

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA  
LAGOA DE MARAPENDI - RIO DE JANEIRO, RJ

Gabriela Cardoso Lyra

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

Rio Claro (SP)  
2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

GABRIELA CARDOSO LYRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA  
LAGOA DE MARAPENDI – RIO DE JANEIRO, RJ

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Rio Claro – SP

2019

L992a Lyra, Gabriela Cardoso  
Avaliação da Qualidade da Água da Lagoa de Marapendi -  
Rio de Janeiro, RJ / Gabriela Cardoso Lyra. -- Rio Claro, 2019  
91 f. : il., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia  
Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto  
de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro  
Orientador: Marcelo Loureiro Garcia

1. Água Qualidade. 2. Parâmetros de Qualidade. 3. Lagoas  
Costeiras. 4. Complexo Lagunar de Jacarepaguá. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GABRIELA CARDOSO LYRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA  
LAGOA DE MARAPENDI – RIO DE JANEIRO, RJ

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Comissão Examinadora**

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia (orientador)

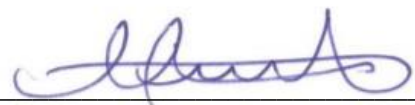
Dr. João Gabriel Thomaz Queluz

Dra. Lauren Nozomi Marques Yabuki

Rio Claro, 4 de novembro de 2019.

Gabriela Cardoso Lyra

Gabriela Cardoso Lyra



Marcelo Loureiro Garcia

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, por serem meu porto seguro, por todo apoio e terem me proporcionado tantas oportunidades durante essa minha trajetória.

A minha mãe em especial e ao meu padrasto Mauro, se não fossem pelas tantas mudanças que tivemos em nossas vidas talvez a minha não tivesse tomado o mesmo rumo, e agradeço por onde estou hoje.

Ao Filipi, meu namorado, pelo carinho que sempre teve comigo e pelo apoio nos momentos difíceis, sem ele eu não teria conseguido chegar até aqui.

A Tia Deise e a Tia Aparecida, duas figuras essenciais na minha vida, que sempre me apoiaram, aconselharam e ajudaram, serei eternamente grata.

A toda a minha família, meu irmão, meus avós, tios e primos, que mesmo distantes sempre estiveram, de alguma forma, presentes me apoiando.

A todas as meninas da minha república, Rep da Vinci (Ana, Ane, Dani, Lari, Lana, Luma, Cali, Thais, Maria e Bia), que são como irmãs para mim e tornaram esses anos de faculdade inesquecíveis, essa amizade será eterna.

A minha melhor amiga Lalis, por tantos anos de amizade, pelas risadas e pelo companheirismo.

Ao Prof. Dr. Marcelo, por ter aceitado me orientar, pelo suporte, conselhos e pela paciência.

Ao João e a Lauren, membros da banca examinadora, por aceitarem o convite.

Aos professores do Colégio Anglo Americano e do Colégio Diocesano La Salle, por todos os ensinamentos. Aprendi muito com todos.

A UNESP, por todo o ensinamento e por criar em nós um sentimento de pertencimento que em nenhum outro lugar será igual.

A todos da Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Rio Claro, pela oportunidade e por me propiciarem ótimas risadas durante todo o período de estágio.

Ao Matheus, essa pessoa única (sempre “feliz e contente”), pelas risadas e por me ajudar na elaboração dos mapas desse trabalho.

## RESUMO

Lagoas costeiras são ambientes naturais localizados entre o continente e o oceano, sendo de grande importância para o ser humano devido a uma série de serviços proporcionados, além de servirem como corpo receptor de águas pluviais. No entanto, estas zonas têm sido submetidas a constantes processos de degradação devido as atividades humanas. O presente trabalho teve como principal objetivo realizar o diagnóstico ambiental da Lagoa de Marapendi, utilizando-se como base os dados históricos de qualidade da água de três estações de monitoramento, no período de 2010 a 2017. As variáveis utilizadas foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Fósforo Total (PT), Série Nitrogenada e Coliformes Termotolerantes. Os dados foram comparados com os padrões estabelecidos pela legislação e os resultados obtidos revelaram que a Lagoa está em más condições de qualidade ambiental, principalmente devido ao acelerado processo de eutrofização causado pelos constantes lançamentos de esgoto sem tratamento no corpo d'água. Além disso, foi possível perceber que o ponto localizado a montante da Lagoa apresentou pior qualidade, que pode ser justificado pela baixa capacidade de renovação de suas águas nesta parte da Lagoa.

**Palavras-chave:** Qualidade da Água. Parâmetros de Qualidade. Lagoas Costeiras. Complexo Lagunar de Jacarepaguá.

## **ABSTRACT**

Coastal lagoons are natural environments localized between the continent and the ocean, being of great importance to human beings due to a series of services provided, besides serving as rainwater receiving bodies. However, these zones have been subjected to constant degradation processes due to human activity. This study had as its main goal performing the Marapendi lagoon's environmental diagnosis, using as a basis the water quality historical data from three monitoring stations, from 2010 until 2017. The variables used were the Biochemical Oxygen Demand (BOD), Dissolved Oxygen (DO), Total Phosphorus (TP), Nitrogen Series and thermotolerant coliforms. The data was compared with the patterns established by the legislation and the obtained results showed that the lagoon finds itself in bad environmental conditions, mainly due to the accelerated eutrophication process caused by the constant untreated sewage discharge into the water body. In addition to that, it was possible to realize that the point located upstream of the lagoon presented the worst quality, and that can be justified by the low renewal capacity of its waters on this part of the lagoon.

**Keywords:** Water Quality. Quality Parameters. Coastal Lagoons. Lagoon Complex of Jacarepaguá.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Classificação dos corpos d’água segundo a Resolução CONAMA 357/2005.....	22
<b>Quadro 2</b> – População Residente no Município do Rio de Janeiro, segundo Regiões Administrativas.....	35
<b>Quadro 3</b> – Domicílios particulares permanentes por tipo de esgotamento sanitário.....	38
<b>Quadro 4</b> – Períodos e estações considerados para avaliação de cada parâmetro.....	42
<b>Quadro 5</b> – Estatísticas utilizadas .....	43
<b>Quadro 6</b> – Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 .....	44

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Mapa de Localização do Complexo Lagunar de Jacarepaguá – Rio de Janeiro, RJ.....	29
<b>Figura 2</b> – Mapa de Localização dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca .....	30
<b>Figura 3</b> – Mapa da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá.....	31
<b>Figura 4</b> – Mapa dos bairros localizados na Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá .....	31
<b>Figura 5</b> – Unidades de Conservação associadas a Lagoa de Marapendi.....	33
<b>Figura 6</b> – Principais espécies da fauna encontradas na Lagoa de Marapendi .....	34
<b>Figura 7</b> – Mapa de Uso de Ocupação do Solo - Complexo Lagunar de Jacarepaguá .	36
<b>Figura 8</b> – Mutirão de Limpeza realizado pelo grupo SOS Lagoas .....	40
<b>Figura 9</b> – Mapa de Localização das Estações de Monitoramento da Lagoa de Marapendi .....	41
<b>Figura 10</b> – Interpretação do <i>Boxplot</i> .....	43
<b>Figura 11</b> – Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido.....	46
<b>Figura 12</b> – Resultados do parâmetro DBO.....	47
<b>Figura 13</b> – Resultados do parâmetro de Fósforo Total .....	48
<b>Figura 14</b> – Resultados do parâmetro Nitrogênio Amoniacal .....	50
<b>Figura 15</b> – Resultados do parâmetro Nitrito .....	51
<b>Figura 16</b> – Resultados do parâmetro Nitrato.....	52
<b>Figura 17</b> – Resultados do parâmetro Coliformes Termotolerantes .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANOVA	Análise de Variância
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
CH <sub>4</sub>	Metano
CLJ	Complexo Lagunar de Jacarepaguá
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
H <sub>2</sub> S	Ácido Sulfídrico
OD	Oxigênio Dissolvido
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PSBJ	Programa de Saneamento da Barra da Tijuca
PT	Fósforo Total
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

# Sumário

---

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
2.1. Objetivo Geral .....	14
2.2. Objetivos Específicos .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1 Lagoas Costeiras .....	15
3.2 Qualidade da água e Eutrofização .....	16
3.3 Legislação de Qualidade da Água .....	19
3.4 Parâmetros de Qualidade da Água .....	24
3.4.1 <i>Oxigênio Dissolvido</i> .....	25
3.4.2 <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio</i> .....	26
3.4.3 <i>Fósforo</i> .....	26
3.4.4 <i>Nitrogênio</i> .....	27
3.4.5 <i>Coliformes termotolerantes</i> .....	28
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	29
4.1 Área de Estudo .....	29
4.1.1 <i>Meio Físico</i> .....	29
4.1.2 <i>Meio Biótico</i> .....	33
4.1.3 <i>Meio Socioeconômico</i> .....	35
4.2 Levantamento de dados .....	40
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	45
5.1 Oxigênio Dissolvido .....	45
5.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio .....	46

5.3 Fósforo Total.....	47
5.4 Série Nitrogenada.....	49
5.5 Coliformes Termotolerantes.....	52
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo A – Dados de Oxigênio Dissolvido .....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo B – Dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio .....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo C – Dados de Fósforo Total .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo D – Dados de Nitrogênio Amoniacal .....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo E – Dados de Nitrito .....</b>	<b>77</b>
<b>Anexo F – Dados de Nitrato .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo G – Dados de Coliformes Termotolerantes .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo H – Mapa de Localização do Complexo Lagunar de Jacarepaguá .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo I - Mapa de Localização dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca .....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo J - Mapa da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo K - Mapa dos bairros localizados na Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá.....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo L – Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Complexo Lagunar de Jacarepaguá. .....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo M - Mapa de Localização das Estações de Monitoramento da Lagoa de Marapendi .....</b>	<b>91</b>

## 1. INTRODUÇÃO

---

A água é um recurso essencial para a manutenção dos ecossistemas e da vida, sendo um elemento indispensável para o funcionamento metabólico de todos os seres vivos, além de possuir uma infinidade de usos, principalmente para o ser humano. O planeta Terra é constituído em grande parte por esse líquido, que representa 70% de sua superfície, o que a torna um recurso muito abundante. No entanto, apenas 0,009% da oferta hídrica do planeta pode ser usada para consumo humano, sendo encontrada, principalmente, na forma de rios e lagos (ESTEVEES, 1998). Logo, estes valores ressaltam a importância de se preservar os recursos hídricos.

As lagoas costeiras estão localizadas entre os ambientes marinho, terrestre e dulcícola, ocupando áreas deprimidas e alagadiças, caracterizando-se por possuir pouca profundidade e alta produtividade (KJERFVE, 1994). Estes ambientes funcionam como importantes indicadores ambientais, pois são receptores naturais de água e sedimentos, sendo, portanto, áreas representativas das condições ambientais de planícies costeiras e da qualidade da água da sua bacia de contribuição. Elas são encontradas na linha de costa de todo o mundo, representando cerca de 13% da área costeira mundial (KNOPPERS, 1994). Estes corpos aquáticos urbanos, além de servirem como zonas naturais de captação de escoamento de águas pluviais, oferecem valores estéticos e recreativos à população. Além disso, fornecem alimento e proteção para diversas espécies animais e vegetais (STEWART et al, 2008). No entanto, devido à baixa cota altimétrica aliada à sua condição lântica, além de estarem localizadas em regiões de grande ocupação humana, estes sistemas são classificados entre os mais ameaçados do mundo, pois estão sujeitos a poluição e ocupação desordenadas (SANTOS, 2014).

No Brasil, as lagoas costeiras são encontradas ao longo de toda a sua costa, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, destacando-se o estado do Rio de Janeiro, onde estão localizadas grande parte delas (MARINHO; FONSECA; ESTEVES, 2016).

Entretanto, nas últimas décadas, estes sistemas vêm sofrendo grandes transformações decorrente do intenso processo de degradação causado pelas atividades humanas, que submete estes ecossistemas a um forte estresse, contribuindo para a deterioração da qualidade de suas águas (KJERFVE, 1994).

Dentro deste contexto destaca-se o bairro da Barra da Tijuca no município do Rio de Janeiro, que vem passando por uma rápida expansão, tendo seu grande impulso de ocupação na década de 70, mas que perdura em menor escala até hoje (RIGUETTI, 2009). No entanto, o poder público nem sempre consegue acompanhar o ritmo dessa expansão, carecendo de infraestruturas urbanas de água e esgoto. Com isso, a região tem sido afetada através de despejo de grandes quantidades de esgoto doméstico e resíduos industriais em seus corpos d'água, que são lançados *in natura* ou inadequadamente tratados, prejudicando a qualidade das águas, com riscos de propagação de doenças de veiculação hídrica, além da ocupação irregular de suas margens. Como consequência, o Complexo Lagunar de Jacarepaguá (CLJ), particularmente a Lagoa de Marapendi, vem sofrendo um processo de eutrofização devido ao enriquecimento de nutrientes, potencializado pelo lançamento de despejos domésticos em suas águas (CERQUEIRA, 2006; SILVA, 2004). A degradação da qualidade da água tem causado modificações significativas em suas condições físico-químicas, nas comunidades biológicas no ambiente e na produtividade do sistema, prejudicando o exercício dos usos múltiplos da Lagoa (PIMENTA; MARQUES, 2003).

Desse modo, a fim de conhecer as condições de degradação ambiental da Lagoa de Marapendi, o presente trabalho analisou dados de qualidade da água, o que contribui para um maior conhecimento a respeito da condição atual desta Lagoa, que vêm sofrendo com a intensa ocupação urbana em suas margens e, além disso, representar uma importante ferramenta para um melhor planejamento e gerenciamento ambiental de suas águas e do uso da terra no seu entorno.

## **2. OBJETIVOS**

---

### **2.1. Objetivo Geral**

O presente estudo teve como objetivo principal realizar o diagnóstico ambiental da Lagoa de Marapendi com base na análise da condição de qualidade da água no período de 2010 a 2017, através de indicadores físico-químicos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar as principais condicionantes da poluição hídrica da Lagoa de Marapendi dentro da bacia hidrográfica contribuinte;
- Comparar os dados de análise com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

#### 3.1 Lagoas Costeiras

As lagoas costeiras são encontradas na interface entre o continente e o oceano, geralmente paralelas a costa e isoladas por cordões móveis de areia, caracterizadas pela salinidade variável, pouca profundidade e pela alta produtividade (KJERFVE, 1994). Elas são muito representativas dentre os corpos aquáticos de pequeno porte, pois constituem aproximadamente 13% do litoral mundial (KNOPPERS, 1994), ocupando cerca de 12,2% da América do Sul (PERILLO; PICCOLO; PINO-QUIVIRA, 1999). Estão presentes em toda a costa brasileira, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, destacando-se os estados do Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que mais apresentam esses exemplares em seus territórios (MARINHO; FONSECA; ESTEVES, 2016).

Segundo Stewart et al. (2008), as lagoas costeiras constituem ecossistemas de grande importância para o ser humano devido à uma série de serviços proporcionados, pois oferecem valores recreativos e estéticos e servem como corpo receptor do escoamento de águas pluviais, além de fornecer alimento e proteção para diversas espécies animais e vegetais. Geralmente, as lagoas costeiras exibem altas taxas de produtividade primária e secundária, com grande potencial para pesca (KJERFVE, 1994). No entanto, nas últimas décadas, essas zonas têm sido constantemente submetidas a intensos processos de degradação decorrentes das atividades humanas (KJERFVE, 1994).

De acordo com Santos (2014), como as lagoas costeiras apresentam um alto tempo de residência da água, ou seja, o tempo necessário para que a água doce decorrente do rio chegue ao oceano é mais longo, esses ecossistemas são chamados ambientes lênticos, o que resulta em uma maior capacidade de difusão e, conseqüentemente, em uma alta concentração de nutrientes e grande biodiversidade. Por outro lado, os danos tendem a persistir durante um período maior, tornando esses ambientes vulneráveis.

Devido a sua localização geográfica, geralmente em áreas urbanizadas entre o mar e o continente (SANTOS et al, 2015), aliada à sua condição lêntica e por apresentar trocas restritas com o oceano, as lagoas costeiras constituem um dos ambientes mais

ameaçados do mundo e que mais sofrem com os impactos antrópicos, onde seus efeitos são maximizados cumulativamente, o que tem causado a deterioração da qualidade de suas águas, aumentando o risco de propagação de doenças de veiculação hídrica. Leal (2012) considera como os principais fatores de degradação desses ecossistemas: (I) lançamento de esgotos domésticos e/ou industriais *in natura* ou inadequadamente tratados em suas águas; (II) ocupação desordenada de suas margens; (III) aceleração do assoreamento da bacia; (IV) degradação da vegetação terrestre no entorno da lagoa ou ao longo de seus tributários; e (V) alteração da bacia de drenagem devido a construção de barragens ou de reservatórios.

Sallôto (2012) destaca a eutrofização artificial como um dos principais problemas responsáveis pela degradação desses ecossistemas aquáticos, caracterizado por alterações nas condições físico-químicas, nas comunidades de microrganismos e organismos no ambiente e na diminuição da produtividade do sistema.

### **3.2 Qualidade da água e Eutrofização**

O Planeta Terra apresenta grande abundância em água, que constitui 70% de sua superfície, com profundidade média de 3800 metros (ESTEVEZ, 1998). Encontrada principalmente no estado líquido, a água é vital para a sobrevivência de todos os organismos, sendo um dos fatores condicionantes responsáveis por moldar os ecossistemas. No entanto, é de fundamental importância que os corpos d'água apresentem condições físico-químicas adequadas que permitem a sua utilização pelos organismos, contendo substâncias essenciais à vida e livre de substâncias que possam prejudicar os mesmos. Assim, a qualidade da água depende se há quantidade suficiente de água para dissolver, diluir e transportar os compostos benéficos e maléficos para os seres vivos que constituem as cadeias alimentares (BRAGA et al., 2002).

Entretanto, apesar da água ser um recurso muito abundante, estima-se que 99% de toda a água existente esteja contida em geleiras e oceanos, não sendo passíveis para uso humano devido a salinidade e localização. A água existente em rios e lagos, que representa a água doce superficial, compõe apenas 0,009% da água na Terra (ESTEVEZ, 1998). Além disso, esta pequena parcela de água doce disponível não está

distribuída de forma homogênea no espaço e no tempo. Por exemplo, é possível observar a existência de desertos, que apresentam baixas taxas de umidade e das florestas tropicais, que apresentam alta umidade. Outro fator que permeia a disponibilidade hídrica é a precipitação, que varia em função das condições climáticas em decorrência do movimento de translação realizado pela Terra (BRAGA et al., 2002).

A qualidade da água é condicionada por fatores naturais ligados ao escoamento superficial, regime de chuvas, cobertura vegetal e geologia do local, mas sofre alterações devido aos impactos antrópicos, como o lançamento de efluentes decorrente de fontes pontuais e difusas, manejo dos solos, entre outros (ANA, 2018).

Nas últimas décadas, os corpos aquáticos têm sofrido com os impactos decorrentes do intenso processo de urbanização. Tucci, Hespanhol e Netto (2003) consideram como os principais impactos antrópicos responsáveis por alterar a qualidade dos ecossistemas aquáticos em áreas urbanizadas: contaminação devido ao lançamento de esgoto *in natura* ou inadequadamente tratados; degradação ambiental dos mananciais; alteração da bacia de drenagem devido a construção de barragens e reservatórios; incidência de enchentes devido à falta de planejamento na ocupação do espaço e do sistema de drenagem ineficiente; e gerenciamento inadequado da coleta e disposição de lixo.

Atualmente, o lançamento de esgoto representa a principal pressão sobre os recursos hídricos no Brasil, devido à falta de sistema de coleta e tratamento ou tratamento inadequado dos esgotos coletados. O despejo constante de matéria orgânica doméstica nos corpos hídricos, principalmente em locais próximos a concentrações urbanas, resulta na deterioração da qualidade da água (ANA, 2012). Segundo dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (2018), no Brasil apenas 43% do esgoto é tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica, ou seja, 55% possuem tratamento considerado adequado, enquanto 18% possuem esgoto coletado e não tratado e 27% do esgoto gerado é despejado na natureza sem nenhum tipo de tratamento. No ano de 2017 foram despejados nos corpos d'água o equivalente a 5.622 piscinas olímpicas de esgoto (SNIS, 2017). Essa grande descarga de matéria orgânica tem sido apontada como a principal responsável pela eutrofização de diversos ecossistemas aquáticos (TUNDISI, 2003).

Geralmente, os corpos hídricos apresentam a capacidade natural para responder a carga de matéria orgânica e nutrientes por meio do processo de autodepuração, em que

os microrganismos são responsáveis pela decomposição dessa matéria e, conseqüentemente, pelo consumo de oxigênio dissolvido na água (DERISIO, 2007). Entretanto, quando há descarga excessiva de nutrientes nos sistemas aquáticos ocorre o processo denominado eutrofização, que acelera o metabolismo natural dos ecossistemas, que passam a produzir mais matéria orgânica do que são capazes de consumir ou decompor. Este fenômeno acontece geralmente em lagoas, reservatórios e represas e pode ocorrer de forma natural ou artificial. Naturalmente, este processo ocorre de forma lenta e gradual, em que o corpo hídrico é enriquecido por nutrientes provenientes das chuvas e do escoamento superficial, resultando no aumento de sua produtividade biológica (KHAN; ANSARI, 2005).

Por outro lado, a eutrofização artificial é impulsionada pelas atividades humanas, decorrente de efluentes domésticos, industriais e atividades agrícolas. No geral, a eutrofização artificial é responsável por acelerar o processo de enriquecimento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, dos sistemas aquáticos devido ao grande aporte de matéria orgânica proveniente do esgoto que é lançada na água. Como consequência, ocorre o rápido desenvolvimento de algas e plantas aquáticas, como cianobactérias ou aguapés (*Eichhornia*) e alface-d'água (*Pistia*), respectivamente. Em alguns casos, os organismos vegetais são capazes de encobrir quase que completamente o espelho d'água de lagoas e represas. Estes ambientes, que apresentam maior tempo de residência da água, são os mais afetados pelo processo de eutrofização (BRASIL, 2006).

O enriquecimento de nutrientes provoca um aumento na produtividade das algas, modificando a ecologia do ecossistema aquático. Os nutrientes provenientes do esgoto, principalmente fósforo e nitrogênio, ao serem despejados na água, contribuem para o crescimento excessivo da biomassa fitoplanctônica, impedindo a penetração de luz no ambiente aquático e a realização da fotossíntese de plantas localizadas mais ao fundo (ESTEVES, 1998). Neste contexto, ocorre o aumento da taxa de decomposição e do consumo de oxigênio pelos organismos, que liberam gases como o metano e gás sulfídrico. Devido à diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, o ambiente tende para condições de anaerobiose na região próxima ao sedimento, causando a mortalidade de diversos seres aeróbicos, especialmente peixes, e a

proliferação de seres anaeróbicos, que liberam gases tóxicos com odores desagradáveis, como o metano ( $CH_4$ ) e o gás sulfídrico ( $H_2S$ ) (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Resumidamente, Tundisi (2003) considera como os principais efeitos do processo de eutrofização:

- Mortalidade de peixes e invertebrados devido à diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, que libera gases com odor desagradável e tóxicos;
- Fenômeno da floração, que consiste no crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, principalmente macrófitas;
- Produção de substâncias tóxicas por algumas espécies de algas, que podem prejudicar a saúde humana;
- Redução do valor estético e recreativo do corpo hídrico, devido a diminuição da transparência;
- Restrição à atividade pesqueira, decorrente do grande aporte de plantas aquáticas, que prejudicam o transporte e a locomoção;
- Queda da biodiversidade do sistema.

### 3.3 Legislação de Qualidade da Água

O Código das Águas, instituído pelo Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934, foi a primeira base legal que visa proteger a qualidade dos corpos hídricos e determina diretrizes que permitam ao poder público incentivar e controlar a exploração industrial das águas. De acordo com o Código, as águas brasileiras são consideradas águas públicas, podendo ser de uso comum ou dominicais.

Em 31 de agosto de 1981 entrou em vigor a Lei Nº 6938, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, que possui a finalidade de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental. A partir desta lei foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, com objetivo de assessorar e permear as políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente e de seus recursos naturais.

A Resolução CONAMA nº 20 foi publicada no ano de 1986, responsável pelo enquadramento dos corpos d'água de águas superficiais em nove classes segundo seus usos preponderantes e determina as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Constituição Federal, promulgada em 1988, alterou vários aspectos do Código das Águas, pois estabeleceu que todas as águas são de uso público, revogando, assim, o que estava previsto no Código de Águas sobre águas particulares (SANTOS, 2014). Segundo a Constituição, as águas são de domínio da União ou do Estado.

A Lei Nº 9.433, conhecida popularmente como Lei das Águas, publicada em 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Posteriormente a Constituição Federal de 1988, a Lei nº 9.433/97 é a base legal mais importante com o objetivo de proteger os recursos hídricos. Segundo o artigo 2º da Lei, os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
- IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

No geral, a Política Nacional de Recursos Hídricos objetiva assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água necessária, segundo padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (RIGUETTI, 2009). Conforme o Art. 2, a Lei estabelece que os aspectos de quantidade e qualidade não devem ser dissociados para a gestão sistemática dos recursos hídricos.

Como instrumentos, a Lei das Águas considera os planos de recursos hídricos, classificação dos corpos d'água segundo os usos preponderantes, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Integrado ao SNGRH, a Política Nacional de Recursos Hídricos foi responsável pela criação dos Comitês de Bacia Hidrográfica, que são órgãos compostos por representantes do poder público (federal, estadual e municipal), que realizam a gestão

dos usos múltiplos das águas das bacias hidrográficas. Dentre as principais competências dos Comitês, o artigo 38 considera: aprovar e acompanhar a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, arbitrar conflitos pelo uso da água e estabelecer mecanismos e sugerir os valores de cobrança pelo uso da água.

Neste contexto, foi criado em outubro de 2011, o Comitê da Baía de Guanabara, que integra o Subcomitê do Sistema Lagunar de Jacarepaguá, com a participação do Poder Público, da Sociedade Civil Organizada e dos Usuários da Água. O Subcomitê possui o objetivo de promover o uso sustentável dos corpos hídricos, relacionado aos aspectos de qualidade e quantidade das lagoas de Jacarepaguá, Camorim, Tijuca e Marapendi e de seus respectivos cursos hídricos (SUBCOMITÊ JACAREPAGUÁ, 2014).

Segundo Rigueti (2009), a qualidade da água e da biota varia conforme uma série de características, muitas vezes mensuráveis, de natureza química, física e biológica. No entanto, como a água é considerada um bem de domínio público, é necessário instituir restrições legais para assegurar sua qualidade e torná-la apta para determinado uso, em que certos padrões devem ser seguidos.

Neste sentido, a PNRH incorpora três importantes regulamentações, que estabelecem algumas restrições legais para as características da água segundo padrões e valores orientados, como:

- Resolução CONAMA nº 274/2000 (Ministério do Meio Ambiente, 2000), que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras;
- Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005), responsável pelo enquadramento dos corpos d'água em classes e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes;
- Portaria nº 2914/2011 (Ministério da Saúde), que estabelece os mecanismos de controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Resolução CONAMA nº 274/2000 dividiu as águas doces, salobras e salinas em duas categorias segundo sua condição de balneabilidade: próprias ou impróprias, levando-se em consideração que a saúde do ser humano pode ser afetada pelas condições de balneabilidade. Nesta resolução, alguns limites são estabelecidos, como coliformes fecais (termotolerantes) e coliformes totais.

A Resolução CONAMA 357/2005 foi responsável pela divisão das águas brasileiras em águas doces, com salinidade inferior ou igual a 0,05%, águas salobras, com salinidade maior que 0,05% e menor que 30%, e salinas, com salinidade maior que 30%. Além disso, a Resolução CONAMA nº 357/2005 enquadrou os corpos d'água superficiais em treze classes diferentes, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes (Quadro 1).

**Quadro 1** – Classificação dos corpos d'água segundo a Resolução CONAMA 357/2005

<b>Categoria</b>	<b>Classe</b>	<b>Águas destinadas ao:</b>
<b>Águas Doces</b>	Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.
	3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.

	4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.
<b>Águas Salinas</b>	Especial	a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
	1	a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; e c) à aquicultura e à atividade de pesca.
	2	a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário.
	3	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.
<b>Águas Salobras</b>	Especial	a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
	1	a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 74, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à aquicultura e à atividade de pesca; d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
	2	a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário.
	3	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

**Fonte:** Adaptado de Resolução CONAMA nº 357/2005.

Resumidamente, a Classe Especial considera usos mais nobres, sendo mais restritiva, enquanto a Classe 4 é voltada para usos menos nobres, sendo menos restritiva (VON SPERLING, 2005). Além dos padrões de qualidade da água, há também os

padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água receptores, que é determinado pela Resolução CONAMA 430/2011.

Em relação aos graus de eutrofização de um corpo d'água, o Brasil ainda não possui uma legislação voltada especificamente para esta questão, mas alguns índices são adotados pelos órgãos ambientais nacionais (SANTOS, 2014).

No âmbito do estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) é o órgão responsável pela gestão do meio ambiente e de seus recursos hídricos, criado por meio da Lei Estadual nº 5.101, de 4 de outubro de 2007. O INEA realiza o monitoramento da qualidade da água do Complexo Lagunar de Jacarepaguá, onde está localizada a Lagoa de Marapendi, objeto de estudo do presente trabalho. O monitoramento é realizado mensalmente em três estações de amostragem distribuídas de forma estratégica pela lagoa, onde são analisados os principais parâmetros físico-químicos de qualidade de água e análises sobre fitoplâncton e microcistinas (INEA, 2019).

### **3.4 Parâmetros de Qualidade da Água**

Os parâmetros de qualidade da água são diferenciados em físicos, químicos e biológicos. Os parâmetros físicos estão relacionados com: Cor, Sabor e Odor, Turbidez e Temperatura, enquanto os parâmetros químicos compreendem: Alcalinidade, Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo, Nitrogênio, Acidez, Dureza, Ferro e Manganês, Micropoluentes orgânicos e inorgânicos. Já em relação aos parâmetros biológicos, são considerados os microrganismos, como bactérias, fungos, algas, vírus, protozoários e helmintos. Além disso, entre os parâmetros biológicos também são considerados o grupo coliformes (fecais e termotolerantes), que são responsáveis por determinar o risco da água transmitir doenças (VON SPERLING, 2005).

### 3.4.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para a preservação dos organismos aquáticos aeróbios. Durante o processo de estabilização da matéria orgânica, as bactérias consomem oxigênio através da respiração, o que reduz sua concentração no meio. Dependendo da intensidade desta redução, pode resultar na mortalidade de diversos seres aquáticos, principalmente de peixes. Na ausência total de oxigênio, em condições de anaerobiose, pode ocorrer a liberação de maus odores. O OD corresponde o principal parâmetro utilizado para medir o grau de poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005).

O OD é originado naturalmente da dissolução do oxigênio atmosférico e da produção pelos organismos fotossintéticos (VON SPERLING, 2005). Segundo Richter e Azevedo Netto (1991), a concentração deste componente depende da carga e do tipo de matéria orgânica presente na água, visto que águas consideradas relativamente límpidas são saturadas de OD, enquanto valores superiores à saturação indicam a presença de algas e valores inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica.

A matéria orgânica corresponde ao principal fator responsável pelo consumo de oxigênio, que é utilizado pelo metabolismo dos microrganismos para realizar a decomposição da mesma. Ademais, os laboratórios possuem grande dificuldade de determinar os componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, visto que há uma multiplicidade de formas e compostos que ela pode apresentar. Como solução, geralmente são utilizados métodos que permitem a quantificação indireta da matéria orgânica, como a medição do consumo de oxigênio (Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO; Demanda Química de Oxigênio – DQO) e a medição de carbono orgânico (Carbono Orgânico Total – COT). A DBO e a DQO são os indicadores mais utilizados tratando-se da caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (VON SPERLING, 2005).

### 3.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) corresponde a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos aeróbios realizem a decomposição da matéria orgânica presente na água (ANA, 2018).

Usualmente, utiliza-se a  $DBO_{5,20}$ , que consiste em um bioensaio que analisa a quantidade de oxigênio consumida em um período de cinco dias, a uma temperatura de 20°C. Elevados valores de DBO estão relacionados ao lançamento de esgotos em corpos hídricos, provocando um rápido crescimento de bactérias que se alimentam de matéria orgânica. No entanto, em seus processos metabólicos, as bactérias consomem oxigênio, causando uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água. Esta redução pode causar a morte de diversos seres vivos aeróbios, especialmente peixes (BRASIL, 2006). Além disso, altas concentrações de DBO no meio podem produzir sabor e odor desagradáveis, podendo obstruir os filtros de areia normalmente utilizados nas estações de tratamento de água (CETESB, 2008).

### 3.4.3 Fósforo

O fósforo é vital para o desenvolvimento de algas e plantas aquáticas (ANA, 2018). No geral, este nutriente apresenta-se nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Em condições naturais, o fósforo é obtido por meio da dissolução de compostos do solo e pela decomposição da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). No entanto, está presente nas águas devido, principalmente, pelo despejo de esgotos sanitários, especialmente domésticos e industriais, que podem conter detergentes e fertilizantes (CHAPMAN; KIMSTACH, 1996).

O fósforo faz parte dos chamados macronutrientes, ou seja, é um nutriente essencial para os processos biológicos, além de representar o principal fator limitante da produtividade dos ecossistemas aquáticos. Assim, em altas concentrações, este componente é responsável por conduzir os processos de eutrofização das águas naturais (TELLES, 2013), que resulta no crescimento exagerado de algas e plantas aquáticas, provocando um intenso desequilíbrio ecológico (VON SPERLING, 2005).

Em águas naturais relativamente límpidas, as concentrações de fósforo variam na faixa de 0,01 mg. L<sup>-1</sup> a 0,005 mg. L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2006), sendo que concentrações elevadas deste composto está associado ao lançamento de esgoto não tratado ou inadequadamente tratado no corpo d'água e ao processo de eutrofização (CHAPMAN; KIMSTACH, 1996; ESTEVES, 1998).

#### *3.4.4 Nitrogênio*

O nitrogênio corresponde um dos componentes mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, pois desempenha um importante papel na formação das proteínas, um dos elementos básicos da biomassa (ESTEVES, 1998). Nos corpos d'água, o nitrogênio é encontrado sob diferentes formas: nitrogênio molecular, íon amônio, íon nitrito, íon nitrato, óxido nitroso, entre outros (BRASIL, 2006).

O nitrogênio é vital para o crescimento de algas e plantas aquáticas, mas em excesso pode provocar o crescimento exagerado desses organismos, caracterizado pelo processo de eutrofização (VON SPERLING, 2005).

O nitrogênio amoniacal está presente naturalmente em águas superficiais e residuárias, pois corresponde ao principal produto excretado pelos organismos aquáticos. Ele pode ser encontrado de duas formas, como amônia livre, diretamente tóxica aos peixes, ou como íon amônio, que se transforma em nitrito e deste em nitrato através de processos bioquímicos realizados por bactérias aeróbias autotróficas (CÂMARA, 2011).

O íon nitrato é a forma mais comum encontrada nos corpos d'água. No geral, em condições anaeróbias pode ser reduzido a nitrito através do processo bioquímico de desnitrificação. Este íon é obtido naturalmente de rochas ígneas, drenagem pluvial e detritos de animais e plantas. Por outro lado, de forma antrópica, é proveniente de despejos domésticos e industriais nos corpos d'água, assim como de fertilizantes (CHAPMAN; KIMSTACH, 1996).

A determinação das concentrações de nitrato e nitrito é amplamente utilizado como indicador do estágio e nível de poluição orgânica em águas superficiais. Neste contexto, águas com a presença predominante de nitrogênio amoniacal ou orgânico indicam uma poluição recente, com despejo de esgoto próximo, enquanto elevadas concentrações de

nitrito estão associadas a uma poluição mais remota e em estágio avançado, pois os nitratos constituem o produto final de oxidação do nitrogênio (VON SPERLING, 2005).

#### 3.4.5 Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme, tendo a *Escherichia coli* como principal representante, que possui origem exclusivamente fecal. A *Escherichia coli* é uma bactéria que habita naturalmente o intestino do homem e de animais, servindo como um importante indicador de contaminação fecal, pois a maioria das doenças de veiculação hídrica são transmitidas pelas fezes. Assim, os organismos patogênicos, ao serem eliminados por via fecal e quando atingem o sistema aquático podem contaminar a população abastecida de forma inadequada por essa água. Quanto maior a concentração de coliformes termotolerantes na água, maiores os riscos de contaminação por organismos patogênicos (BRASIL, 2006).

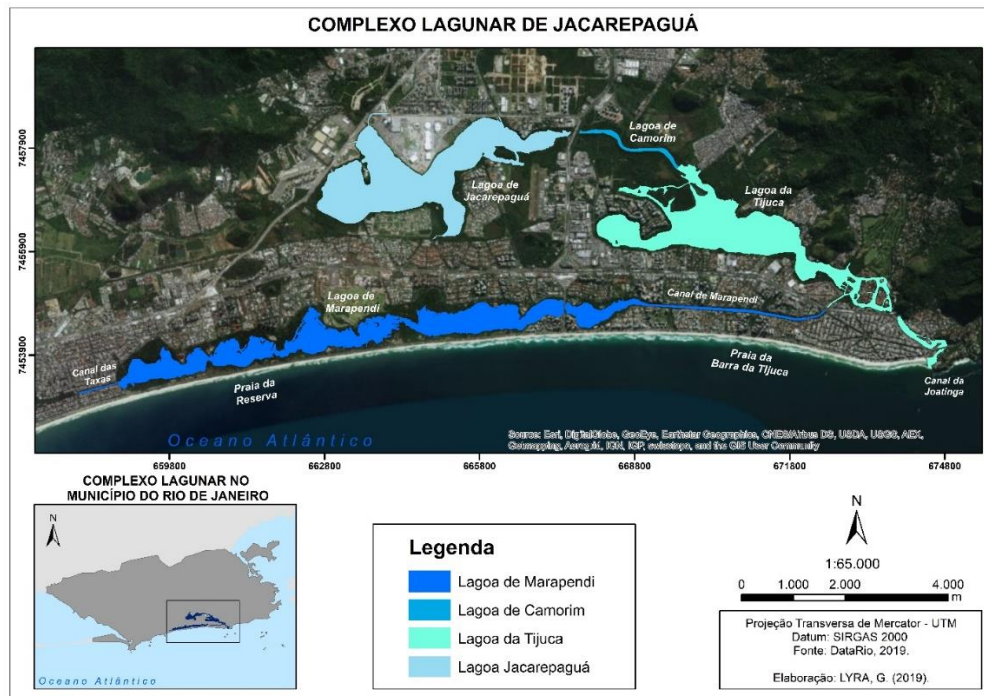
## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Área de Estudo

#### 4.1.1 Meio Físico

A lagoa costeira de Marapendi pertence ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá (Figura 1), que é formado por mais três lagoas: Camorim, Jacarepaguá e Tijuca. Ela está localizada entre uma estreita faixa de praia e as lagoas mais interiores na zona oeste do município do Rio de Janeiro. Com formato alongado, ela possui cerca de 10 Km de comprimento e 0,35 Km de largura, com profundidade média de 1,8 m e espelho d'água de 3,5 Km<sup>2</sup>, sendo dividida em sete compartimentos semelhantes a bolsões, o que reduz a sua capacidade de renovação (RIGUETTI, 2007).

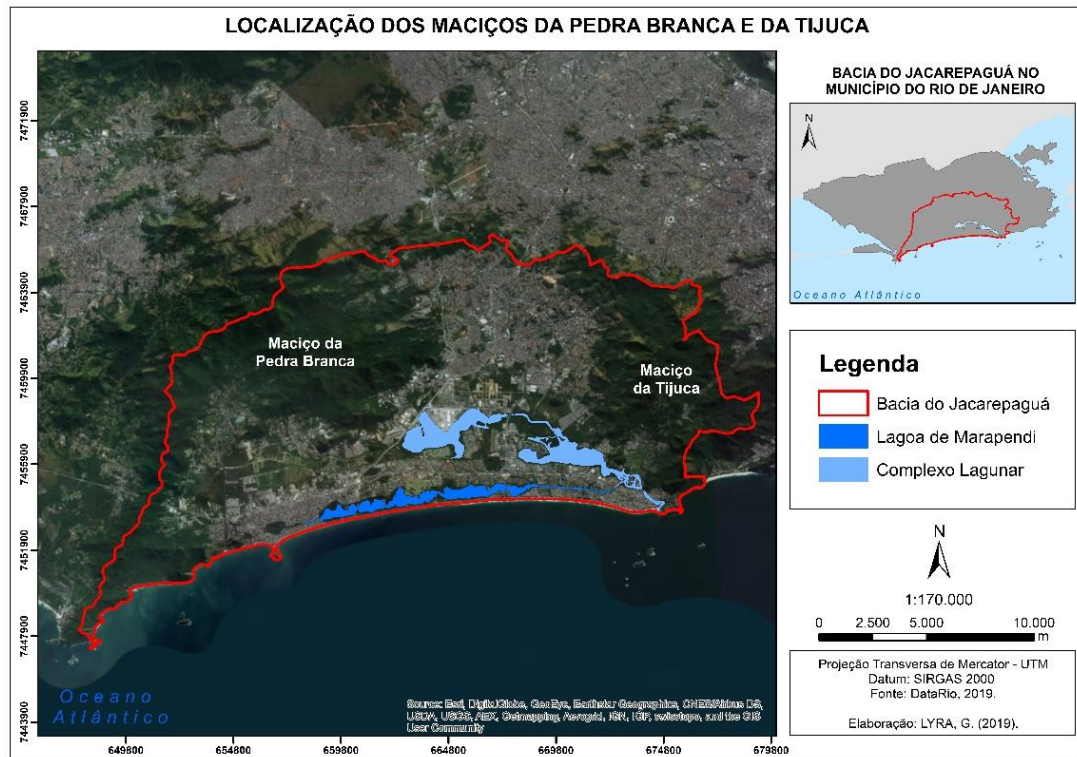
**Figura 1** – Mapa de Localização do Complexo Lagunar de Jacarepaguá – Rio de Janeiro, RJ



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

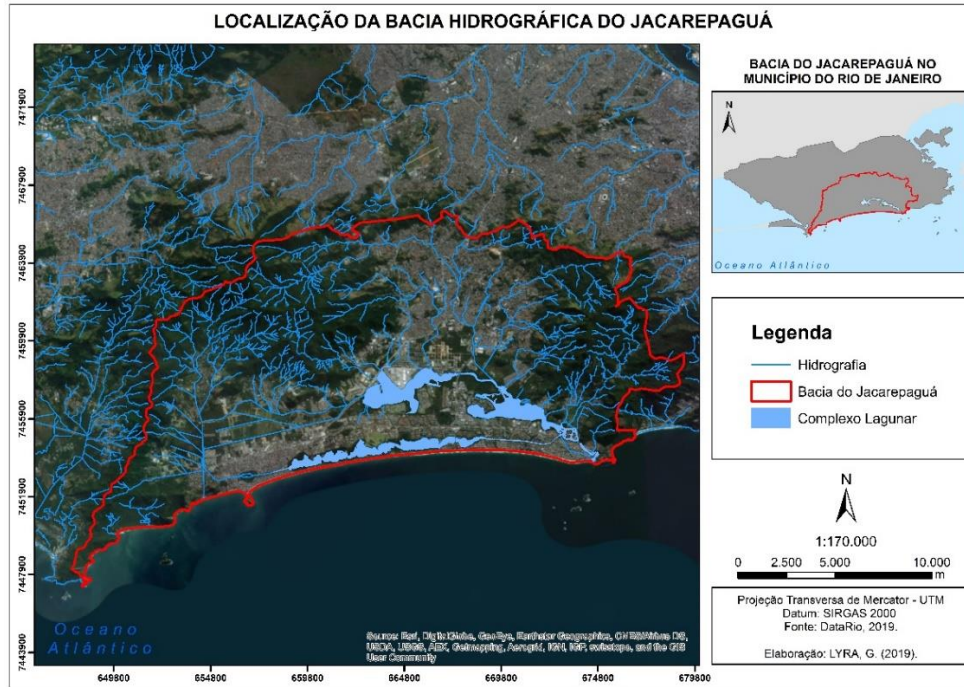
Os maciços da Pedra Branca e da Tijuca constituem os divisores do sistema hidrográfico do Complexo Lagunar de Jacarepaguá (Figura 2), cujos rios dessem as vertentes dessas montanhas e desaguam nas lagoas (Figura 3), que por sua vez se ligam ao mar por meio do Canal da Joatinga (RIGUETTI, 2009). A bacia hidrográfica do Complexo abrange 16 bairros, sendo que a Lagoa de Marapendi está inserida no bairro da Barra da Tijuca (Figura 4).

**Figura 2** – Mapa de Localização dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca



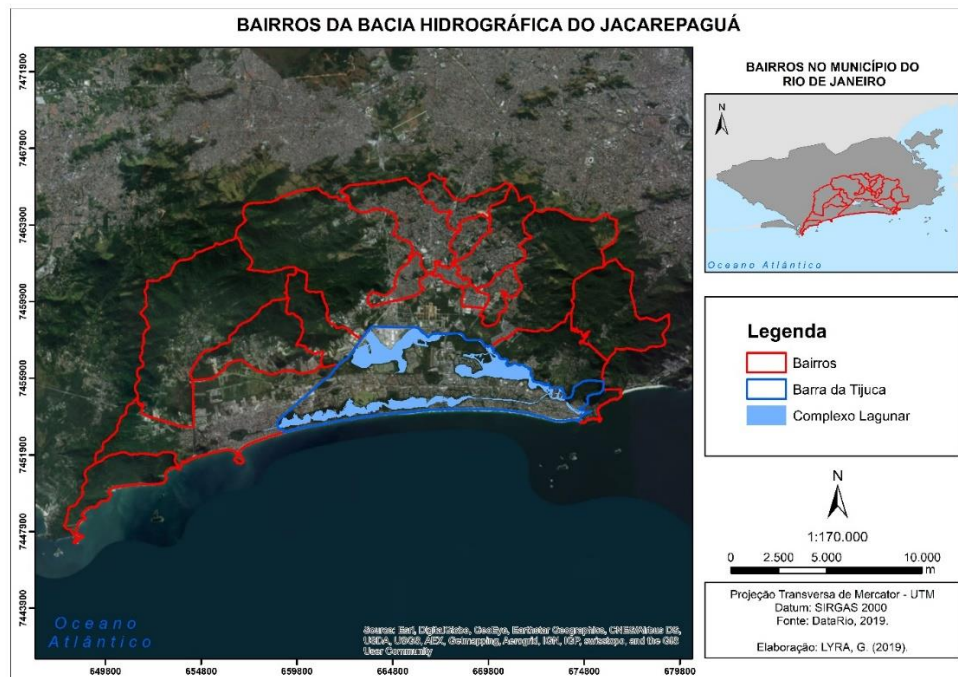
**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

**Figura 3 – Mapa da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá**



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

**Figura 4 – Mapa dos bairros localizados na Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá**



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

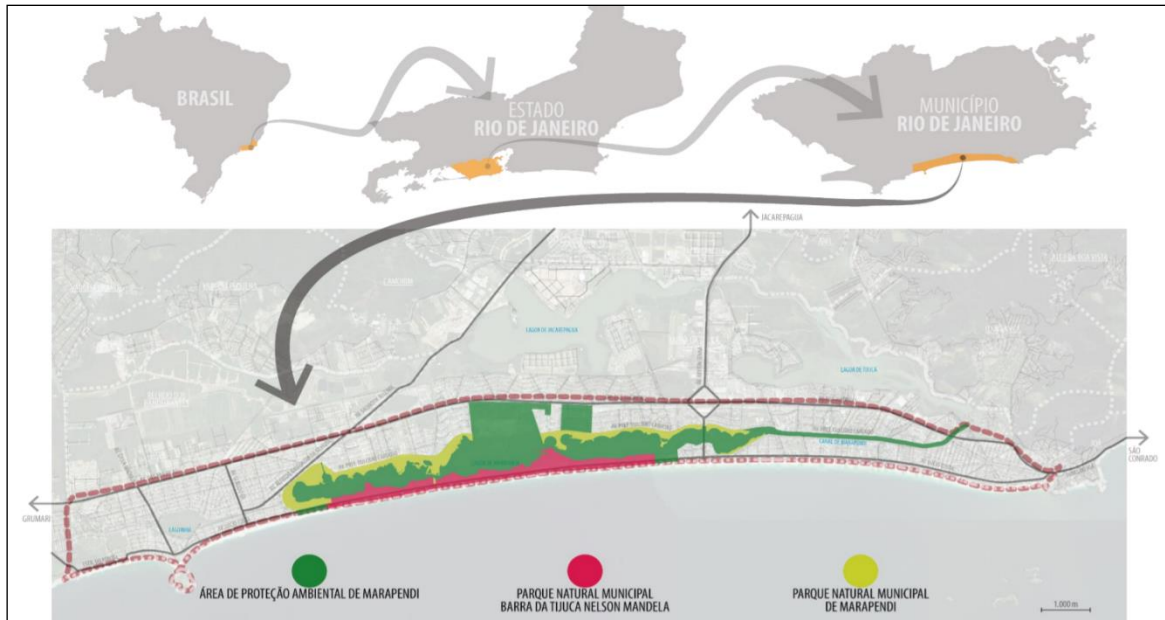
A Lagoa de Marapendi possui área de drenagem superficial de apenas 4,6 Km<sup>2</sup> e corresponde a única lagoa que não recebe afluência de praticamente nenhum rio, como pode ser visto na Figura 3. Ela possui ligação com a Lagoinha a oeste por meio do Canal das Taxas, que se encontra assoreado e coberto por macrófitas em grande parte, o que dificulta a troca hídrica entre as duas lagoas por essa ligação. Já a leste, ela está ligada à Lagoa da Tijuca através do Canal de Marapendi. A partir daí, as águas são conduzidas para o mar pelo Canal da Joatinga. A Lagoa de Camorim é um pequeno trecho que conecta a Lagoa de Tijuca e a Lagoa de Jacarepaguá, que é a mais interiorizada do conjunto (RIGUETTI, 2009).

A Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá possui cerca de 280 km<sup>2</sup>, sendo que o regime de chuvas é bastante influenciado pelas frentes frias vindas do Sul e pelo relevo, que aprisiona os ventos e as chuvas frontais. Assim, no verão há maior frequência e intensidade das chuvas que no inverno, característico do clima tropical presente no estado do Rio de Janeiro (MASTERPLAN, 2013).

A Lagoa de Marapendi foi formada há aproximadamente 3000 anos. Seu nome, de origem tupi, significa “mar limpo”. Ela estava situada entre a restinga de Jacarepaguá, formada por uma extensa faixa de areia, apresentando de um lado a Lagoa e de outro a praia, e, à margem oposta, a restinga de Itapeba, que a separava das lagoas de Jacarepaguá e da Tijuca (CORRÊA, 1933). Essas restingas serviram de leito para que a Avenida Lúcio Costa e a Avenida das Américas surgissem.

A área está inserida dentro da Área de Proteção Ambiental de Marapendi, associada ao Parque Natural Municipal de Marapendi (PNM Marapendi) e ao Parque Natural Municipal Barra da Tijuca Nelson Mandela (PNM Barra da Tijuca Nelson Mandela). O PNM Marapendi, conhecido popularmente por Parque Marapendi, foi criado em 1978 com aproximadamente 155 hectares e o PNM Barra da Tijuca Nelson Mandela foi criado em 2011, com 1,8 milhão de m<sup>2</sup>, ambos com o objetivo de oferecer recreação e lazer ao ar livre, além de um ambiente de preservação ambiental (Figura 5).

**Figura 5** – Unidades de Conservação associadas a Lagoa de Marapendi

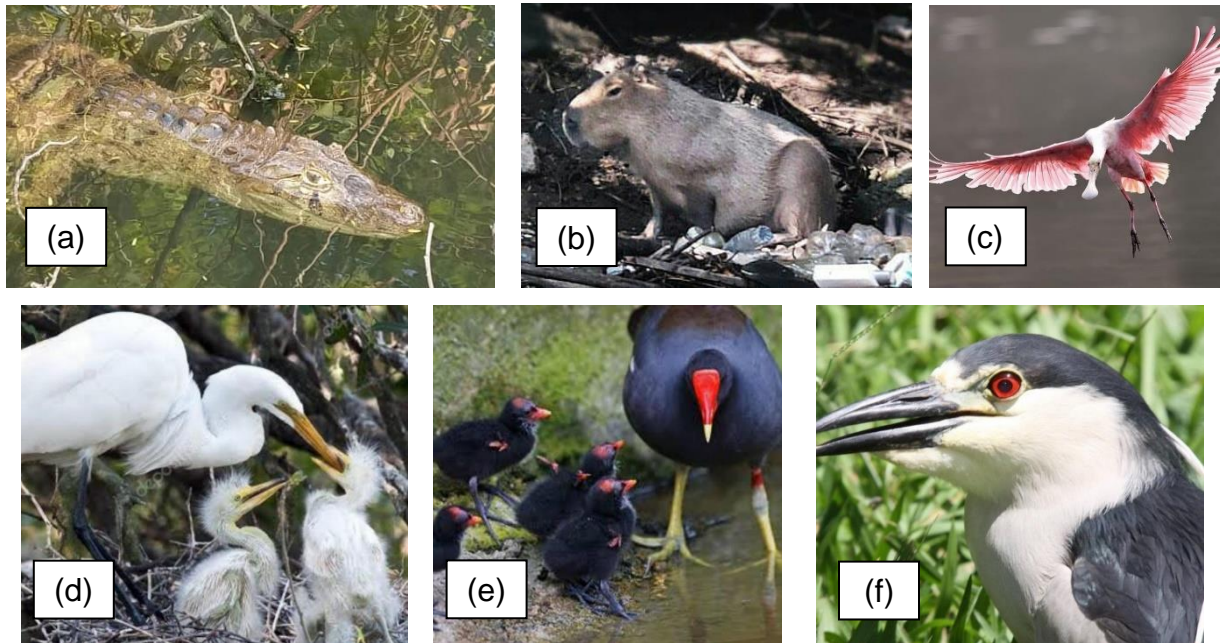


**Fonte:** Plano de Manejo de Marapendi, 2015.

#### 4.1.2 Meio Biótico

O entorno da Lagoa de Marapendi apresenta uma vegetação típica de terras baixas, como mata de restinga e manguezais (POIAN, 2016). Quanto a fauna, segundo Corrêa (1933), o Complexo possuía grande biodiversidade no século XX, onde era possível encontrar espécies como: tamanduá, garças, socó-dorminhoco, cachorro-do-mato, jaguatirica, jacaré-de-papo-amarelo, colhereiro, capivara, suçuarana, entre outros (Figura 6). Nas lagoas, as principais espécies que os pescadores pescavam eram corvina, tainha, bagre, acará e traíra. Entre os crustáceos, eram avistados caranguejos, camarões, lagostas, entre outros.

**Figura 6** – Principais espécies da fauna encontradas na Lagoa de Marapendi



(a) *Jacaré de papo amarelo*; (b) *Capivara*; (c) *Colhereiro*;

(d) *Garça*; (e) *Frango D'água*; (f) *Socó-dorminhoco*

**Fonte:** Página do *Instagram* da “Unidos Vamos Salvar as Lagoas”, 2019.

No entanto, com a expansão urbana da região a partir dos anos 70, o ambiente natural foi bastante modificado. Atualmente, restam apenas alguns remanescentes da flora original. Em relação a fauna, restaram as espécies mais resistentes, que são capazes de sobreviver em meio à ocupação urbana e à poluição, como principalmente as capivaras e os jacarés (MARTINELLI, 2012).

Atualmente, o Complexo Lagunar de Jacarepaguá encontra-se muito degradado, principalmente devido ao lançamento de efluentes domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado nos corpos d'água, com grande aporte de carga orgânica. Neste contexto, as lagoas apresentam um quadro de estágio avançado de eutrofização, prejudicando toda a biodiversidade existente (MASTERPLAN, 2013).

Devido a poluição hídrica, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SMAC), no ano de 2007, proibiu a pesca e comercialização de peixes provenientes do Complexo Lagunar

de Jacarepaguá e interditou as lagoas e o trecho inicial da praia da Barra para recreação, devido aos potenciais riscos para a saúde da população (GOMES et al., 2009).

Apesar da atual condição de degradação, o Complexo Lagunar de Jacarepaguá constitui uma importante região de reprodução e berçário para diferentes espécies de peixes, apresentando uma grande relevância ecológica (FUNBIO, 2014).

#### 4.1.3 Meio Socioeconômico

O bairro da Barra da Tijuca passou por um intenso processo de desenvolvimento urbano a partir dos anos 70 devido a expansão imobiliária destinada as classes de média e alta renda, o que resultou em diversas alterações em sua paisagem natural (RIGUETTI, 2009). No período entre 1960 a 2016, a população da Barra da Tijuca cresceu quase 10 vezes mais que a do município do Rio de Janeiro (Quadro 2), causando um aumento significativo da densidade populacional da região.

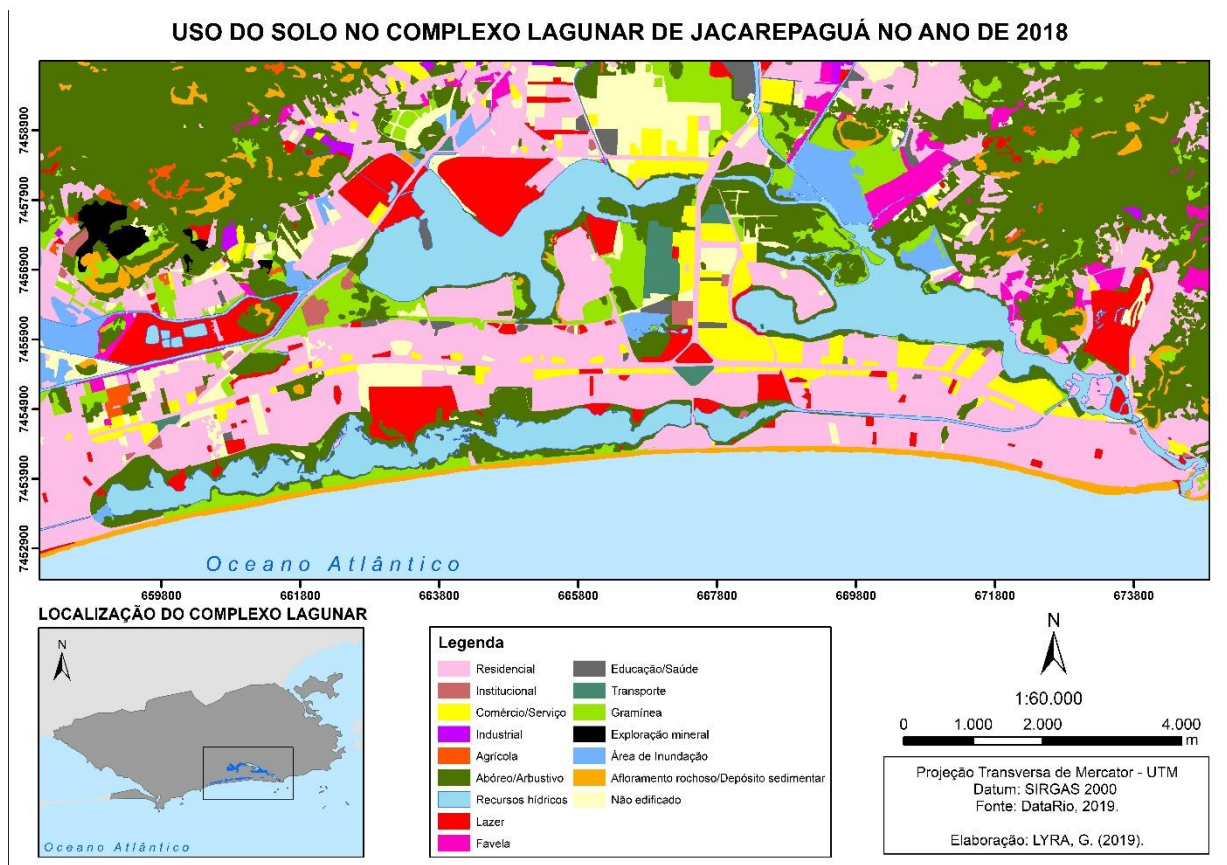
**Quadro 2** – População Residente no Município do Rio de Janeiro, segundo Regiões Administrativas

Local	Anos							Taxa de crescimento
	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2016*	
<b>Município do Rio de Janeiro</b>	3.307	4.251	5.090	5.480	5.857	6.320	6.556	1,23
<b>Barra da Tijuca</b>	2,6	5,8	40,7	98,2	174	301	365	9,23
Obs: Número expresso em milhares								
*Projeção								

**Fonte:** Adaptado de Data Rio, 2019.

Neste mesmo período também ocorreu a expansão de assentamentos informais, visto que entre 1991 e 2000 surgiram 210 mil novos moradores em aglomerados subnormais no Rio de Janeiro, principalmente no bairro de Jacarepaguá e em áreas de preservação ambiental (SMU, 2002). Já no entorno da Lagoa de Marapendi, a ocupação ocorreu de forma mais organizada, pois a região litorânea foi ocupada pela população de maior poder aquisitivo, onde prevalecem grandes condomínios fechados, parques e clubes (PIMENTA; MARQUES, 2003) (Figura 7).

**Figura 7 – Mapa de Uso de Ocupação do Solo – Complexo Lagunar de Jacarepaguá**



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

No entanto, este crescimento não foi acompanhado pela expansão dos serviços de esgotamento sanitário, o que contribuiu para a poluição hídrica dos rios e das lagoas

devido ao grande aporte de carga orgânica proveniente do esgoto que é lançada nos corpos d'água diariamente. Ademais, soma-se a isso o desmatamento, o descarte inadequado de resíduos sólidos e o surgimento de aterros com a ocupação das margens dos rios e lagoas (CERQUEIRA, 2006; SILVA, 2004). Assim, estes problemas têm acarretado diversas consequências, como a mortalidade de peixes, assoreamento, liberação de maus odores, grande floração de algas, entre outros (PIMENTA; MARQUES, 2003).

O sistema de esgotamento sanitário do município é de responsabilidade da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), sendo que, na Barra da Tijuca, foi concretizado somente em 2007, a partir do início da operação do emissário submarino. No ano de 2009, iniciou-se a operação da Estação de Tratamento de Esgotos da Barra da Tijuca. Porém, o tempo em que o município esteve sem uma rede de esgoto adequada acarretou um grande passivo ambiental para as lagoas do CLJ. Neste contexto, estima-se que em 2000, aproximadamente 700 mil habitantes dos bairros da bacia hidrográfica da Barra da Tijuca, Jacarepaguá e Recreio dos Bandeirantes despejaram cerca de 40 mil kg/DBO.dia de esgotos, o que comprometeu os sistemas aquáticos da região (SEMADS, 2011).

Através da análise do Quadro 3, é possível notar que houve um avanço significativo na expansão do sistema de esgotamento sanitário. Porém, somente no período de 2000 a 2010 esse aumento foi mais expressivo (14%), enquanto entre 1991 e 2000 a porcentagem de domicílios atendida foi praticamente a mesma.

**Quadro 3** – Domicílios particulares permanentes por tipo de esgotamento sanitário

Local	Anos	Domicílios particulares permanentes por tipo de esgotamento sanitário (%)						
		Não possuíam banheiro ou sanitário	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa Séptica	Fossa Rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro
Município do Rio de Janeiro	1991	1	70,0	21,0	21,0	4,0	**	4,0
	2000	1,0	76,0	15,0	1,0	3,0	2,0	0,0
	2010	0,1	90,0	4,0	1,0	2,0	1,0	0,3
Barra da Tijuca	1991	2,0	66,0	18,0	18,0	4,0	**	10,0
	2000	1,0	67,0	18,0	2,0	4,0	5,0	1,0
	2010	0,1	81,0	9,0	2,0	3,0	4,0	1,0
* Não houve distinção entre fossa séptica e rudimentar no ano de 1991.								
** Não existem dados que contabilizem esgotamento destinado para rio, lago ou mar no ano de 1991.								

**Fonte:** Adaptado de SANTOS, 2014 *apud* IPP, 2010.

A Prefeitura busca ampliar gradativamente o sistema de esgotamento sanitário através do Programa de Saneamento da Barra da Tijuca, Jacarepaguá e Recreio dos Bandeirantes (PSBJ). O Programa, escalado para um horizonte de 30 anos, visa conduzir e tratar uma vazão final de 5,3 m<sup>3</sup>/s, atendendo cerca de 1.381.349 habitantes, capaz de atender ao desenvolvimento urbano nos próximos decênios (CEDAE, 2014).

Até o ano de 2007, todo o esgoto da região era despejado sem tratamento adequado nos rios e lagoas, o que gerou um grande prejuízo ambiental (CEDAE, 2014). Atualmente, 65% da população do município do Rio de Janeiro é atendida pela rede de esgoto (SNIS, 2017), porém ainda são relatados pelos moradores da região casos de despejos de esgoto que ocorrem diretamente nas lagoas.

Outras iniciativas também estão previstas pelo poder público com o intuito de recuperar o Sistema Lagunar de Jacarepaguá. A principal delas corresponde ao Projeto de Recuperação Ambiental do Complexo Lagunar de Jacarepaguá, coordenado pela Secretaria Estadual do Ambiente. O Projeto visa promover obras de dragagem nas

lagoas do CLJ e do Canal da Joatinga, a fim de melhorar o aspecto estético das lagoas e da qualidade de suas águas sob aspectos físicos, químicos e biológicos, de forma a recuperar o ecossistema aquático e do entorno comprometido pelo assoreamento. Além disso, também está previsto o prolongamento do molhe na barra do Canal da Joatinga para evitar o assoreamento de sua desembocadura com areia proveniente da praia da Barra da Tijuca e, conseqüentemente, melhorar a troca hídrica do sistema (MASTERPLAN, 2013). As obras estavam previstas para conclusão no ano de 2016 para os Jogos Olímpicos sediados pela cidade do Rio de Janeiro, sendo incluídas no Caderno de Encargos da Olimpíada de 2016. No entanto, devido a problemas nos processos licitatórios e da necessidade de mais estudos ambientais, elas não foram finalizadas no tempo previsto e estão paradas até hoje.

Segundo Masterplan (2013), a Lagoa de Marapendi é amplamente utilizada para atividades náuticas de lazer, onde diferentes condomínios possuem pequenas marinas, com presença significativa de lanchas, *jet skis* e pequenas embarcações a vela. Além disso, também é bastante utilizada para o ecoturismo, com passeios de balsa que percorrem todo o perímetro da lagoa, abordando sobre a fauna e flora presente na área. Ela também é utilizada como meio de transporte, especialmente pelos condomínios próximos a lagoa, que possuem serviços de balsa para transportar os moradores até a praia.

Atualmente, diferentes grupos de voluntários formados pela sociedade civil e com apoio da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, como “Unidos Vamos Salvar as Lagoas (SOS Lagoas)”, “Salvemos Marapendi” e “Movimento de Despoluição do Canal das Taxas”, atuam em prol da recuperação da Lagoa de Marapendi, organizando mutirões semanais para recolher os resíduos sólidos que foram descartados de forma inadequada em suas margens e também do Canal de Marapendi e Canal das Taxas, sendo que em alguns deles há inclusive a participação de atores famosos também residentes do local. Além disso, os grupos realizam atividades de educação ambiental e a instalação de lixeiras e placas confeccionadas com material reciclado e o plantio de mudas nativas nos locais de cada mutirão realizado (Figura 8), com o intuito de evitar que ocorra o descarte incorreto novamente.

**Figura 8 – Mutirão de Limpeza realizado pelo grupo SOS Lagoas**



(a) Participantes do Mutirão; (b) Plantio de mudas nativas.

**Fonte:** Página do *Instagram* da “SOS Lagoas”, 2019.

Portanto, a Lagoa de Marapendi apresenta também um aspecto social importante para o bairro, sendo um dos maiores atrativos para as pessoas que desejam se mudar para a localidade. Por sua existência junto à praia, torna a Barra da Tijuca um bairro com características peculiares e diferentes de todos os outros bairros do município do Rio de Janeiro.

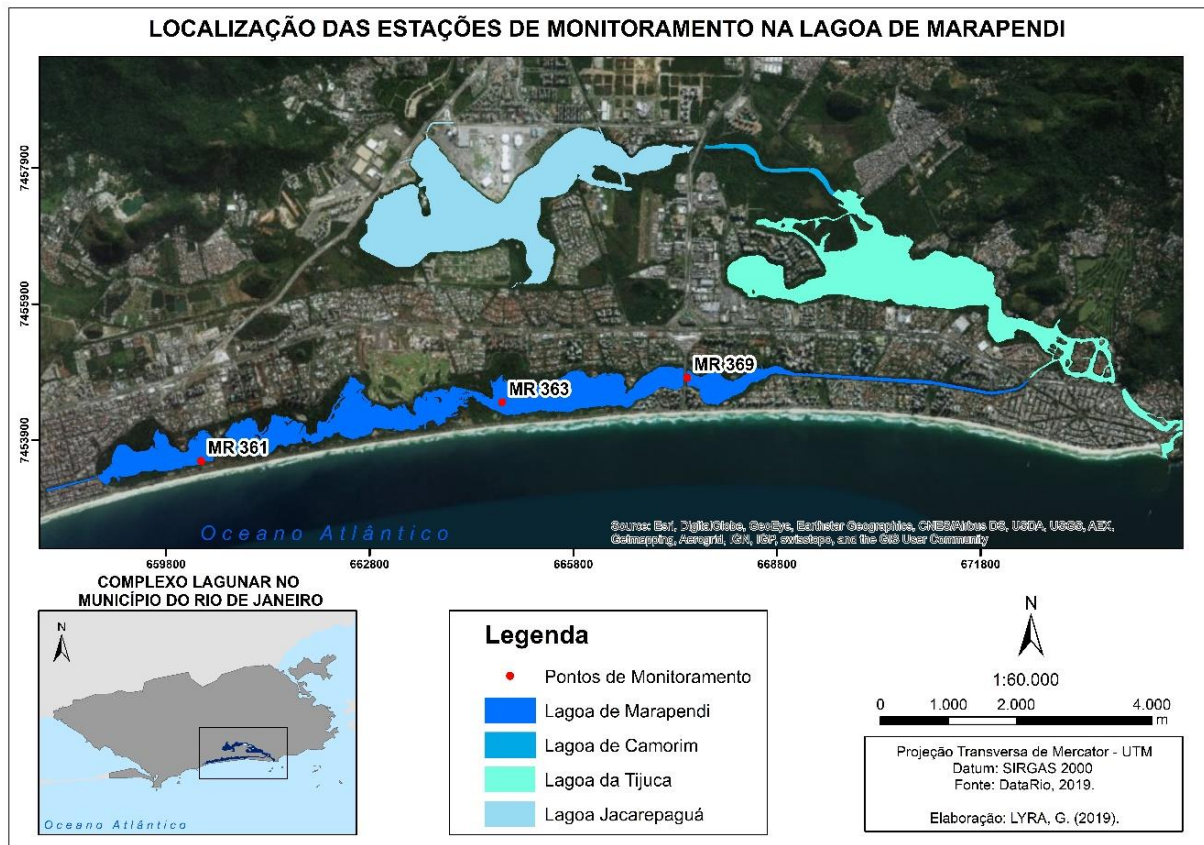
#### 4.2 Levantamento de dados

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) é o órgão público responsável pelo monitoramento da qualidade da água da Lagoa de Marapendi, que é realizado mensalmente por meio de três estações de monitoramento distribuídas em pontos estratégicos pela Lagoa. São analisados os principais parâmetros físico-químicos de qualidade de água, bem como o fitoplâncton e microcistinas.

No presente estudo foram utilizados os dados fornecidos pelo INEA de Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Amoniacal ( $NH_3$ ), Nitrito ( $NO_2^-$ ), Nitrato ( $NO_3^-$ ), Fósforo Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Termotolerantes, medidos nas estações de monitoramento MR 361, MR 363 e MR 369 (Figura 9), no período de 2010 a 2017. No

entanto, como não havia disponível todos os dados necessários, nem todos os anos e estações de amostragem foram considerados para alguns parâmetros. O Quadro 4 demonstra os períodos e estações considerados para cada parâmetro. A partir da análise desses parâmetros é possível avaliar a qualidade da água da Lagoa, bem como seu grau de eutrofização e poluição.

**Figura 9 – Mapa de Localização das Estações de Monitoramento da Lagoa de Marapendi**



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

**Quadro 4** – Períodos e estações considerados para avaliação de cada parâmetro

Parâmetros	Período	Estações
OD Coliformes Termotolerantes Nitrito Nitrito Nitrito DBO Fósforo Total	2010 a 2017	MR 361, MR 363* e MR 369
Nitrogênio Amoniacal	2010 a 2013	MR 361 e MR 369
*Os dados da Estação MR 363 abrangeu apenas os anos de 2014 e 2015		

**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

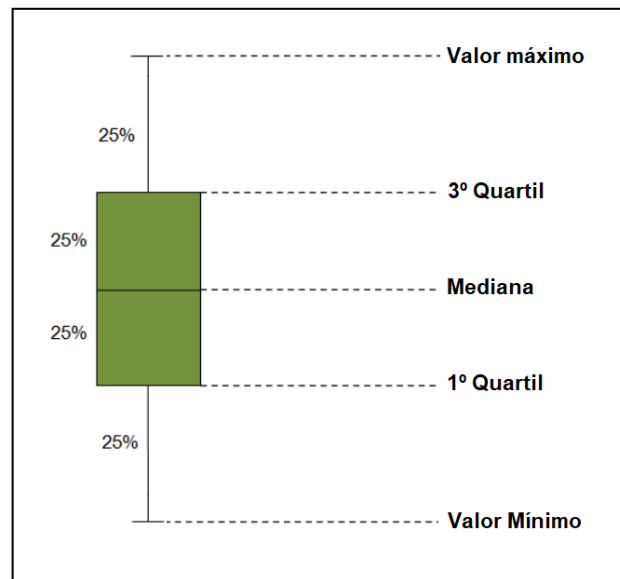
Os dados obtidos foram compilados e organizados em planilhas do *Microsoft Office Excel 2016*. Posteriormente, foi realizada uma análise exploratória dos dados, onde foram elaborados diferentes tipos de gráficos para cada parâmetro, a fim de selecionar aqueles que permitissem a melhor visualização do comportamento das variáveis ao longo do tempo. Por fim, foi realizada a comparação dos valores com os limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Sendo assim, a maioria dos gráficos selecionados foram do tipo *Boxplot*, que são formados pelos valores das medianas, dos quartis, das amplitudes e pelos valores máximos e mínimos dos parâmetros, como demonstra no Quadro 5. Nesse gráfico, um retângulo representa 50% dos dados. Seu limite superior corresponde a 75% dos dados e seu limite inferior corresponde a 25% dos dados, sendo que a distância entre esses limites é denominada de interquartil. A linha no interior do retângulo indica o valor da mediana dos dados e os extremos representados por linhas do lado superior e inferior da caixa indicam os valores máximo e mínimo, respectivamente (Figura 10). Os pequenos pontos constituem os *outliers*, que são valores maiores que 1,5 vezes a amplitude interquartil, normalmente fora do padrão, responsáveis por criar um viés nas estimativas.

**Quadro 5** – Estatísticas utilizadas

<b>Estatística</b>	<b>Significado</b>
Mediana	É o número localizado no centro de um conjunto de valores ordenados, em que o conjunto é separado em dois subconjuntos com a mesma quantidade de valores.
1º Quartil	Número que deixa 25% das observações abaixo e 75% acima.
3º Quartil	Número que deixa 75% das observações abaixo e 25% acima.
Valor máximo	Maior elemento da amostra.
Valor mínimo	Menor elemento da amostra.
Amplitude	Diferença entre o maior e o menor valor observado.
Média aritmética	Quociente entre a soma dos valores observados pelo número total de elementos.

**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

**Figura 10** – Interpretação do *Boxplot*

**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

Como alguns gráficos variavam em uma faixa muito ampla, alguns parâmetros foram representados por meio de gráficos de evolução da média aritmética.

Além das análises por meio dos gráficos, foi realizada uma análise estatística por meio da ferramenta de Análise de Variância (ANOVA) do *Microsoft Office Excel 2016*, que permite identificar se há correlação entre os dados das três estações de amostragem e se é possível analisá-los em conjunto por meio de apenas um gráfico. A partir desta ferramenta é calculado o valor-P, que é capaz de indicar se há uma correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. Valores-P inferiores a 0,05 indicam que as diferenças entre os valores são significativas e, portanto, os dados das estações devem ser avaliados separadamente, enquanto valores-P superiores a 0,05 indicam o contrário, podendo ser analisados em conjunto.

O INEA realiza a classificação dos corpos hídricos segundo seus usos preponderantes. Assim, segundo a Diretriz nº 110-R1 da extinta Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), a Lagoa é voltada para a preservação da fauna e flora, uso estético e atividades de recreação de contato secundário, que são aquelas em que o contato com a água é esporádico ou acidental, com pouca probabilidade de ingestão.

São utilizados os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para avaliar a qualidade da água das lagoas, que são enquadradas como Classe 2 (águas salobras). Neste contexto, estão dispostos no Quadro 6 os padrões estabelecidos pela Resolução para os parâmetros utilizados no presente trabalho.

**Quadro 6** – Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005

<b>Classe 2 – Águas Salobras</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Oxigênio Dissolvido	> 4,00 mg. L <sup>-1</sup>
Coliformes Termotolerantes	< 2500 por 100 mL
Fósforo total	< 0,186 mg. L <sup>-1</sup>
Nitrato	< 0,70 mg. L <sup>-1</sup>
Nitrito	< 0,20 mg. L <sup>-1</sup>
Nitrogênio amoniacal	< 0,70 mg. L <sup>-1</sup>

**Fonte:** Adaptado de Resolução CONAMA nº 357/2005.

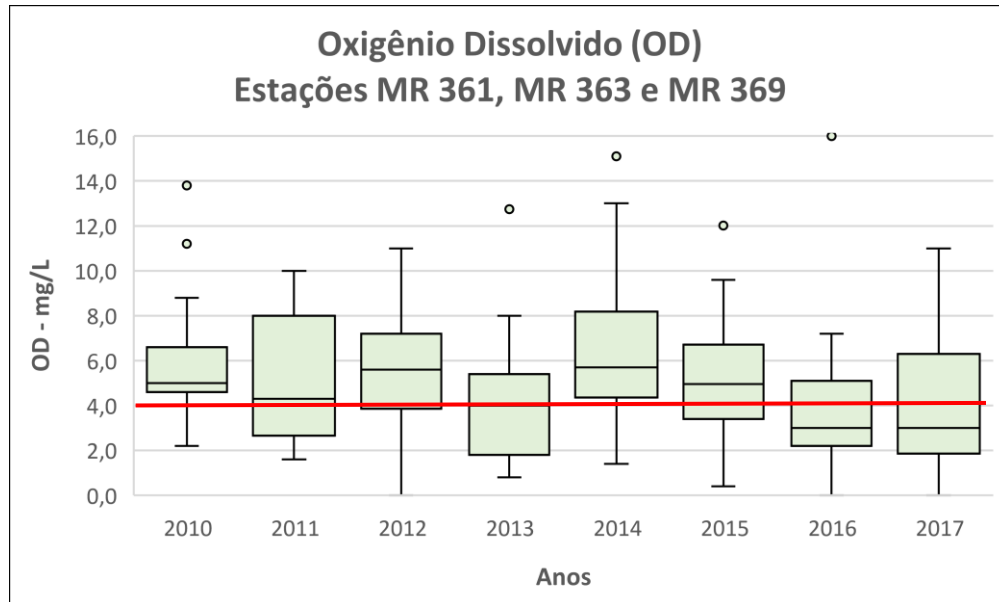
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

Os parâmetros de Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total e Série Nitrogenada estão dispostos a seguir por meio de gráficos *Boxplot*, que demonstram os valores máximos e mínimos, as medianas e a amplitude, medidos no período de 2010 a 2017 na Lagoa de Marapendi. Optou-se por utilizar esse tipo de gráfico pois ele permite analisar a simetria de um conjunto de dados, sua dispersão e os *outliers* de forma compacta, o que facilita sua visualização. Por meio da ferramenta de Análise de Variância (ANOVA), os parâmetros de DBO, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal apresentaram valor-P inferior a 0,05, sendo necessário analisar separadamente os dados das estações. Para os coliformes termotolerantes, como a sua concentração varia segundo uma faixa muito ampla, optou-se por utilizar um gráfico de evolução temporal da média aritmética de cada ano. A linha vermelha inserida nos gráficos refere-se ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salobras Classe 2.

### 5.1 Oxigênio Dissolvido

Os valores das medianas de OD das três estações em conjunto da Lagoa de Marapendi (Figura 11) oscilaram entre 4 e 6 mg. L<sup>-1</sup> no período de 2010 a 2014. Porém, nota-se uma tendência descendente das medianas entre 2014 e 2017, com uma redução de cerca de 3 mg. L<sup>-1</sup>. Com exceção do ano de 2011, todos os outros anos registraram valores máximos elevados (acima de 10 mg. L<sup>-1</sup>) quando comparados com as medianas, o que pode estar associado à elevada atividade fotossintética dos fitoplanctons. Além disso, é possível observar que os valores mínimos se apresentaram críticos em todos os anos, sendo que em 2012, 2016 e 2017 ocorreu inclusive a ausência desse componente, o que pode causar a morte de peixes e outras vidas aquáticas, servindo como um indicador de poluição da Lagoa. Por fim, ao se comparar as caixas do *Boxplot* com a legislação vigente, que estabelece uma concentração mínima de 4 mg. L<sup>-1</sup>, é possível observar que na maior parte do tempo este padrão é atendido, exceto nos anos de 2013, 2016 e 2017.

**Figura 11** – Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido

**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

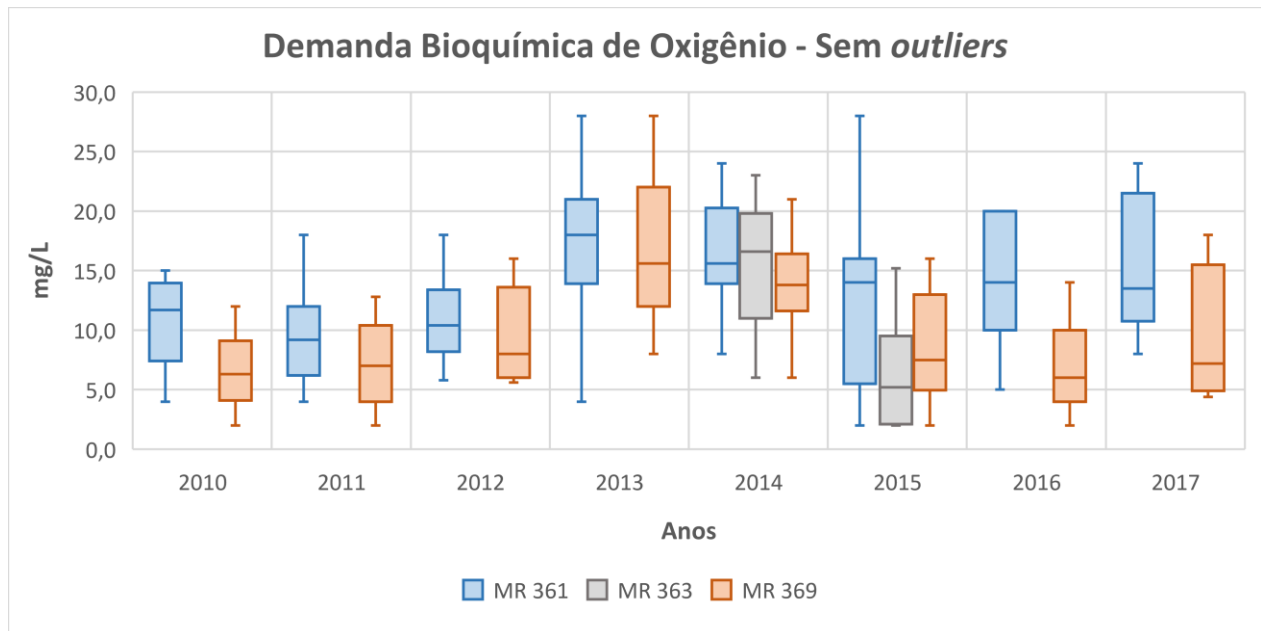
## 5.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A maioria dos valores das medianas de DBO (Figura 12) da Estação MR 361 oscilaram entre 5 e 15 mg.L<sup>-1</sup>, apresentando uma tendência de crescimento de 2010 a 2013, quando se estabiliza a partir de 2014 até 2017 em torno de 15 mg.L<sup>-1</sup>. É importante destacar que no de 2017 foi registrado um valor de 110 mg.L<sup>-1</sup> (*outlier*), um valor extremamente elevado quando comparado ao restante dos dados.

A Estação MR 369 apresentou medianas ligeiramente menores que as da Estação MR 361. Entre 2010 a 2013 os valores apresentaram uma tendência ascendente, em que os outliers atingem o valor de 60 mg.L<sup>-1</sup>. Já entre 2013 e 2016 ocorreu uma queda brusca das medianas de DBO, saindo de cerca de 15 mg.L<sup>-1</sup> para 6 mg.L<sup>-1</sup>, aumentando novamente em 2017.

Os dados disponíveis da Estação MR 363 abrangeram apenas os anos de 2014 e 2015, sendo que em 2014 os valores do quartil estiveram entre 10 e 20 mg.L<sup>-1</sup> e em 2015 houve uma queda significativa, em que o quartil esteve entre 0 e 10 mg.L<sup>-1</sup>.

**Figura 12 – Resultados do parâmetro DBO**



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

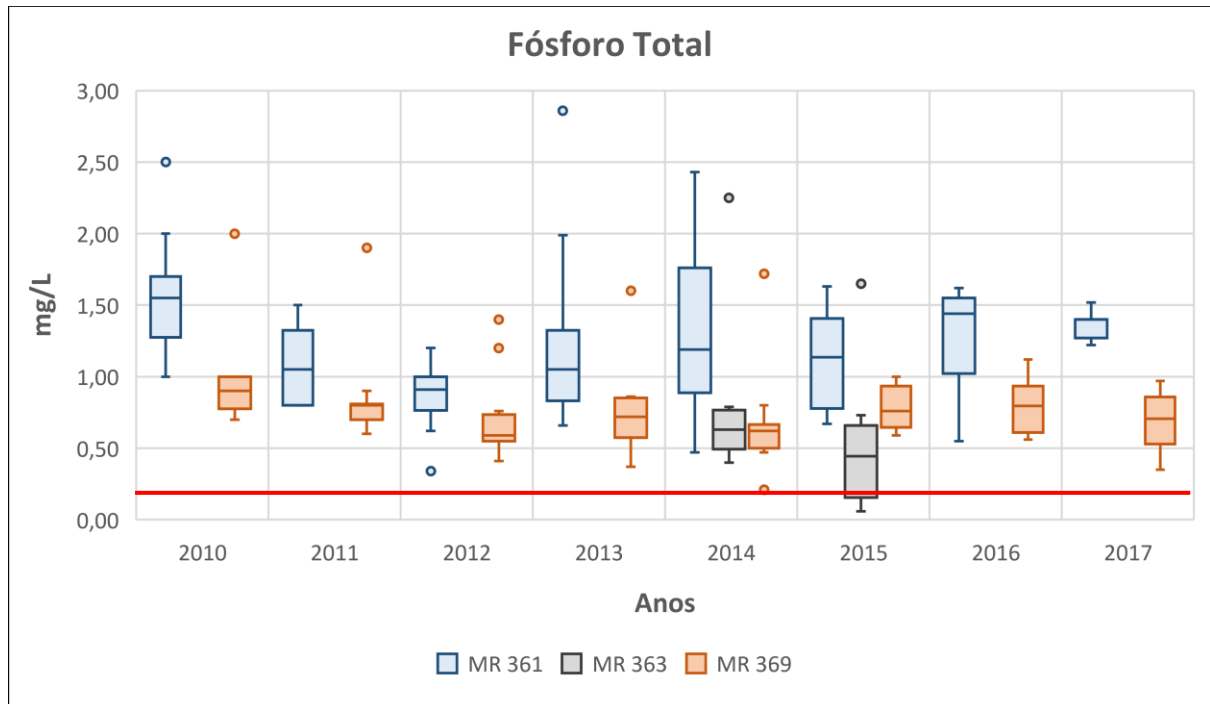
A legislação não estabelece um padrão para o parâmetro de DBO para águas salobras Classe 2, mas convém ressaltar que na literatura é considerado uma baixa concentração de DBO ( $1 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ) para ambientes naturais límpidos (FUNASA, 2014). Neste contexto, ambas as estações atingiram valores bem mais elevados de DBO, típicos de áreas costeiras em processo de eutrofização, o que pode estar associada a uma grande quantidade de matéria orgânica presente no corpo d'água.

### 5.3 Fósforo Total

Na Lagoa de Marapendi, as medianas de Fósforo Total (Figura 13) da Estação MR 361 oscilaram em torno de  $1,0$  e  $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , exceto nos anos de 2010 e 2012. Foram registrados valores máximos elevados em todos os anos, principalmente em 2010 e 2014, que apontaram valores em torno de  $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , enquanto no período de 2015 a 2017 os valores máximos se mantiveram constantes em torno de  $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ . Os valores mínimos também se mostraram elevados, acima de  $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , exceto em 2014.

Em relação a Estação MR 369, as medianas flutuaram entre 0,5 e 1,0 mg.L<sup>-1</sup>. É possível observar também que os valores mínimos tiveram uma ligeira redução entre 2010 e 2013. No entanto essa tendência não se mantém nos anos seguintes, quando eles aumentam em 2014 e se mantêm até o ano de 2016 em torno de 0,5 mg.L<sup>-1</sup> para novamente apresentar uma pequena queda em 2017. Em relação aos *outliers*, no período de 2010 a 2014 foram registrados valores elevados de fósforo total, semelhantes aos dados observados da estação MR 361.

**Figura 13** – Resultados do parâmetro de Fósforo Total



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

A partir do gráfico é possível perceber que os dados das três Estações de Monitoramento apresentaram concentrações relativamente diferentes de Fósforo Total, o que pode ser justificado pelo fato das estações estarem localizadas distantes uma da outra, sendo que a Estação MR 369 é a mais próxima do Canal de Marapendi, podendo apresentar uma maior influência pelo regime de marés.

Nota-se que em ambas as estações os valores apresentados ultrapassaram consideravelmente o limite máximo de  $0,186 \text{ mg.L}^{-1}$  estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, principalmente os dados apontados pela Estação MR 361, que registrou valores elevados em torno de  $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ .

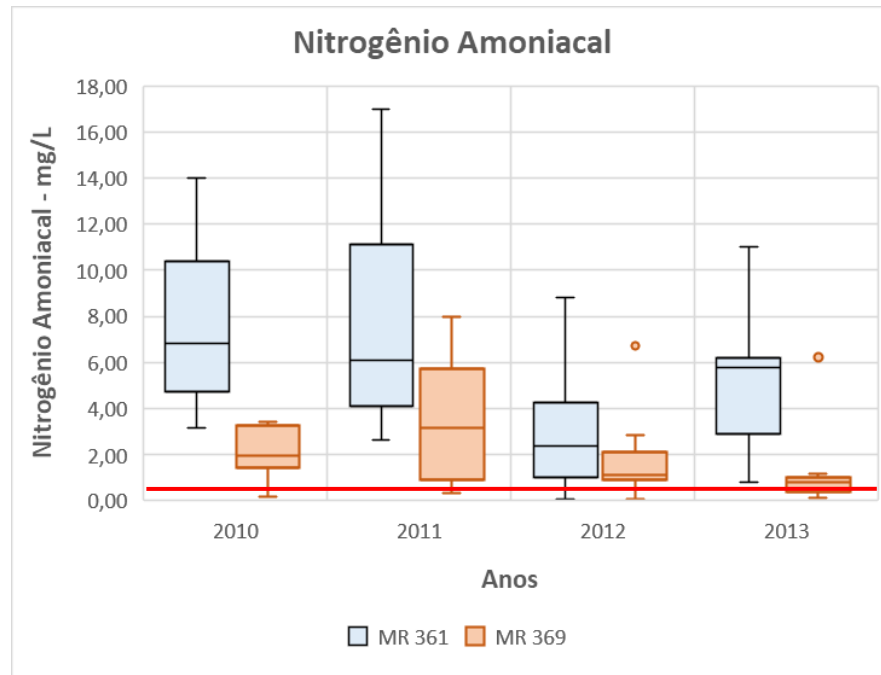
Neste contexto, convém ressaltar que o fósforo é um importante nutriente para o desenvolvimento de algas e plantas aquáticas, caracterizando-se como o principal responsável pela eutrofização dos corpos d'água, além de limitar sua produtividade. Além disso, altas concentrações de fósforo podem estar associadas ao uso de fertilizantes na agricultura, que atingem o corpo d'água através do escoamento superficial, e ao despejo de esgoto inadequadamente tratado nos corpos d'água (CHAPMAN; KIMSTACH, 1996). No entanto, como na região não há presença de cultivos agrícolas, as altas taxas de fósforo total podem estar atribuídas à possíveis lançamentos de efluentes sem tratamento que possam estar ocorrendo na Lagoa.

#### **5.4 Série Nitrogenada**

A estação MR 361 apresentou quartil de até  $12 \text{ mg.L}^{-1}$  de Nitrogênio Amoniacal (Figura 14), enquanto a estação MR 369 apresentou quartil ligeiramente menor, de até  $6 \text{ mg.L}^{-1}$ . Esta diferença pode estar atribuída a distância entre elas, estando a MR 369 mais próxima ao Canal de Marapendi, o que facilita a troca hídrica nesta parte da Lagoa. A Estação MR 363 não foi considerada para análise devido à pouca quantidade de dados disponíveis.

Em ambas as estações é possível notar que os valores nos anos de 2010 e 2011 foram maiores que os valores registrados em 2012 e 2013. No entanto, mais de 90% dos dados, durante todo o período considerado, não atenderam ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, excedendo o limite máximo de  $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$  de Nitrogênio Amoniacal. Como a amônia serve como um indicador de contaminação recente por matéria orgânica, pois ocorre no estágio inicial da decomposição, é possível inferir que os pontos estão próximos de possíveis lançamentos de esgoto. Presente em altas concentrações, a amônia pode causar a mortalidade dos animais aquáticos devido a sua toxicidade (ARANA, 2004).

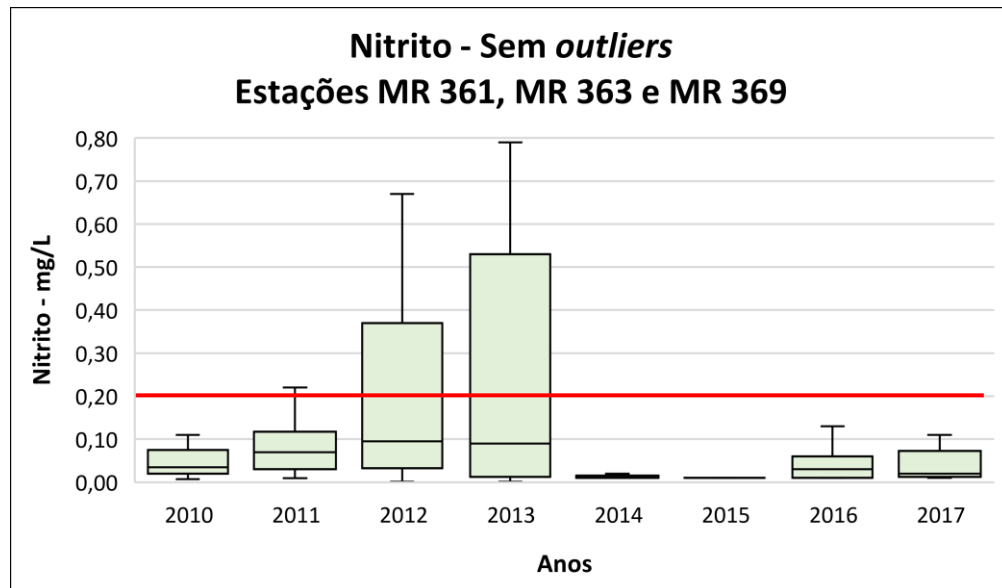
**Figura 14** – Resultados do parâmetro Nitrogênio Amoniacal



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

Em relação aos dados obtidos de Nitrito (Figura 15), a maioria dos valores estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, abaixo do limite estipulado de  $0,2 \text{ mg. L}^{-1}$ , exceto nos anos de 2011, 2012 e 2013, em que altas concentrações foram registradas, o que pode prejudicar os organismos aquáticos. Além disso, é possível perceber um comportamento ascendente dos valores entre 2010 e 2013. Em 2014 ocorre uma queda brusca, mantendo-se constante entre  $0,0$  e  $0,1 \text{ mg. L}^{-1}$  até 2017.

**Figura 15** – Resultados do parâmetro Nitrito

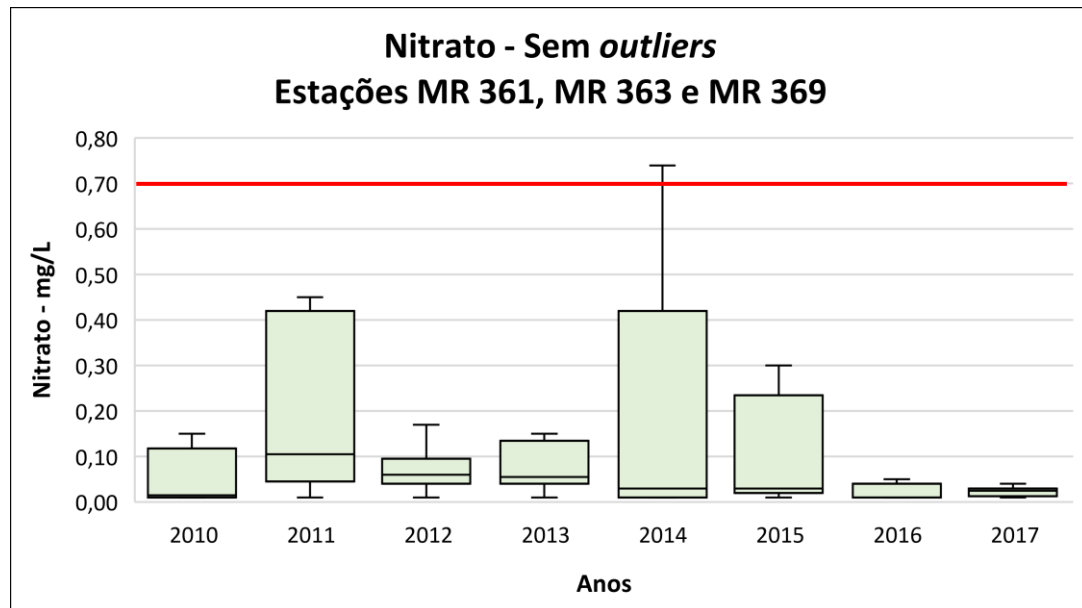


**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

Comparando-se os dados de Nitrogênio Amoniacal e Nitrito, é possível perceber que no período de 2010 a 2013 ocorreu uma redução nas concentrações de Nitrogênio Amoniacal, enquanto houve um aumento nas concentrações de Nitrito durante o mesmo período. Esse fenômeno pode ser explicado devido ao processo de nitrosação realizado por bactérias aeróbias autotróficas, que realizam a oxidação do nitrogênio amoniacal em nitrito por meio de processos bioquímicos (CÂMARA, 2011).

As medianas de Nitrato (Figura 16) estiveram abaixo de  $0,2 \text{ mg. L}^{-1}$  durante todo o período estudado, apresentando uma leve tendência descendente no período de 2011 a 2017. No geral, a maioria das concentrações de Nitrato atenderam ao limite de  $0,7 \text{ mg. L}^{-1}$  estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. No entanto, foram registrados *outliers* elevados de 2011 a 2015, acima de  $1 \text{ mg. L}^{-1}$ .

**Figura 16 – Resultados do parâmetro Nitrato**



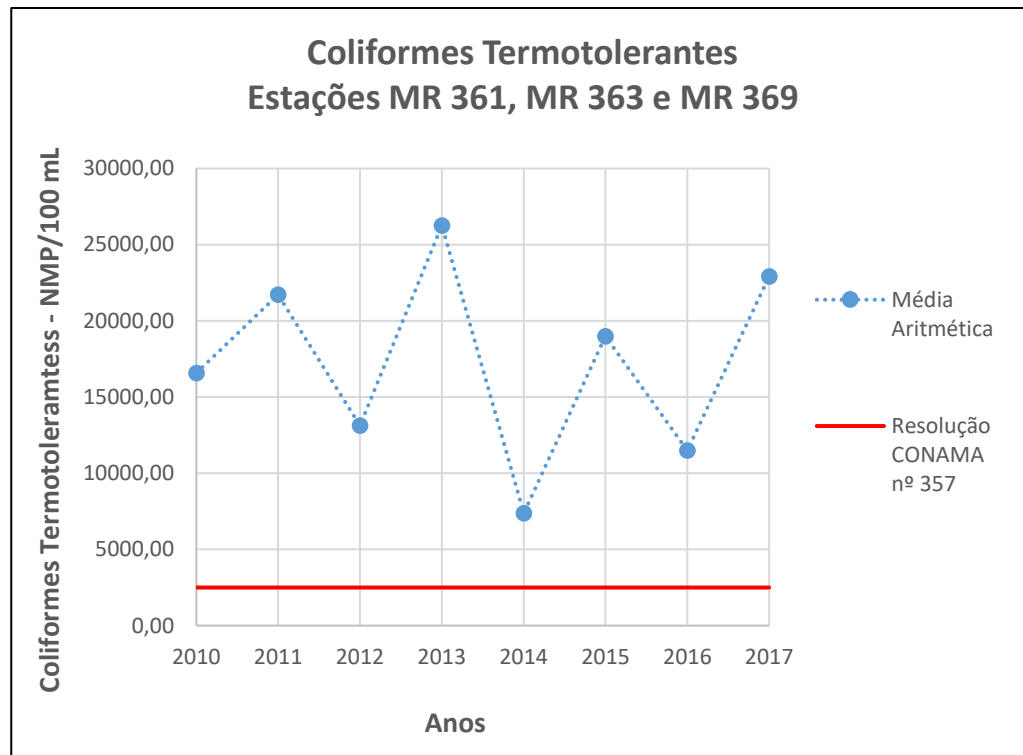
**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

### 5.5 Coliformes Termotolerantes

Os valores médios de coliformes termotolerantes apresentaram uma grande variação durante o período analisado, oscilando entre 5.000 a 25.000 NMP/100mL. Por meio da análise do gráfico (Figura 17), é possível observar que no ano de 2013 houve um aumento significativo da média, causado por valores máximos muito elevados registrados nesse ano, chegando a atingir 92.000 NMP/100mL em uma das coletas. Em contrapartida, no ano de 2014, houve uma queda brusca da média, por motivos desconhecidos.

Além disso, é possível notar que em todos os anos os valores obtidos foram superiores ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que preconiza um limite de 2500 NMP/100mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano. Logo, estes valores indicam que existe contaminação fecal, porém não é possível afirmar que seja humana.

**Figura 17** – Resultados do parâmetro Coliformes Termotolerantes



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2019.

## 6. CONCLUSÃO

---

A partir desse trabalho foi possível concluir que os valores dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água, como Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato, medidos no período de 2010 a 2017 na Lagoa de Marapendi, não estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação na maior parte do tempo, o que pode prejudicar o ecossistema aquático.

As análises realizadas por meio dos gráficos em relação à Fósforo Total e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) revelaram valores elevados, o que indica que está ocorrendo a contaminação antrópica por matéria orgânica, principalmente na região em que a estação MR 361 está localizada. As altas concentrações de DBO estão associadas a grande quantidade de matéria orgânica presente no corpo d'água, enquanto os valores elevados de Fósforo Total apontam para o enriquecimento constante de nutrientes na água proveniente das atividades antrópicas nos três pontos amostrados.

Embora o sistema de esgotamento sanitário da Barra da Tijuca já esteja implantado pela CEDAE em boa parte da região, as altas concentrações de DBO, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes registradas durante todo o período estudado em conjunto com os valores críticos de Oxigênio Dissolvido indicam que a lagoa ainda tem servido como corpo receptor de efluentes sem tratamento.

Esse despejo de esgoto na Lagoa de Marapendi pode estar associado à ocupação desordenada das margens da lagoa, que vem ocorrendo desde a década de 70. Essa descarga orgânica, rica em fósforo e nitrogênio, aliado a baixa capacidade de renovação das águas da lagoa, tem acelerado o processo de eutrofização do corpo d'água, aumentando sua produtividade. Este fenômeno é sentido principalmente na parte oeste da Lagoa, onde está localizada a estação MR 361, próximo ao Canal das Taxas que atualmente grande parte está assoreado e coberto por gigogas, dificultando a troca hídrica nesta parte da lagoa. Já a estação MR 369 encontra-se próxima ao Canal de Marapendi na porção leste da lagoa, podendo apresentar maior influência pelo regime de marés, o que justifica suas menores concentrações.

Em relação aos dados fornecidos pelo INEA, convém ressaltar a importância da realização da coleta mensal dos dados em todas as estações, a fim de permitir que sejam feitas análises históricas que auxiliem na indicação de tendências futuras e que as comparações do comportamento dos parâmetros sejam mais precisas.

Portanto, as concentrações em desconformidade com a legislação refletem as más condições de qualidade ambiental da Lagoa de Marapendi, não sendo propícia nem mesmo à recreação e pescado, pois essas atividades aumentam os perigos de propagação de doenças de veiculação hídrica caso ocorra o contato com a água contaminada por toxinas liberadas por macrófitas devido ao processo de eutrofização.

A fim de restabelecer o equilíbrio ambiental do ecossistema aquático da Lagoa de Marapendi, é necessária que sejam adotadas medidas que visem a recuperação da qualidade das águas de todas as lagoas do Complexo Lagunar de Jacarepaguá, bem como os rios que desagüam nelas. Além disso, recomenda-se que sejam retomadas as obras de recuperação do Complexo previstas para os Jogos Olímpicos de 2016 e que seja realizada uma fiscalização mais rigorosa com o intuito de garantir que a legislação seja cumprida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: relatório pleno**. Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama das águas superficiais do Brasil 2012**. Brasília, 2012.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água na Aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões**. Universidade Federal de Santa, Catarina Editora, 2004. 231p.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em 18 ago. 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Brasília, 1934. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm)> Acesso em 10 out. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em 10 ago. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1981. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS)>

/L6938.htm> Acesso em 10 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986**. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>> Acesso em 13 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>> Acesso em 4 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em 12 set. 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília, 2014. Disponível em <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_qu](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_qu)

ali\_agua\_tecnicos\_trab\_emetas.pdf> Acesso em 19 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, 2006. Disponível em <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)> Acesso em 18 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011. Disponível em <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)> Acesso em 8 out. 2019.

CÂMARA, F. M. M. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio Poti da Cidade de Teresina, Piauí**. Dissertação (Doutorado), Pós-Graduação em Geografia, UNESP, Rio Claro, SP, 2011. 153 p. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/104342>> Acesso em 24 set. 2019.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. **Programa de Saneamento da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá – PSBJ**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[https://www.cedae.com.br/saneamento\\_barra\\_recreio\\_jacarepagua](https://www.cedae.com.br/saneamento_barra_recreio_jacarepagua)>. Acesso em 9 out. 2019.

CERQUEIRA, L. F. F. **Os Impactos dos Assentamentos Informais de Baixa Renda nos Recursos Hídricos e na Saúde Coletiva: O Caso Da Bacia Hidrográfica Da Baixada De Jacarepaguá**. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em <<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2006/LuizFernandoFloresCerqueirpeamb2006.pdf>> Acesso em 10 out. 2019.

CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem.** In: Série Relatórios/CETESB: Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2008. Apêndice A. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.** 2. ed. Cambridge University Press, 1996. p. 74-133.

CORRÊA, A. M. “O Sertão Carioca”. In: **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro.** (dep. de imprensa oficial. Secretaria municipal adm.) v.167, p. 312. 1933

DERISIO, J. K. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental.** 3ª ed. São Paulo: Signus Editora, 2007.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GOMES, A. M. et al. “**Florações de Cianobactérias Tóxicas em uma Lagoa Costeira Hipereutrófica do Rio de Janeiro/RJ (Brasil) e suas Consequências para Saúde Humana**”, Revista Oncologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, RJ. v. 13, n. 1, pp. 329-345, 2009. Disponível em <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/download/8075/6526>> Acesso em 15 out. 2019.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Como é feito o monitoramento das águas interiores.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/como-e-feito-o-monitoramento-das-aguas-interiores/>>. Acesso em 17 set. 2019.

KHAN, F. A., ANSARI, A. A. **Eutrophication: An Ecological Vision.** The Botanical Review, vol. 71, n. 4, pp. 449-482, 2005.

KJERFVE, B. **Coastal Lagoon Processes**. Amsterdam: Ed. Elsevier Oceanography, 1994, p. 1-8.

KNOPPERS, B. Aquatic primary production. In: KJERFVE, B. **Coastal Lagoon processes**. Amsterdam: Ed. Elsevier Oceanography, 1994, p. 221-241.

LEAL, J.P. **Estudo Geoambiental & Evolução Paleográfica da Lagoa Olho d'Água – Jaboatão dos Guararapes – PE**. Dissertação (Mestrado em Geociências), Pós-Graduação em Geociências, UFPE, Recife. 133p, 2012. Disponível em <[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6670/1/arquivo6916\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6670/1/arquivo6916_1.pdf)> Acesso em 15 out. 2019.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações**. Boletim do Instituto de Pesca. São Paulo: Inst Pesca, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/544>> Acesso em 16 set. 2019.

MARTINELLI, G. “**Biodiversidade: Síntese das Contradições do Passado, do Presente e do Futuro**” In: Zee, D. Barra da Tijuca: Natureza & Cidade. 1 ed., capítulo 3, Rio de Janeiro, RJ, 2012.

MASTERPLAN. **Relatório Ambiental Simplificado das Obras de Recuperação Ambiental do Complexo Lagunar de Jacarepaguá**. Consultoria de Projetos de Meio Ambiente. Capítulo 3 – Diagnóstico Ambiental da Área de Influência. 450 p. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <<http://eadterrazul.org.br/pdf/Documentos/RAS%20DRAGAGEM/3.%20DIAGNOSTICO%20AMBIENTAL.pdf>> Acesso em 28 set. 2019.

MARINHO, C. C.; FONSECA, A. L. S.; ESTEVES, F. A. **Impactos antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado do Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa**. RBPG, Brasília, v. 13, n.32, p. 703 – 728, 2016. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/315380287\\_Impact](https://www.researchgate.net/publication/315380287_Impact)

os\_antropicos\_nas\_lagoas\_costeiras\_do\_norte\_do\_estado\_do\_Rio\_de\_Janeiro\_uma\_revisao\_sobre\_a\_eutrofizacao\_artificial\_e\_gases\_de\_efeito\_estufa> Acesso em 19 set. 2019.

PERILLO, G. M. E.; PICCOLO, M. C.; PINO-QUIVIRA, M. **Estuaries os South America: their geomorphology and dynamics**. Berlim: Springer-Verlag, 1. ed. 1999, p. 1–13.

PIMENTA, L. C.; MARQUES, J. S. **Consequências de uma Ocupação Intensa para o Ambiente Lagunar de Jacarepaguá: O Caso das Lagoas de Jacarepaguá, Camorim e Tijuca**. Revista Geo-UERJ. v. 1, nº especial, pp. 2326-2333, Rio de Janeiro, 2003.

POIAN, P. P. **A implantação do Parque Natural Municipal de Marapendi, no Rio de Janeiro**. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 921-930, 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141341522017000500921&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522017000500921&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 17 out. 2019.

RICHTER, C. A; AZEVEDO NETTO, J. M. D. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

RIGUETTI, A. L. **Avaliação espaço-temporal do grau de trofia em lagoas costeiras da cidade do Rio de Janeiro: Aplicação de Índices de Estado Trófico**. Dissertação (Mestrado em Química) Programa de Pós-graduação em Química, UERJ, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ\\_869b235bbdfa16f25105aa7567cce230](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ_869b235bbdfa16f25105aa7567cce230)> Acesso em 20 out. 2019.

RIO DE JANEIRO (Estado). Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO). **Plano de Manejo do Parque Natural Chico Mendes. Caracterização da Unidade de Entorno**. Rio de Janeiro. Vol. 2. 248 f. 2014. Disponível em <[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5613858/4135904/2013021SMACPNMChicoMendes\\_Vol2FINAL.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5613858/4135904/2013021SMACPNMChicoMendes_Vol2FINAL.pdf)> Acesso em 10 out. 2019.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei Estadual nº 5101 de 4 de outubro de 2007**. Dispõe sobre a criação do Instituto Estadual do Ambiente – INEA e sobre outras providências para maior eficiência na execução das políticas estaduais de meio ambiente, de recursos hídricos e florestais. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/e9589b9aabd9cac8032564fe0065abb4/674aaff783d4df6b8325736e005c4dab?OpenDocument>> Acesso em 10 out. 2019.

RIO DE JANEIRO (Município). **Plano de Manejo da APA de Marapendi (Apresentação)**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5529306/4161801/Apresentacao\\_PM\\_marapendi\\_semlogo.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5529306/4161801/Apresentacao_PM_marapendi_semlogo.pdf)> Acesso em 10 out. 2019.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU). **Os dados mais recentes sobre população de favelas na cidade do Rio de Janeiro**. In: Rio Estudos. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Urbanismo. Rio de Janeiro, 2002.

SALLÔTO, G. R. B. **Avaliação Metagenômica da Microbiota do Complexo Lagunar de Jacarepaguá e seus Impactos na Saúde Pública**. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária), Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/11151>> Acesso em 14 out. 2019.

SANTOS, M. C. et al. **Manejo de lagoas costeiras – estabelecendo normas e procedimentos para abertura artificial da barra de areia em uma lagoa do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA Jurubatiba)**. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n.2. São Paulo, 2015. pp. 18-25. Disponível em <[http://www.fsma.edu.br/RESA/Edicao2/FSMA\\_RES\\_2015\\_2\\_03.pdf](http://www.fsma.edu.br/RESA/Edicao2/FSMA_RES_2015_2_03.pdf)> Acesso em 14 out. 2019.

SANTOS, M. R. **Evolução Temporal da Eutrofização no Complexo Lagunar de Jacarepaguá**. Dissertação (Dissertação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014039.pdf>> Acesso em 6 out. 2019.

SEMADS. **Ambiente das Águas no Estado do Rio de Janeiro**. Cooperação Técnica Brasil Alemanha/Projeto PLANÁGUA, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

SILVA, G. **Impactos Ambientais Resultantes do Processo de Ocupação da Barra da Tijuca**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - Água e Esgotos - 2017. Disponível em <<http://snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>> Acesso em 20 out. 2019.

STEWART, J. R. et al. **The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs**. Environ Health. v. 7, supl. 2, p. 1476–1069X, 2008. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2586716/>> Acesso em 5 out. 2019.

SUBCOMITÊ JACAREPAGUÁ. **Subcomitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara – Sistema Lagunar de Jacarepaguá**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sc-jacarepagua/>>. Acesso em 29 de outubro de 2019.

TELLES, D. D. et al. **Ciclo Ambiental da Água: da chuva à gestão**. 1 ed. Blucher, São Paulo, 2013.

TUCCI, C. E.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água"**. Revista Bahia Análise & Dados, v.13, n. especial, pp. 357-370. Salvador, BH, 2003 Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd17/cenarioges.pdf>> Acesso em 8 out. 2019.

TUNDISI, J. G. A crise da água: eutrofização e suas consequências. In. TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. Rima, IIE, São Carlos, 2003. 247p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

**Anexo A – Dados de Oxigênio Dissolvido**

<b>Oxigênio Dissolvido - mg/L</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		6,6	2,6	1,8	5,2		16,0	0,0
<b>Fev</b>	13,8	8,0	4,4	2,0	7,0	4,4		
<b>Mar</b>	11,2	2,0		2,6	1,4	12,0	5,0	8,0
<b>Abr</b>		4,0	6,4	4,4	8,2	2,0	2,4	
<b>Mai</b>			2,4	8,0	5,7	5,6	3,6	1,6
<b>Jun</b>	2,4	5,8	2,0			9,6	1,8	
<b>Jul</b>		4,0	8,8	5,6		5,8		
<b>Ago</b>	4,8	1,6	6,6	0,8	5,4		2,4	3,0
<b>Set</b>	8,8	9,0	6,4	4,0	6,5	0,4	2,2	
<b>Out</b>	2,4	10,0	7,8		5,2	7,7		2,4
<b>Nov</b>	4,6	2,0	3,4	1,2	3,5	2,2	1,0	11,0
<b>Dez</b>	5,6	2,8	4,6	5,2		5,2	3,0	

<b>Oxigênio Dissolvido - mg/L</b>								
<b>Estação MR 363</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>								
<b>Fev</b>						2,5		
<b>Mar</b>						4,5		
<b>Abr</b>					1,8			
<b>Mai</b>					8,2	7,8		
<b>Jun</b>						9,0		
<b>Jul</b>						3,4		
<b>Ago</b>								
<b>Set</b>					15,1		0,0	
<b>Out</b>					11,0			
<b>Nov</b>					2,6	4,7		
<b>Dez</b>	5,0							

<b>Oxigênio Dissolvido - mg/L</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		8,0	8,4	4,6	6,8		4,6	5,6
<b>Fev</b>	2,2	9,0	0,0	1,2	7,4	1,4		
<b>Mar</b>	4,6	1,6		5,6	3,4	5,7	7,2	3,0
<b>Abr</b>		2,6	8,8	7,2	2,3	1,8	1,4	
<b>Mai</b>			11,0	4,0	5,6	8,6	2,2	7,0
<b>Jun</b>	6,0	4,6	3,8			5,6	6,0	
<b>Jul</b>		7,8	5,4	2,6		4,5		1,9
<b>Ago</b>	6,6	3,2	7,4	0,8	13,0		3,0	1,8
<b>Set</b>	8,8	9,0	6,0	5,4	12,8	5,7	5,2	
<b>Out</b>	2,4	8,0	5,6	12,7	9,9	7,0		
<b>Nov</b>	4,6	2,2	5,6	1,8	5,6	3,6	4,4	
<b>Dez</b>	6,6	3,4	4,0	3,4		3,4	5,4	

**Anexo B – Dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio**

---

<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio - mg/L</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		9,2	14,0	8,0	8,0		8,0	110,0
<b>Fev</b>	13,6	4,0	5,8	20,0	16,0	4,0		
<b>Mar</b>	12,4	10,0		16,0	20,0	28,0		8,0
<b>Abr</b>		6,0	11,0	14,0	24,0	16,0	20,0	
<b>Mai</b>			7,0	13,6	14,0	3,0	14,0	14,0
<b>Jun</b>	15,0	6,4	10,0	28,0		16,0	20,0	
<b>Jul</b>		18,0	7,6	4,0		12,0		
<b>Ago</b>	26,0	12,0	10,4	16,0	15,2		5,0	13,0
<b>Set</b>	8,0	12,0	12,8	20,0	13,6	16,0	12,0	
<b>Out</b>	11,0	8,8	8,8	24,0		20,0		10,0
<b>Nov</b>	5,6	14,0	16,0	36,0	21,0	2,0	20,0	24,0
<b>Dez</b>	4,0	5,0	18,0	20,0		10,0		



<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio - mg/L</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		6,0	6,0	12,0	14,0		6,0	6,4
<b>Fev</b>	7,0	2,0	5,6	60,0	13,0	12,0		
<b>Mar</b>	2,0	4,0		14,4	12,0	16,0		18,0
<b>Abr</b>		2,0	15,2	15,2	20,0	8,0	8,0	
<b>Mai</b>			16,0	8,0	6,0	13,0	10,0	4,4
<b>Jun</b>	12,0	10,4	6,0	28,0	14,0	5,0	6,0	
<b>Jul</b>		7,0	8,0	12,0		4,8		
<b>Ago</b>	7,6	8,0	5,8	16,0	15,2		14,0	8,0
<b>Set</b>	5,6	12,8	13,6	8,0	13,6	6,0	2,0	
<b>Out</b>	4,4	12,8	8,8	16,0	21,0	7,0		
<b>Nov</b>	9,6	6,0	6,0	16,0	10,4	13,0	4,0	
<b>Dez</b>	4,0	7,2	12,0	24,0		2,0		

**Anexo C – Dados de Fósforo Total**

<b>Fósforo Total - mg/L</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		1,40	1,00	0,90	0,47			1,27
<b>Fev</b>	2,50	1,00	0,34	1,10	1,08	0,89		
<b>Mar</b>	1,00	1,50		0,70	1,73	0,68		1,52
<b>Abr</b>		0,80	1,10	1,00	1,85	1,36	1,57	
<b>Mai</b>			0,91	1,15	1,30	0,67	1,49	1,22
<b>Jun</b>	1,50	0,80	0,91	0,85		1,37	1,39	
<b>Jul</b>		0,80	0,94	0,66		1,63		
<b>Ago</b>	2,00	0,80	0,90	1,43	0,88		0,55	1,40
<b>Set</b>	1,60	1,10	0,63	1,99	0,89	1,49	0,90	
<b>Out</b>	1,20	1,10	1,00	1,29		1,42		1,40
<b>Nov</b>	1,30	1,40	1,20	2,86	2,43	0,74	1,62	
<b>Dez</b>	1,60		0,62	0,78		0,91		



<b>Fósforo Total - mg/L</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		0,90	0,61	0,80	0,21			0,35
<b>Fev</b>	2,00	0,80	0,71	1,60	0,47	0,96		
<b>Mar</b>	1,00	1,90		0,37	0,50	0,64		0,97
<b>Abr</b>		0,70	0,57	0,60	0,80	0,61	0,56	
<b>Mai</b>			0,76	0,43	0,60	0,66	1,12	0,59
<b>Jun</b>	1,00	0,70	0,59	0,85	1,72	1,00	0,94	
<b>Jul</b>		0,80	0,59	1,60		0,97		
<b>Ago</b>	1,00	0,80	0,41	0,86	0,65		0,92	0,82
<b>Set</b>	0,80	0,70	1,20	0,70	0,50	0,86	0,59	
<b>Out</b>	0,70	0,71	0,53	0,50	0,64	0,76		
<b>Nov</b>	0,80	0,82	0,51	0,63	0,67	0,59	0,67	
<b>Dez</b>	0,70	0,60	1,40	0,74		0,76		

**Anexo D – Dados de Nitrogênio Amoniacal**

---

<b>Nitrogênio Amoniacal - mg/L</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		3,63	6,60	7,00				
<b>Fev</b>	4,80	4,52	0,10	6,39				
<b>Mar</b>	5,00	3,60		4,19				
<b>Abr</b>		5,70	2,36	3,03				
<b>Mai</b>			2,56	5,80				
<b>Jun</b>	9,50	6,10	1,88	0,81				
<b>Jul</b>		17,00	8,80	2,20				
<b>Ago</b>	13,00	14,00	3,50					
<b>Set</b>	8,60	14,00	2,12	11,00				
<b>Out</b>	14,00	7,60	0,13	6,02				
<b>Nov</b>	4,54	8,20	5,04	5,80				
<b>Dez</b>	3,16	2,63	0,04	2,81				



<b>Nitrogênio Amoniacal - mg/L</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		0,89	0,60	1,10				
<b>Fev</b>	1,80	0,32	0,85	1,14				
<b>Mar</b>	3,20	8,00		0,49				
<b>Abr</b>		1,92	0,08	0,31				
<b>Mai</b>			1,40	0,76				
<b>Jun</b>	3,40	5,90	0,91	0,81	1,44			
<b>Jul</b>		6,10	2,85	6,22				
<b>Ago</b>	3,40	5,50	1,70					
<b>Set</b>	2,06	3,40	6,72	0,91				
<b>Out</b>	1,88	0,90	1,09	0,10				
<b>Nov</b>	0,40	3,15	0,95	0,96				
<b>Dez</b>	0,15	0,96	2,52	0,10				

**Anexo E – Dados de Nitrito**

---

<b>Nitrito - mg/L</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		0,09	0,03	6,30	0,02			0,02
<b>Fev</b>	0,01	0,10	0,00	7,90	0,01	0,01		
<b>Mar</b>	0,02	0,54		0,41	0,01	0,01		0,01
<b>Abr</b>		0,01	1,00	0,62	0,03		0,01	
<b>Mai</b>			0,30		0,01			0,01
<b>Jun</b>	0,02	0,22	0,04	0,53			0,01	
<b>Jul</b>		0,04	0,34	0,14				
<b>Ago</b>	0,02	0,01	0,38	0,04			0,06	
<b>Set</b>	0,07	0,04	0,08	0,02	0,01		0,01	
<b>Out</b>	0,04	0,11	0,48	0,01				
<b>Nov</b>	0,09	0,06	0,67	0,01			0,01	
<b>Dez</b>	0,03	0,01	0,01	0,07			0,01	



<b>Nitrito - mg/L</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		0,10	0,11	0,00	0,01			0,11
<b>Fev</b>	0,04	0,01	0,03	0,61	0,02	0,01		
<b>Mar</b>	0,01	0,08		0,11	0,03	0,01		0,02
<b>Abr</b>		0,14	0,12	0,79	0,05		0,06	
<b>Mai</b>			0,15		0,01			0,09
<b>Jun</b>	0,06	0,13	0,00	0,53	0,01		0,13	
<b>Jul</b>		0,12	0,05	0,47				
<b>Ago</b>	0,09	0,05	0,08	0,04			0,08	
<b>Set</b>	0,11	0,28	0,47	0,02	0,01		0,05	
<b>Out</b>	0,16	0,01	0,01	0,01	0,01			
<b>Nov</b>	0,03	0,03	0,06	0,01			0,08	
<b>Dez</b>	0,02	0,03	0,66	0,01			0,03	

**Anexo F – Dados de Nitrato**

---

<b>Nitrato - mg/L</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>			0,01	0,01	0,10			0,01
<b>Fev</b>	0,35		0,01	0,12	0,01	1,09		
<b>Mar</b>	0,01			0,14	0,10	0,02		0,03
<b>Abr</b>			0,14	0,04	5,31		0,01	
<b>Mai</b>			0,05		0,08			0,01
<b>Jun</b>	0,01	3,50	0,01	2,50			0,01	
<b>Jul</b>		1,90	0,01	0,09				
<b>Ago</b>		0,33	0,06	0,02			0,05	
<b>Set</b>		0,04	0,07	0,05	0,03		0,04	
<b>Out</b>		0,09	0,05	5,43				
<b>Nov</b>		0,01	0,06	0,02			0,01	
<b>Dez</b>		0,01	0,25	0,05			0,04	



<b>Nitrato - mg/L</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>			0,08	0,01	0,01			0,04
<b>Fev</b>	0,15		0,03	0,04	0,01	0,30		
<b>Mar</b>	0,01			0,15	0,01	0,02		0,02
<b>Abr</b>			0,10	0,07	3,12		0,01	
<b>Mai</b>			0,04		0,01			0,03
<b>Jun</b>	0,02	0,20	0,08	2,50	1,11		0,04	
<b>Jul</b>		2,00	0,08	0,04				
<b>Ago</b>		0,45	0,13	0,02			0,04	
<b>Set</b>		0,09	0,17	0,08	0,01		0,05	
<b>Out</b>		0,12	0,06	0,45	0,02			
<b>Nov</b>		0,04	6,00	0,04			0,01	
<b>Dez</b>		0,06	0,04	0,06			0,09	

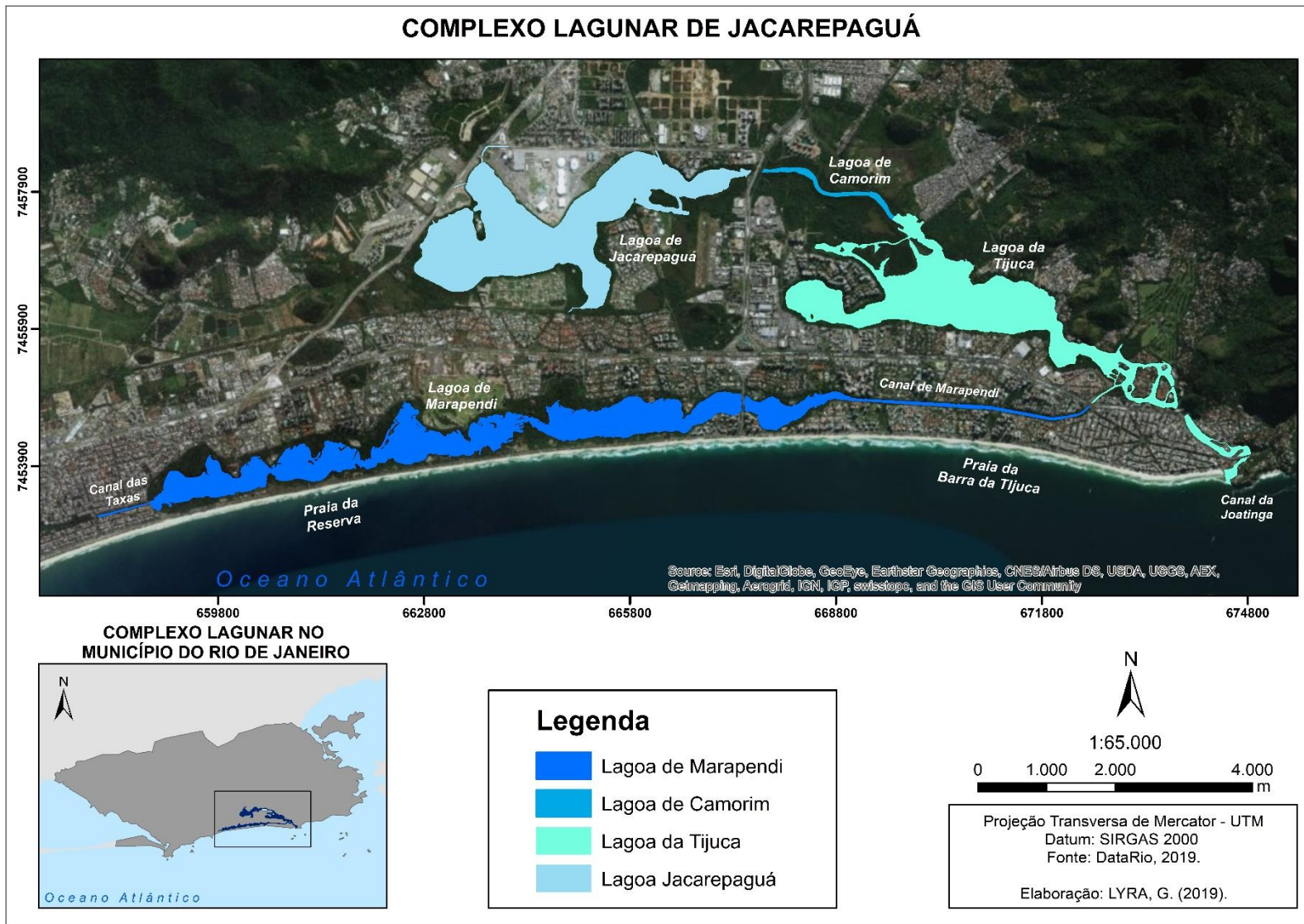
**Anexo G – Dados de Coliformes Termotolerantes**

<b>Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL</b>								
<b>Estação MR 361</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		4900	1300	79000	3300		330	
<b>Fev</b>	7900	1700	200	130000	200	8000		
<b>Mar</b>	2800	54000		160000	33000	170000	490	
<b>Abr</b>		160000	5400	54000	24000	350000	1300	
<b>Mai</b>		220000	16000	1300	1000	13000	11000	7500
<b>Jun</b>	16000	49000	24000	33000		450000	170000	
<b>Jul</b>		130000	79000	54000		49000		
<b>Ago</b>	7000	33000	13000	92000	130000			3300
<b>Set</b>	92000		2300	4900	2300	82000	790	
<b>Out</b>	16000	35000	54000	7900		13000		92000
<b>Nov</b>		24000	7900	160000	28000	3100		780
<b>Dez</b>	16000	35000	20	17000		150		

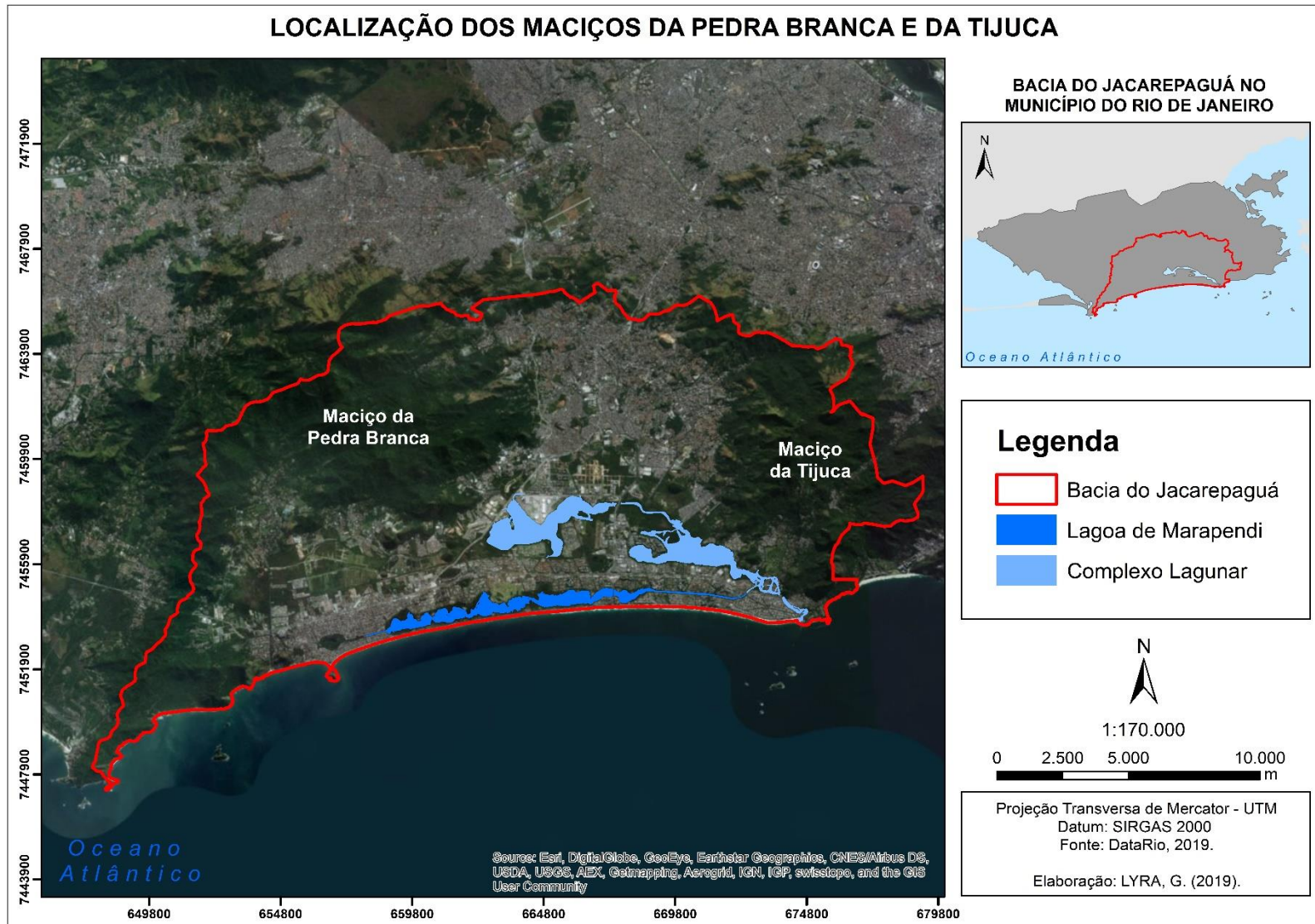


<b>Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL</b>								
<b>Estação MR 369</b>								
<b>Meses</b>	<b>Anos</b>							
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>		16000	13000	3500	35000			
<b>Fev</b>	4900	54000	45	240000	7900	1600000		
<b>Mar</b>	2400	13000		92000	1300	920000	2300	
<b>Abr</b>		160000	5400	2300	2300	7800	490	
<b>Mai</b>		7900	2400	450	200	130000	22000	4900
<b>Jun</b>	3500	110000	46000	33000	700	4900	170	
<b>Jul</b>		4900	7900	160000		13000		17000
<b>Ago</b>	54000	2400	7900	4900	3300		79000	35000
<b>Set</b>	4900		1300	2200	450		13000	
<b>Out</b>	2400	4900	790	2300	17000	35000		
<b>Nov</b>		7900	45	13000	1100	1300		
<b>Dez</b>	2400	160000	1100	2300				

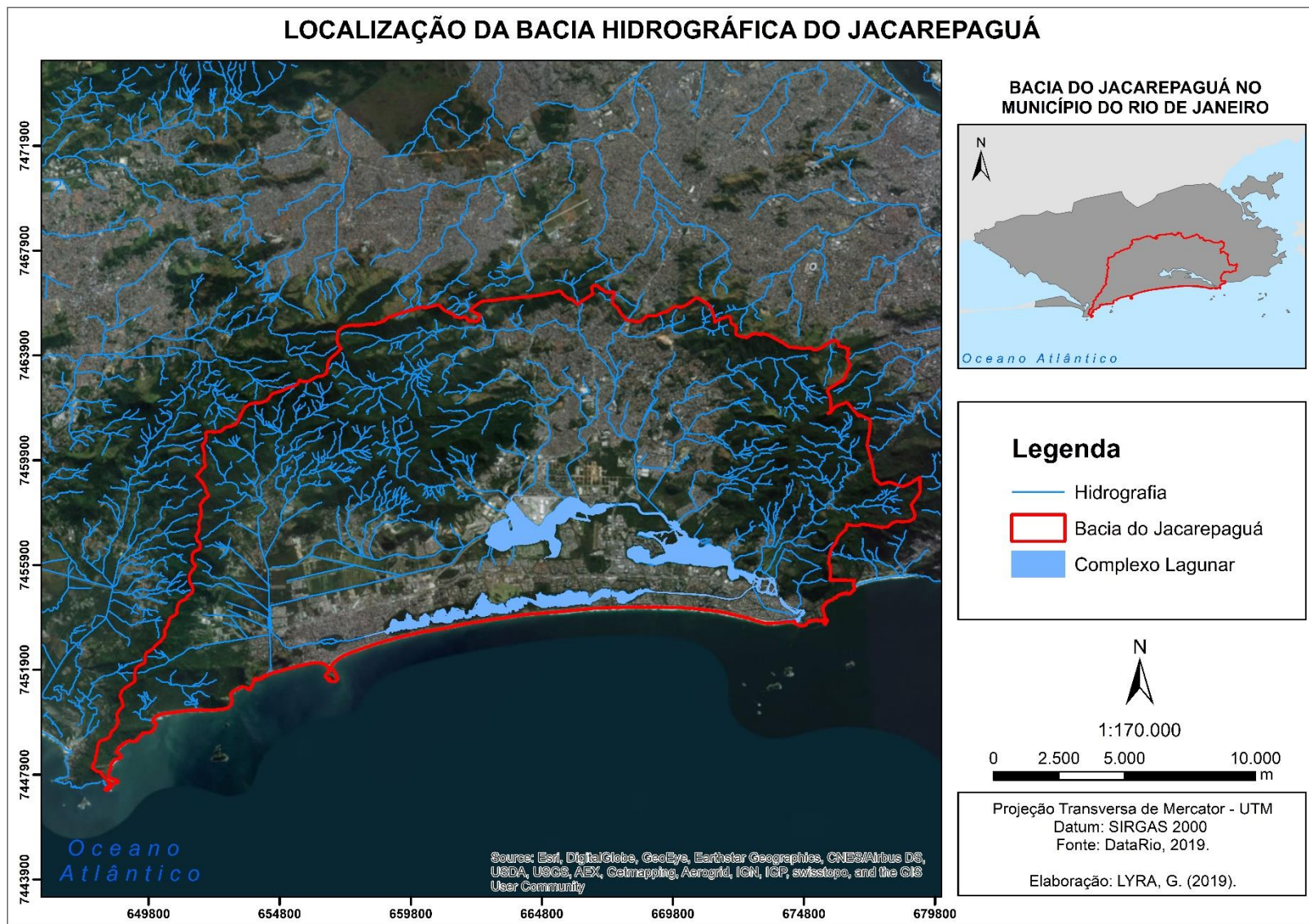
Anexo H – Mapa de Localização do Complexo Lagunar de Jacarepaguá



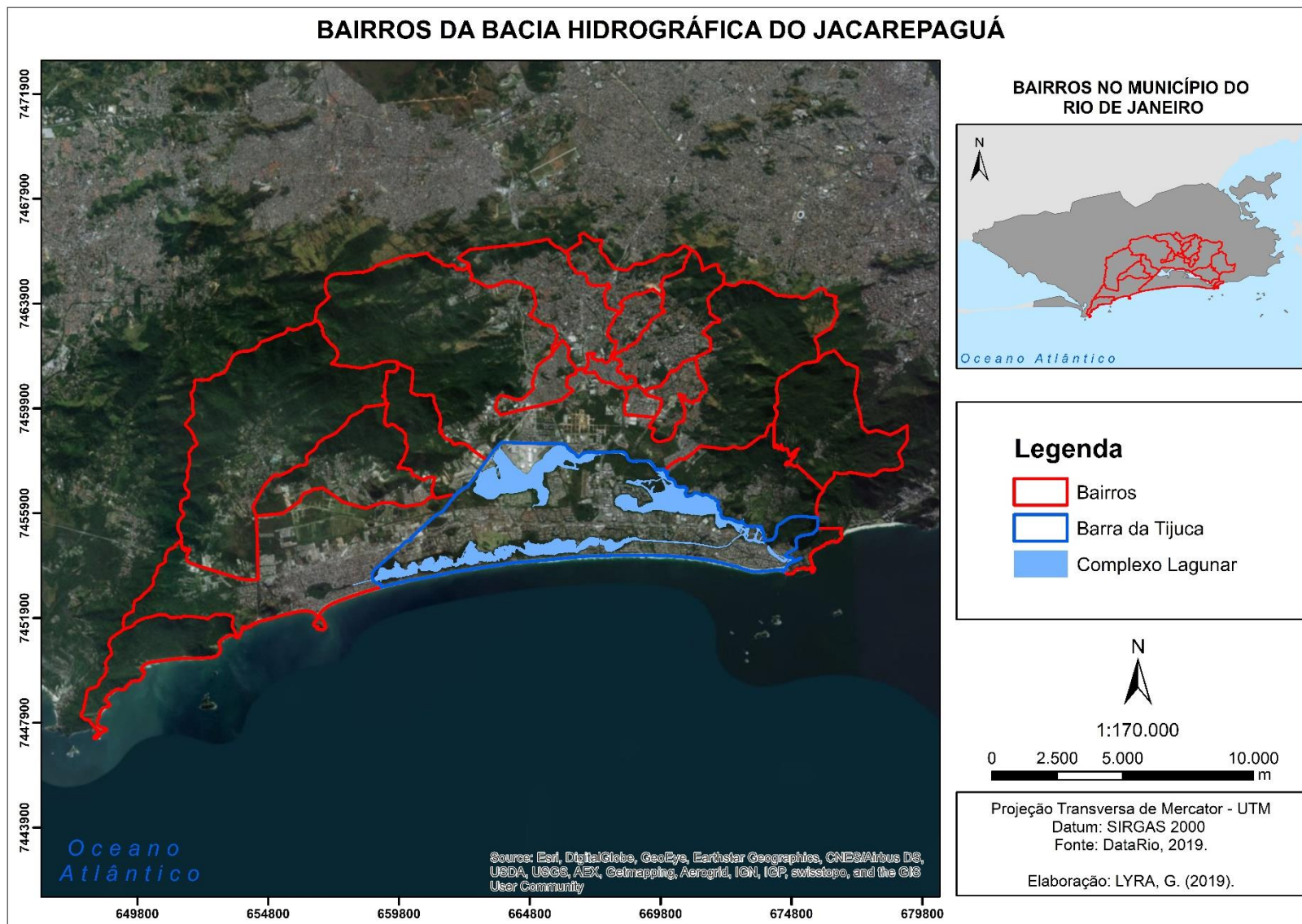
## Anexo I - Mapa de Localização dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca



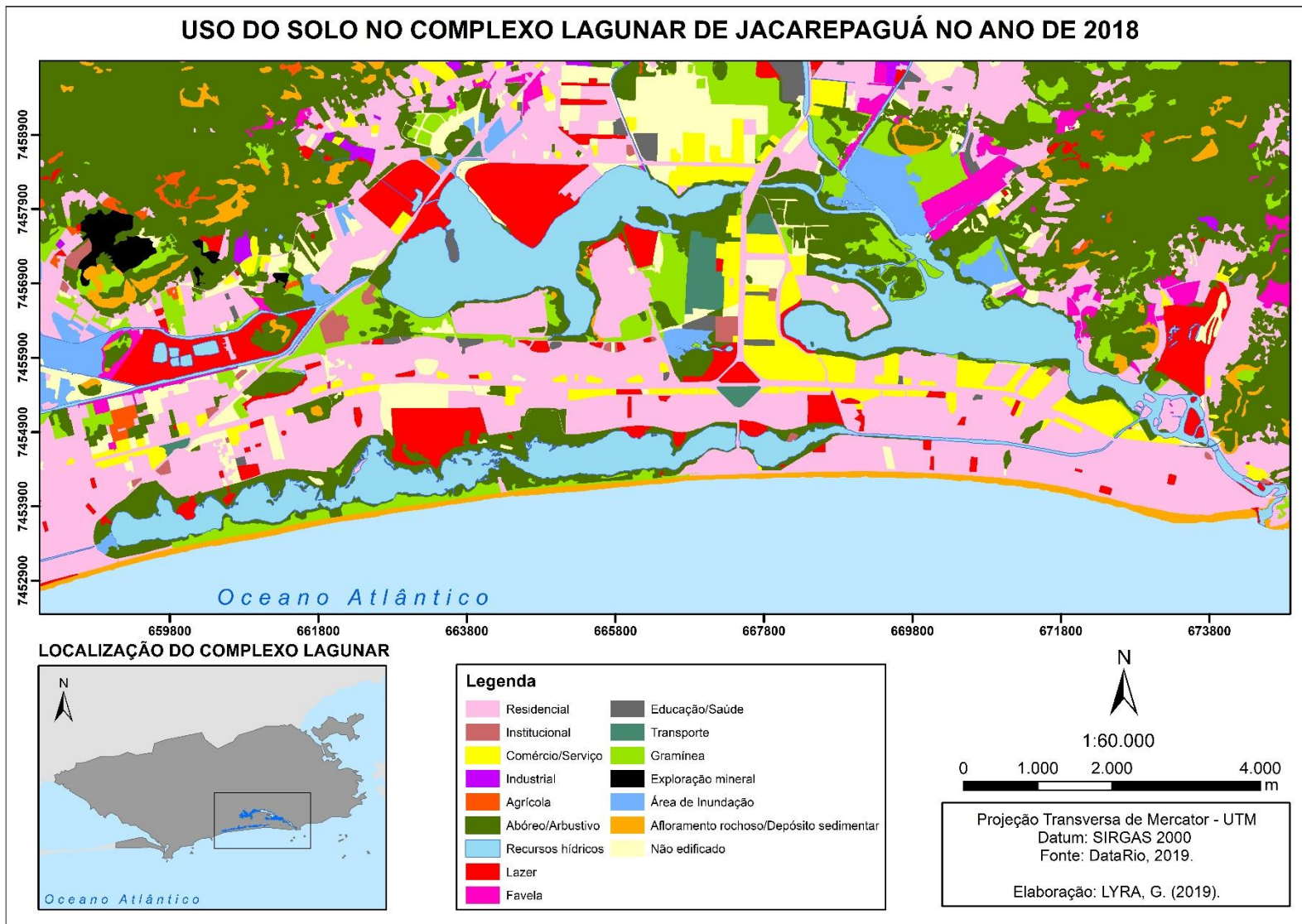
## Anexo J - Mapa da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá



Anexo K - Mapa dos bairros localizados na Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá



Anexo L – Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Complexo Lagunar de Jacarepaguá



Anexo M - Mapa de Localização das Estações de Monitoramento da Lagoa de Marapendi

