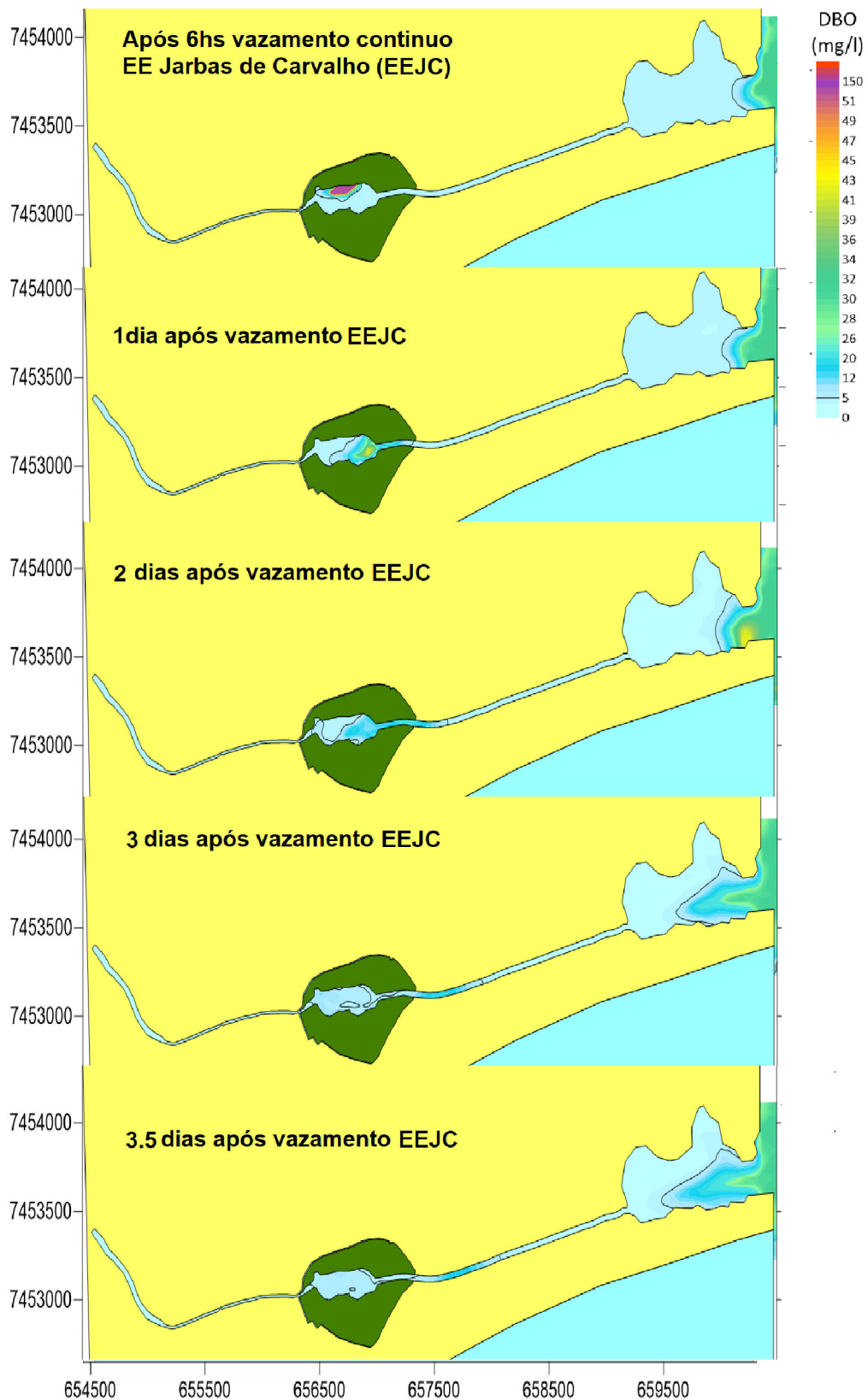


Figura 48: Concentração de DBO (mg/l) nas condições iniciais e em diferentes tempos após a implantação do tratamento, até 3,5 dias.

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

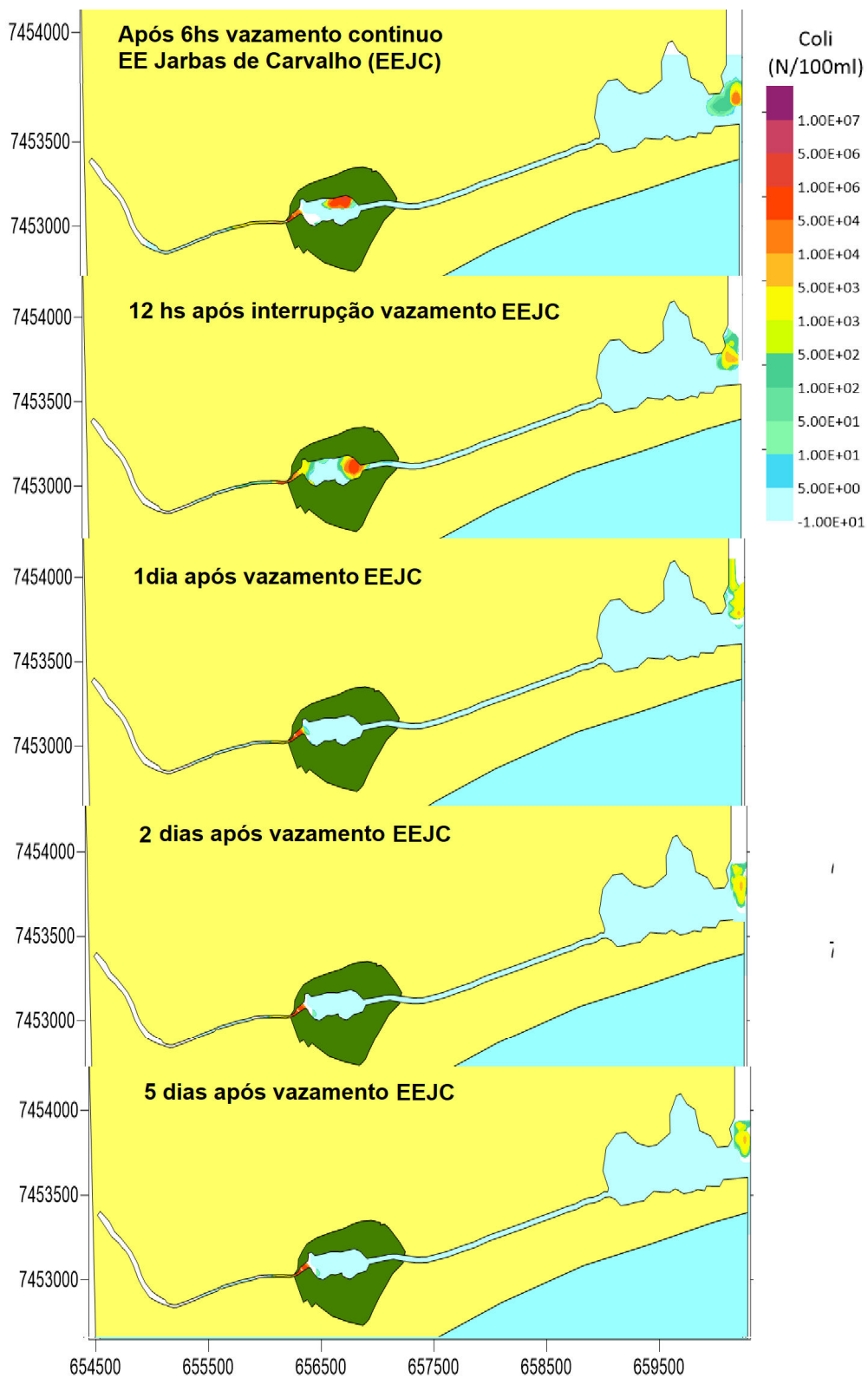


Figura 49: Concentração de Coliformes (NMP/100ml), nas condições iniciais e em diferentes tempos após a implantação do tratamento, até 10 dias.

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

4.7.4. Discussão dos resultados

No que refere às concentrações de OD e DBO, foram consideradas as mesmas concentrações e, portanto, os mesmos resultados.

- OD: Após o início da simulação, coincidente com o vazamento da Estação Elevatória Jarbas de Carvalho (EEJC), o OD assume valores baixos, próximos a 0,5mg/l . Com a renovação de águas vindo da Lagoa de Marapendi, com a bio-digestão da DBO e a aeração natural do corpo d'água, ocorre uma recuperação total após 5 dias, com valores acima de 3,0 mg/l. Na região de lançamento do efluente tratado, ocorrem os menores níveis de OD.
- DBO: Após o início da simulação, coincidente com o vazamento da EEJC, a DBO apresenta valores bem altos, de até 150 mg/l, devida à carga de esgoto bruto lançada durante 6 h. Novamente, com a renovação de águas vindo da Lagoa de Marapendi, com bio-digestão e a aeração natural do corpo d'água, ocorre uma recuperação total após 3,5 dias, com valores em torno de 5,0 mg/l. Na região de lançamento do efluente tratado, ocorrem valores médios acima de 5mg/l em trechos relativamente pequenos do canal, nas imediações da entrada à lagoa.
- Coliformes: Após o início da simulação, coincidente com o vazamento da EEJC, a DBO apresenta valores bem altos, de até 10⁶/100ml, devida à carga de esgoto bruto lançada durante 6 h. Novamente, com a renovação de águas vindo da Lagoa de Marapendi, e o decaimento bacteriano, ocorre uma recuperação total da zona do vazamento após 2 dias. Na região de lançamento do efluente tratado, entretanto, ocorrem valores médios acima de 1000/100ml em trechos relativamente pequenos do canal, nas imediações da entrada à lagoa.

De forma geral, o tratamento, associado à reforma e melhorias operacionais das elevatórias é benéfico à lagoa. Não obstante, um hipotético vazamento da EEJC de 6h, ocorre uma recuperação total dos parâmetros OD, DBO e coliformes em 5 dias.

Tabela 27: Concentração de OD antes (cenário sem vento) e após os dois sistemas de tratamentos alternativos.t=10 dias

Ponto de amostragem	Localização	Limite Classe 2	OD Saturação a 23,2°C (mg/l)	Antes		Wetland ou Vermifiltração	
				mg/l	% sat.	mg/l	% sat.
1	Canal das Taxas esquina com Gilka Machado	>=5	8,3	0,15	1,8%	2,63	31,7%
2	Pier de madeira do Parque Chico Mendes	>=5	8,3	0,17	2,0%	3,03	36,5%
3	Ponte sobre Canal das Taxas, rua Marechal Olympio Falconieri	>=5	8,3	1,74	21,0%	6,02	72,5%

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

Tabela 28: Concentração de DBO antes (cenário sem vento) e após os dois sistemas de tratamentos alternativos.t=10 dias

Ponto de amostragem	Localização	Limite Classe 2	Antes	Wetland ou Vermifiltração	
			mg/l	mg/l	% redução
1	Canal das Taxas esquina com Gilka Machado	<=5	41,2	6,2	85,0%
2	Pier de madeira do Parque Chico Mendes	<=5	37,9	4,8	87,3%
3	Ponte sobre Canal das Taxas, rua Marechal Olympio Falconieri	<=5	25,9	6,3	75,7%

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

Tabela 29: Concentração de Coliformes antes (cenário sem vento) e após os dois sistemas de tratamentos alternativos.t=10 dias

Ponto de amostragem	Localização	Limite Classe 2	Antes	Wetland ou Vermifiltração	
			NMP/100ml	NMP/100ml	% redução
1	Canal das Taxas esquina com Gilka Machado	1000	7.400.000	5200	99.93%
2	Pier de madeira do Parque Chico Mendes	1000	21.700.000	8	100.00%
3	Ponte sobre Canal das Taxas, rua Marechal Olympio Falconieri	1000	8.170	9	99.89%

Fonte: Eco Tools Engenharia, 2021.

5. Conclusões

Foi feito um estudo de autodepuração de um corpo d'água, composto pelo canal das Taxas e Lagoinha, extremamente poluído para duas concepções de tratamento biológico de águas servidas (esgotos domésticos), quais sejam: Jardins Filtrantes/Wetlands e ETE Biomodular- Vermifiltração.

A implantação de um sistema de tratamento do tipo biológico, como os supramencionados, tem potencial de reabilitar as águas do sistema, possibilitando uma melhora significativa no IQA.

Ainda que persista o aporte de contaminantes da Lagoa de Marapendi, estes sofrem reduções significativas em suas concentrações no trajeto em direção à Lagoinha, reduzindo as concentrações de base de DBO e Coliformes, e aumentando assim, o OD.

Com relação ao OD, foi constatado que, na situação mais favorável, de pouco vento, a reaeração natural do corpo d'água é pequena, e os níveis de O.D. ficam abaixo do limite da classe 2, em torno de 3,0 mg/l. Este valor, entretanto, deve aumentar com a produção de O₂ por fotossíntese. A aeração artificial por meio de sopradores também pode ser introduzida, e deve ser objeto de análise nas fases subsequentes de projeto.

Com relação à DBO, ocorre uma redução significativa, deixando o corpo d'água ligeiramente acima dos limites da classe 2 em praticamente toda a área.

A concentração de coliformes acima da classe 2 ocorre em uma área restrita ao lançamento, na saída do canal para a lagoa, próxima à esquina com a avenida Gilka Machado..

Com relação aos compostos de N e P, embora o processo de Jardins/Wetlands seja mais eficiente neste aspecto, para ambos métodos será necessária remoção química destes compostos, de forma a minimizar os efeitos de eutrofização.

Analisando-se as ponderações realizadas pelo Grupo de trabalho de acompanhamento deste estudo de concepção, dentre os dois métodos, recomenda-se o de Jardins Filtrantes/Wetlands, pelos motivos expostos a seguir:

- . Embora ocupe área maior, estará mais integrado à paisagem, causando menos estranhamento/repulsa pela população para sua instalação;
- . Possui maior remoção de nutrientes;
- . É um sistema mais conhecido e consolidado com mais experiências no Brasil.

Com relação ao prazo de recuperação, varia conforme o índice. Para o OD, DBO e coliformes, os modelos apontaram para um ponto próximo ao equilíbrio em um prazo de 10 dias.

Com relação às concentrações de N e P, estima-se um prazo maior, devido às complexas inter-relações com a biota atual, induzido em parte por uma sobre-oferta de nutrientes. A interrupção do aporte destes nutrientes causará modificações nesta biota, causando ciclos sucessivos de morte, recuperação e equilíbrio das populações existentes e crescimento de outras populações, em função das novas disponibilidades de N e P (Braga et al., 2002).

Assim sendo, estima-se que um prazo de 6 meses seja suficiente para atingir um novo equilíbrio.

6. Bibliografia

AMARAL, D. ; SILVA, L.; MIGUEZ, M. G. & FONSECA, P.L. , 2013: ESTUDOS DE SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DO CANAL DE SERNAMBETIBA NO RIO DE JANEIRO SOB EFEITOS DE MARÉ. XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. BENTO GONÇALVES, RS.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1992: NBR 12211 – NORMA BRASILEIRA PARA ESTUDOS DE CONCEPÇÃO DE SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1986: NBR 9649 NORMA BRASILEIRA PARA ESTUDOS DE CONCEPÇÃO DE SISTEMAS PÚBLICOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIOS

AZEVEDO NETO, J.M. NOVOS CONCEITOS SOBRE EUTROFIZAÇÃO. REVISTA DAE, 48(151): 22–28, 1988.

BRAGA, BENEDITO *ET AL.*, 2002: INTRODUÇÃO À ENGENHARIA AMBIENTAL. SÃO PAULO. ED. PRENTICE HALL, SÃO PAULO, SP.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978 (Redação dada pela Lei nº 14.026/2020).

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

BRASIL. Lei nº 12.712 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO. APÊNDICE D - ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. SÃO PAULO, 2019.

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINEIRAIS (CPRM), 2012: GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BAÍA DE GUANABARA SF-23-Z-B-IV

CONSÓRCIO FATOR, CONCREMAT, VG&P, 2018: PPROJETO DE CONCESSÃO REGIONALIZADA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATUALMENTE ATENDIDOS PELA CEDAE. <http://www.rj.gov.br/consultapublica/Documentos.aspx>

CRISTIANE RUBIM. TRATAMENTO DE EFLUENTES COM WETLANDS E JARDINS FILTRANTES CONSTRUÍDOS ARTIFICIALMENTE. REVISTA TAE, ED. 34, PÁG. 10-19, 2017.

DETZEL CONSULTING, 2014: PLANO DE MANEJO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL CHICO MENDES. PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (PCRJ); FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE – FUNBIO; SECRETARIA DE ESTADO DE AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO – SEA RJ; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMAC.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010: CENSO NACIONAL. DISPONÍVEL EM www.ibge.gov.br

IPP- Instituto Pereira Passos e SABREN - Sistema de Assentamentos de Baixa Renda, 2021: Favelas de A a Z e respectivas populações, baseado nos censos de 2000 e 2010. Endereço web:

<https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=4df92f92f1ef4d21aa77892acb358540>.

JORNAL DO COMERCIO, 2014. EMPRESA QUE DESPOLUIU O RIO SENA ABRE ESCRITÓRIO NO RECIFE. ACESSO EM: JUNHO DE 2021. DISPONÍVEL EM: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/economia/pernambuco/noticia/2014/09/14/empresa-que-despoluiu-o-rio-sena-abre-escritorio-no-recife--145476.php>.

MORAIS, AMANDA, 2007: ANÁLISE DE ALTERNATIVAS HIDRODINÂMICAS PARA O SISTEMA LAGUNAR DA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO, COPPE/UFRJ, M. SC., ENGENHARIA OCEÂNICA, 2007. DISSERTAÇÃO M.SC.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (PCRJ), 2015: (PMSB - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. IN: DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (PCRJ), 2011. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO – ÁGUA E ESGOTO.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (PCRJ). LEI COMPLEMENTAR N.º 111, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2011. DISPÕE SOBRE A POLÍTICA URBANA E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO, INSTITUI O PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 30.031, de 10 de novembro de 2008. Dispõe sobre a criação dos Conselhos das Unidades de Conservação do Município do Rio de Janeiro, define sua composição, as diretrizes para seu funcionamento e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 42.930, de 18 de abril de 2011. Cria o programa estadual Pacto pelo Saneamento.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 42.931, de 18 de abril de 2011. Cria o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 47.609 de 18 de maio de 2021. Altera a designação e o escopo do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara, que passa a ser denominado de Programa de Saneamento Ambiental, modifica o decreto nº 42.931, de 18 de abril de 2011, e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 34.290 de 15 de agosto de 2011 - aprova o Plano Municipal de Saneamento para os serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (PMSB-AE)

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 41.173, de 23 de dezembro de 2015 - aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas.

RIO DE JANEIRO. Lei Complementar nº 111 de 1º de fevereiro de 2011 - trata da Política Urbana e Ambiental do Município, e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro.

RIO DE JANEIRO. Resolução CONEMA Nº 83 de 26/07/2018. Regulamenta o disposto no art. 3º, X, "k", da Lei Federal nº 12.651/2012, estabelecendo outras ações ou atividades reconhecidas como eventuais e de baixo impacto ambiental.

RIO DE JANEIRO. Resolução SMAC Nº 589 de 04 de maio de 2015. Dispõe sobre o Regimento Interno do Conselho Consultivo do Parque Natural Municipal Chico Mendes.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS, FUNDAÇÃO INSTITUTO DAS ÁGUAS (PMSB-MAP), 2009). PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO – MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.

SILVA, SELMA CRISTINA, 2007. WETLANDS CONSTRUÍDOS DE FLUXO VERTICAL COM MEIO SUPORTE DE SOLO NATURAL MODIFICADO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS. TESE DE DOUTORADO – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. FACULDADE DE TECNOLOGIA. ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

USEPA, 1986. AMBIENT WATER QUALITY CRITERIA FOR BACTERIA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, WASHINGTON, D.C

VOLSCHAN, I, 2020. CONSIDERAÇÕES SOBRE A PERTINÊNCIA E VIABILIDADE DA ESTRATÉGIA DE CAPTAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS EM SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL. Disponível em agosto de 2022 em: <https://drhima.poli.ufrj.br/index.php/br/destaque/noticias?start=10>

VON SPERLING, M., 1996: INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS. EDITORA UFMG.

WETLANDS CONSTRUÍDOS. ETE - WETLANDS TRATAMENTO DE ESGOTO. ACESSO EM: JUNHO DE 2021. DISPONÍVEL EM: <https://www.wetlands.com.br/ete-wetlands-tratamento-de-esgoto>.

Anexo I

Laudos de Qualidade da água



Comitê de Bacia da
Baía de Guanabara

