



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOTURISMO E CONSERVAÇÃO – PPGE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECOTURISMO E CONSERVAÇÃO

**ANÁLISE DO HISTÓRICO DE BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DA BAÍA DE
GUANABARA, RIO DE JANEIRO, BRASIL DE 2000 A 2017**

LUIZ AFFONSO DE PAULA JUNIOR

Rio de Janeiro
2018

Luiz Affonso de Paula Junior

**Análise do histórico de balneabilidade das praias da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro,
Brasil de 2000 a 2017**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecoturismo e Conservação do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UNIRIO, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Natascha Krepsky

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Neves dos Santos

Rio de Janeiro
2018

P324

Paula Junior, Luiz Affonso de
Análise do histórico de balneabilidade das praias
da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil de 2000
a 2017 / Luiz Affonso de Paula Junior. -- Rio de
Janeiro, 2018.

57

Orientadora: Natascha Krepsky.

Coorientador: Luciano Neves dos Santos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
em Ecoturismo e Conservação, 2018.

1. Poluição fecal. 2. Despoluição. 3. Esgoto. 4.
Estuário. 5. Pluviosidade. I. Krepsky, Natascha,
orient. II. Santos, Luciano Neves dos, coorient.
III. Título.

Luiz Affonso de Paula Junior

**Análise do histórico de balneabilidade das praias da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro,
Brasil de 2000 a 2017**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecoturismo e Conservação do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UNIRIO, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Aprovado em 14 de dezembro de 2018

Banca Examinadora:

Dra. Natascha Krepsky (UNIRIO)

Dr. Luciano Neves dos Santos (UNIRIO)

Dr. Áthila Bertoncini Andrade (UNIRIO)

Dra. Luzia Teixeira de Azevedo Soares Semêdo (FGS)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luiz e Ozana, e meus irmãos, Sandor, Ursula e Igor, por todo o apoio ao longo desses anos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Natascha Krepsky, pelos conselhos e por sempre estar disposta a ajudar.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Luciano Neves dos Santos, pela parceria e pelo auxílio no tratamento estatístico dos dados.

Ao Prof. Dr. Áthila Bertoncini Andrade, à Profa. Dra. Luzia Teixeira de Azevedo Soares Semêdo, à Profa. Dra. Samira da Guia Mello Portugal e ao Prof. Dr. Rodrigo Machado Vilani, por aceitarem o convite para compor a banca avaliadora da presente dissertação.

À minha amiga, Mazielly Rios Almeida, pelas longas conversas, dicas e por sua força transmitida todos os dias.

Aos amigos de laboratório Iracema Prestes Brandão, Jéssica de Siqueira Nobre, Catarina Rebello, Willian Morais, Rodrigo Moraes e, em especial, Viviane Almeida de Andrade Lino, Fernanda Silva dos Santos e Clarissa Araujo Costa Naveira e Silva, pela colaboração, parceria e amizade ao longo desses anos de convívio.

Ao amigo, Marcelo Amorim Duarte, pelo auxílio na confecção dos mapas.

À minha namorada, Roberta Luísa Barbosa Leal, pelo apoio e revisão da presente dissertação.

Aos corpos docente e discente do Programa de Pós-graduação em Ecoturismo e Conservação (PPGEC), que certamente contribuíram para minha formação.

Ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA), em especial, Leonardo Daemon, pela cessão dos dados de temperatura da água das praias.

Ao Governo Federal e à Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), por me proporcionarem uma educação pública, gratuita e de qualidade.

E à todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta caminhada.

RESUMO

Devido à má qualidade ambiental em alguns pontos da Baía de Guanabara, uma série de iniciativas foram realizadas para a sua recuperação. Nesse cenário, o presente estudo teve como objetivos analisar a relação entre a poluição fecal nas praias locais, a pluviosidade e a temperatura da água, e realizar o mapeamento da evolução da balneabilidade entre os anos de 2000 e 2017. Para isso, foram elaborados mapas com base nos dados disponíveis nos Boletins Anuais do INEA e realizadas análises estatísticas. A Análise de Redundância (ARD) foi aplicada como uma análise de ordenação para integrar as variáveis abióticas (pluviosidade, anos e temperatura da água) e a variável biótica (indicador de poluição fecal em água). Após a realização da ARD, testou-se a relação entre a poluição fecal verificada nas praias e as variáveis ambientais (pluviosidade e temperatura da água), utilizando o Modelo Aditivo Generalizado (MAG). Por meio das análises, verificou-se que as praias de Catimbau, J. Bonifácio, Tamoios e Vermelha apresentaram relação significativa entre a poluição fecal e a temperatura, com as taxas de bactérias indicadoras decaindo a partir de maiores temperaturas. Com relação à pluviosidade, foi verificada uma relação linear negativa com a poluição fecal na praia de Boa Viagem. Além disso, verificou-se que os programas implementados para a despoluição da Baía se mostraram insuficientes para alteração do cenário de degradação ambiental nas porções oeste, norte e leste, e que as praias de Paquetá apresentaram um cenário de piora de balneabilidade ao longo dos últimos anos. Dessa forma, a efetividade das ações implementadas para recuperação ambiental só foi perceptível no setor de entrada da Baía.

Palavras-chave: Poluição fecal. Despoluição. Esgoto. Estuário. Pluviosidade.

ABSTRACT

Due to the poor environmental quality at some points of the Guanabara Bay, a series of initiatives have been carried out for its recovery. In this scenario, the present study aimed to analyze the relationship between fecal contamination in local beaches, rainfall and water temperature, and mapping the evolution of bathing between 2000 and 2017. For this, maps based on the data available in the INEA Annual Bulletins and statistical analyzes were carried out. The Redundancy Analysis (ARD) was applied as a ordination analysis to integrate the abiotic variables (rainfall, years and water temperature) and the biotic variable (indicator of fecal contamination in water). After ARD, the relationship between fecal pollution on beaches and environmental variables (rainfall and water temperature) was tested, using the Generalized Additive Model (MAG). Through the analyzes, the beaches of Catimbau, J. Bonifácio, Tamoios and Vermelha showed a significant relationship between fecal contamination and temperature, with rates of indicator bacteria decaying from higher temperatures. Regarding rainfall, a negative linear relationship was observed with fecal contamination on Boa Viagem beach. In addition, it was verified that the programs implemented for the decontamination of Bahia were insufficient to change the scenario of environmental degradation in the western, northern and eastern portions, and that the beaches of Paquetá presented a scenario of worsening of balneabilidade during the last years. Thus, the effectiveness of the actions implemented for environmental recovery were only perceptible in the Bay entry sector.

Keywords: Fecal contamination. Decontamination. Sewer. Estuary. Rainfall.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha do tempo de eventos importantes em prol da despoluição da Baía de Guanabara a partir da década de 1990.....	16
Figura 2: Localização do Estado do Rio de Janeiro, da Baía de Guanabara, das praias monitoradas pelo INEA e da divisão por setores adotada no estudo.....	20
Figura 3: Classificação de balneabilidade das praias da Baía de Guanabara monitoradas pelo INEA entre 2000 e 2017.....	21
Figura 4: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2000.....	24
Figura 5: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2001.....	25
Figura 6: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2002.....	26
Figura 7: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2003.....	27
Figura 8: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2004.....	28
Figura 9: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2005.....	29
Figura 10: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2006.....	30
Figura 11: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2007.....	31
Figura 12: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2008.....	32
Figura 13: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2009.....	33

Figura 14: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2010.....	34
Figura 15: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2011.....	35
Figura 16: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2012.....	36
Figura 17: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2013.....	37
Figura 18: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2014.....	38
Figura 19: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2015.....	39
Figura 20: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2016.....	40
Figura 21: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2017.....	41
Figura 22: Praias da Baía de Guanabara impróprias para banho entre 2000 e 2017.....	42
Figura 23: Pluviosidade anual da Baía de Guanabara considerando a média dos dados das Estações Urca e Ilha do Governador e a linha indicando a média da série histórica de 2000 a 2017.....	43
Figura 24: Temperatura anual da água das praias da Baía de Guanabara e a linha indicando a média da série histórica de 2000 a 2017.....	43
Figura 25: Análise de redundância entre a poluição fecal nas praias da Baía de Guanabara e as variáveis abióticas (pluviosidade, temperatura e tempo). (a) Eixos 1 e 2; (b) Eixos 1 e 3.....	45

Figura 26: Modelo Aditivo Generalizado relacionando a temperatura à poluição fecal (Coliformes Termotolerantes em água) nas praias de Catimbau (a); J. Bonifácio (b); Tamoios (c); e Vermelha (d).....46

Figura 27: Modelo Aditivo Generalizado relacionando a pluviosidade à poluição fecal (Coliformes Termotolerantes em água) na praia de Boa Viagem.....47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ALERJ – Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro

APA – Área de Proteção Ambiental

ARD – Análise de Redundância

B. Capanema – Barão de Capanema

CIA – Critério de Informação de Akaike

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ESEC – Estação Ecológica

GESAMP - Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

J. Bonifácio – José Bonifácio

J. Guanabara – Jardim Guanabara

JIBIC – Japan Bank for International Cooperation

MAG – Modelo Aditivo Generalizado

P. Castagneto – Pintor Castagneto

PDBG – Programa de Despoluição da Baía de Guanabara

pH – Potencial Hidrogeniônico

PSAM – Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara

SEA – Secretaria de Estado do Ambiente

UTM – Universal Transversa de Mercator

UTR – Unidade de Tratamento de Rios

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Breve histórico da Baía de Guanabara.....	14
1.2 Caracterização da área de estudo.....	17
2. OBJETIVOS.....	17
3. METODOLOGIA.....	18
3.1 Elaboração dos mapas.....	18
3.2 Análise dos mapas.....	18
3.3 Dados de pluviosidade e temperatura.....	18
3.4 Análises estatísticas.....	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Análise dos mapas.....	23
4.2 Temperatura e pluviosidade.....	43
4.3 Análises estatísticas.....	44
5. DISCUSSÃO.....	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7. REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O banho de mar é uma importante forma de lazer da população, além de ser um dos maiores atrativos da atividade turística no Brasil. Contudo, a crescente pressão antrópica nas zonas costeiras têm aumentado a poluição dos ambientes praianos, fazendo com que os efeitos sejam sentidos na saúde dos usuários e nas atividades econômicas (IBGE, 2004). Tendo em vista a ocupação litorânea, tornam-se importantes os diagnósticos em relação à qualidade e dinâmica locais, tendo por base os padrões definidos pelas normas e legislações vigentes (RIBEIRO, 2008).

Para análise das condições de uso das águas voltadas para atividades de lazer, uma das ferramentas mais utilizadas é a avaliação dos índices de balneabilidade. De acordo com Berg *et al.* (2013), balneabilidade é o termo utilizado por órgãos ambientais para designar a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, por meio de critérios previamente estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2000).

Os critérios de balneabilidade são baseados no monitoramento de indicadores de poluição fecal, cujos resultados são classificados de acordo com a legislação em classes de qualidade para melhor orientação dos usuários (SOARES, 2009). Assim como o despejo de efluentes, outros fatores podem influenciar nos níveis de poluição, tais como o hidrodinamismo da praia, as condições de maré, alterações na temperatura da água e os índices pluviométricos (BRASIL, 2005).

Para o presente estudo, na linha seguindo BRASIL (2005), foi utilizado o conceito de poluição estabelecido pelo GESAMP:

"Poluição significa a introdução direta ou indireta, pelo homem, de substâncias ou energia no ambiente marinho (incluindo estuários) resultando em efeitos deletérios, como danos aos recursos vivos, riscos à saúde humana, obstáculos às atividades marinhas, incluindo a pesca, prejuízos à qualidade para uso de água do mar e redução de benefícios" (GESAMP, 1991).

No Estado do Rio de Janeiro, o órgão responsável por realizar análises de balneabilidade em ambientes praianos é o Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O INEA realiza o controle de 201 praias, abrangendo um total de 22 municípios, onde são realizadas análises microbiológicas semanais, nas praias cujo comportamento varia mais ao longo do

tempo, e mensais, nas praias cujo comportamento se apresenta mais estável. De uma maneira geral, as praias que apresentam maior poluição são as da Baía de Guanabara (INEA, 2018).

Tendo em vista a poluição observada nas praias da Baía, muitos esforços foram feitos ao longo dos anos para a sua despoluição, tendo sido investidos bilhões de reais para tal. Concomitantemente às medidas realizadas para despoluição da Baía, a cidade do Rio de Janeiro recebeu grandes eventos esportivos, tais como: os Jogos Panamericanos, em 2007, partidas da Copa do Mundo de futebol masculino, em 2014, e os Jogos Olímpicos de Verão, em 2016. Com a realização desses megaeventos de abrangência mundial, criou-se uma nova expectativa quanto aos investimentos que seriam realizados para melhoria da qualidade ambiental da Baía (CHAVES; BITTENCOURT; TAMARI, 2016).

Considerando o cenário apresentado, o presente estudo realizou a produção de mapas da evolução da balneabilidade das praias da Baía de Guanabara no período de 2000 a 2017 e analisou a relação entre a poluição fecal, a pluviosidade e a temperatura da água nesses locais. Por meio dessa abordagem, buscou-se facilitar a observação dos pontos críticos da Baía, as mudanças ocorridas ao longo da série histórica e a dinâmica ambiental local, auxiliando assim no planejamento de medidas para melhoria da questão sanitária deste importante ecossistema.

1.1 Breve histórico da Baía de Guanabara

A cidade do Rio de Janeiro surgiu e se desenvolveu às margens da Baía de Guanabara por conta de uma série de aspectos, dentre os quais podem ser citados desde a sua geomorfologia e rede de drenagem, até as suas águas limpas. Com o aumento do contingente populacional e a diversificação das atividades econômicas nos primeiros anos do século XVII, tiveram início também as pressões que levaram a mudança de estado ambiental da Baía de Guanabara e de suas regiões periféricas. Esses primeiros impactos estiveram ligados principalmente à caça de baleias, ao desmatamento para plantio de cana de açúcar, à drenagem de áreas de manguezal e aos aterros costeiros (VILELA *et al.*, 2003; COELHO, 2007).

Passados mais de quatro séculos das primeiras pressões exercidas sobre o ambiente da Baía de Guanabara, a sua bacia de drenagem abrange atualmente a segunda maior concentração populacional e o segundo maior polo industrial do país. O crescimento dessa região, que ocorreu de maneira rápida e sem contar com a infraestrutura adequada para enfrentar os desafios gerados, fez com que a Baía se tornasse o destino final para uma quantidade ainda maior de resíduos de origem antrópica, superando assim a sua capacidade

total de depuração (VILLAC; TENENBAUM, 2010; AGUIAR *et al.*, 2011). Percebendo-se a queda da qualidade ambiental da região com o passar dos anos, uma série de medidas que contavam com aporte de recursos públicos e privados foram implementadas (SANCHES, 2000, COELHO, 2007). Dentre elas, podemos citar o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG), realizado por meio de uma parceria entre o Governo do Estado do Rio de Janeiro, o Banco Mundial e o Japan Bank for International Cooperation (JIBIC), que teve seu início em 1994. Essa medida incluía um projeto de monitoramento ambiental contínuo e a realização de obras de saneamento, tendo como objetivo a melhoria da qualidade dos rios que deságuam na Baía. Este programa teve 12 anos de duração, tendo sido encerrado em 2006 e gasto mais de 1,5 bilhões de reais (COELHO, 2007; SOUZA *et al.*, 2014).

Após o fim do PDBG, outros importantes programas foram desenvolvidos, como o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara (PSAM), implementado a partir de 2012. Esse programa previa gastos superiores a R\$ 1,13 bilhões de reais em obras e projetos de saneamento de 15 municípios do entorno da Baía (Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Magé, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Rio Bonito, Rio de Janeiro, São João de Meriti, São Gonçalo e Tanguá). Essa medida tinha como objetivo tratar 80% do esgoto despejado no local até o ano de 2016. O cumprimento dessa meta foi um compromisso assumido com o Comitê Olímpico Internacional para a realização de provas dos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro nas águas da Baía (SOUZA *et al.*, 2014; FISTAROL, 2015).

Com a realização desses programas, uma série de obras foram executadas. A figura 1 retrata alguns dos importantes momentos das iniciativas voltadas para despoluição da Baía de Guanabara através de uma linha do tempo (COELHO, 2007; AGÊNCIA BRASIL, 2014; ALENCAR, 2016).

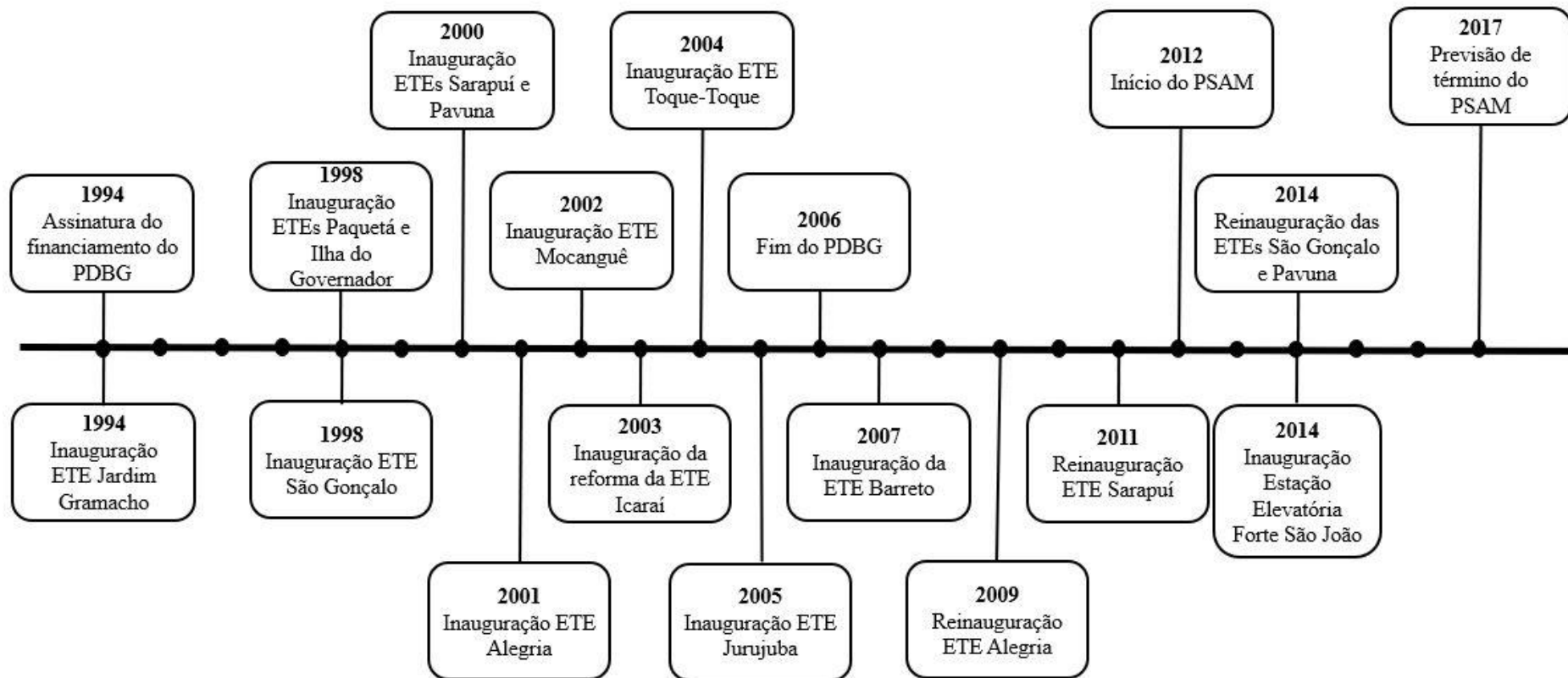


Figura 1: Linha do tempo de eventos importantes em prol da despoluição da Baía de Guanabara a partir da década de 1990.

1.2 Caracterização da área de estudo

A Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, se constitui como um importante centro turístico e econômico do sudeste do Brasil (VILELA *et al.*, 2003). Apesar de sua importância para o ramo turístico e da grande quantidade de cartões postais existentes em seu interior e proximidades, a Baía é uma das regiões mais poluídas do litoral brasileiro (VILLAC; TENENBAUM, 2010).

Assoreamentos e aterros efetuados em suas margens durante o processo de crescimento e industrialização da Região Metropolitana do Rio de Janeiro prejudicaram a capacidade de renovação das águas em alguns pontos da Baía. Esta maior dificuldade na renovação das águas, afeta diretamente a população que vive em função de seus recursos naturais (CRUZ *et al.*, 1998). Além das consequências relacionadas à população local, a degradação traz prejuízos à biodiversidade existente, fazendo com que os organismos sofram com problemas relacionados à intensa poluição (VILLAC; TENENBAUM, 2010; FISTAROL *et al.*, 2015).

Do ponto de vista da conservação, a bacia da Baía de Guanabara exerce papel importante. Isto porque contempla um total de 27 unidades de conservação nos âmbitos Municipal, Estadual e Federal. Em seu espelho d'água encontram-se duas delas: a Área de Proteção Ambiental (APA) Guapimirim e a Estação Ecológica (ESEC) Guanabara. Além disso, a Baía é considerada Área de Preservação Permanente e Área de Relevante Interesse Ecológico pela Constituição Estadual e pela Lei Orgânica da cidade do Rio de Janeiro, respectivamente. Dessa forma, medidas que visem a sua proteção podem trazer benefícios aos 81,1 km de manguezais e às cerca de 76 espécies de aves e 245 espécies de peixes da região (ALENCAR, 2016).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivos:

- Relacionar a poluição fecal, a pluviosidade e a temperatura da água;
- Realizar o mapeamento da evolução da balneabilidade das praias da Baía de Guanabara no período de 2000 a 2017.

3. METODOLOGIA

3.1 Elaboração dos mapas

Os mapas foram elaborados com os dados de 2000 a 2017 disponíveis nos Boletins Anuais do INEA (INEA, 2018). Para isso, foi utilizado o software ArcMap 10.5 e os arquivos *shapefile* dos Limites Municipais do Estado do Rio de Janeiro (ESRI, 2018; IBGE, 2018).

3.2 Análise dos mapas

Para interpretação e discussão das mudanças ocorridas em suas classificações ao longo do período analisado, as praias foram divididas em 4 diferentes grupos, levando-se em conta as suas proximidades geográficas - Ilha do Governador e Ramos (B. Capanema, Bandeira, Bica, Engenhoca, Galeão, Guanabara, J. Guanabara, Pelônias, Pitangueiras, Ramos, Ribeira, São Bento); Ilha de Paquetá (Catimbau, Grossa, Imbuca, J. Bonifácio, Moreninha, P. Castagneto, Ribeira, Tamoios); Entrada da Baía (Adão, Boa Viagem, Botafogo, Charitas, Eva, Flamengo, Flechas, Gragoatá, Icaraí, Jurujuba, São Francisco, Urca, Vermelha); Fundo da Baía e Luz (Anil, Piedade, Luz, Mauá, Piedade).

3.3 Dados de pluviosidade e temperatura

Os dados de pluviosidade do período de 2000 a 2017 foram obtidos pelo Sistema Alerta Rio, a partir das estações meteorológicas da Urca e da Ilha do Governador (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2018). Foi considerada a média entre os valores aferidos por essas estações como sendo a pluviosidade anual da Baía. Os dados de temperatura da água no período de 2000 a 2017 foram cedidos, mediante solicitação formal ao setor de Análise de Praias do INEA.

3.4 Análises estatísticas

A Análise de Redundância (ARD) foi aplicada como uma análise de ordenação para integrar as variáveis abióticas (pluviosidade, tempo e temperatura da água) e a variável biótica (indicador de poluição fecal em água). Os testes foram feitos utilizando os dados logaritmizados, por meio do software Canoco 4.5 (CANOCO, 2018). Após a realização da ARD, testou-se a relação entre a poluição fecal verificada nas praias e as variáveis ambientais (pluviosidade e temperatura da água) de forma separada, utilizando o Modelo Aditivo Generalizado (MAG). Para essa análise, foram testadas apenas as praias selecionadas pelo

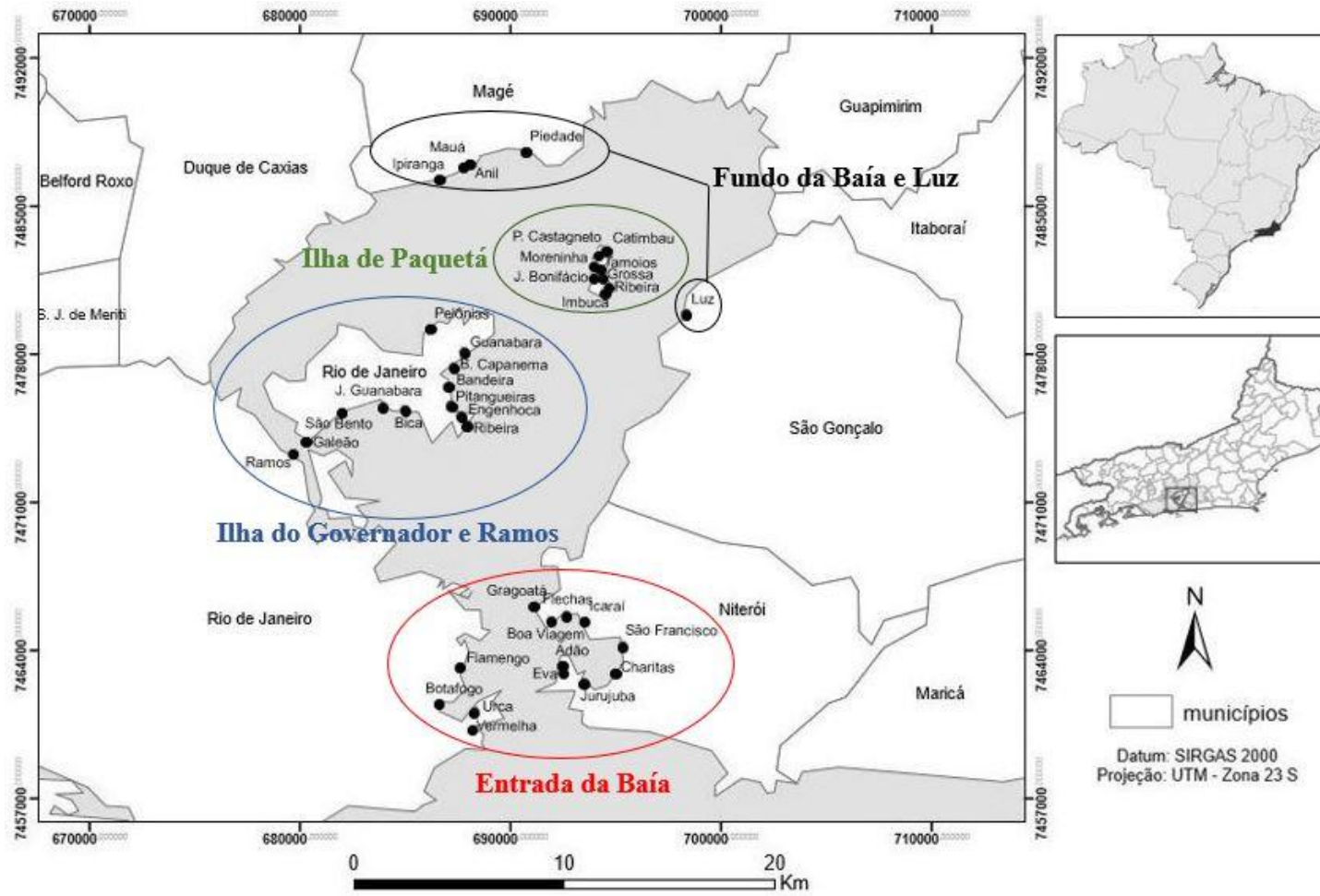
Critério de Informação de Akaike (CIA) e que apresentaram relações lineares ou não lineares significativas (p -valor $< 0,05$).

4. RESULTADOS

As praias da Baía de Guanabara monitoradas pelo INEA e escolhidas para este estudo foram plotadas na Figura 2.

A Figura 3 apresenta a consolidação dos dados de balneabilidade das praias da Baía de Guanabara monitoradas pelo INEA no período de 2000 a 2017. Com essas informações, foram produzidos os mapas de balneabilidade anual (Figuras 4 a 21) e das praias que apresentaram classificação má ou péssima ao longo do período analisado (Figura 22).

Praias da Baía de Guanabara monitoradas pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA



LEGENDA: ● Praias da Baía de Guanabara monitoradas pelo INEA.

Figura 2: Localização do Estado do Rio de Janeiro, da Baía de Guanabara, das praias monitoradas pelo INEA e da divisão por setores adotada no estudo.

Praias	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vermelha	Green	Green	Green	Blue	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue
Urca	Red	Red	Orange	Red	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Yellow	Green
Botafogo	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Flamengo	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Red	Orange	Red
Ramos	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Galeão	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
São Bento	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
J. Guanabara	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Orange	Red	Red	Red	Orange	Red	Orange	Orange
Bica	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange
Ribeira	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Engenhoca	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Pitangueiras	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Bandeira	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
B. Capanema	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Guanabara	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Orange
Pelônias	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Ipiranga	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Mauá	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Anil	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Piedade	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Luz	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Grey	Grey	Grey	Orange	Red	Orange	Red	Red	Grey
Gragoatá	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Boa Viagem	Orange	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green
Flechas	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green

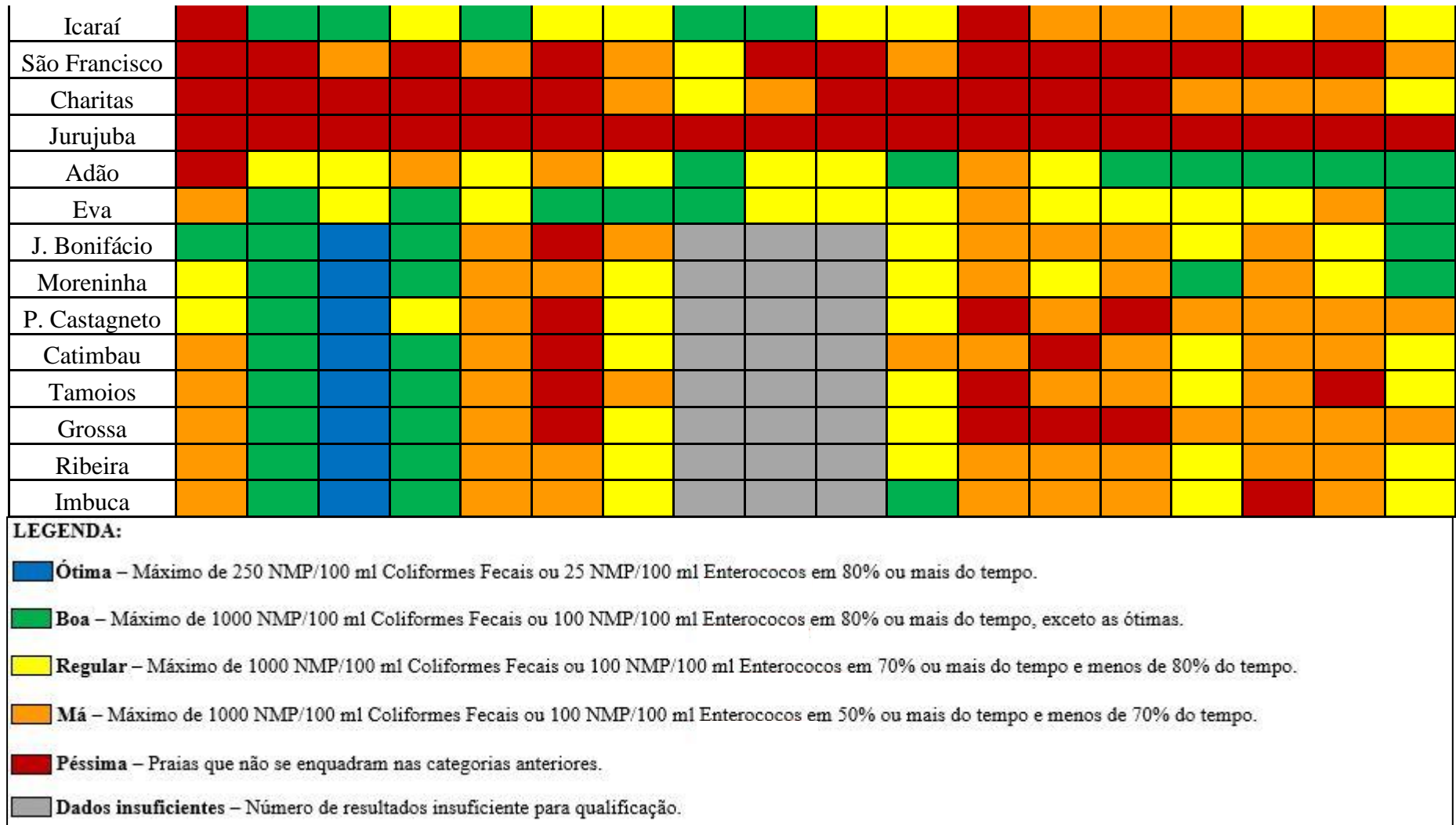


Figura 3: Classificação de balneabilidade das praias da Baía de Guanabara monitoradas pelo INEA entre 2000 e 2017. Fonte: Adaptado de INEA (2018).

4.1 Análise dos mapas

Dentre as praias da entrada da Baía de Guanabara localizadas na cidade do Rio de Janeiro, apenas as do Flamengo e de Botafogo apresentaram classificação má ou péssima em todos os anos estudados (Figuras 4 – 21). Apesar da constante classificação como má ou péssima, em 2016 a praia da Urca foi classificada como regular (Figura 20) e em 2017 como boa (Figura 21). Já a praia Vermelha variou entre qualidade boa e ótima ao longo de todo o recorte temporal (Figuras 4 – 21).

Com relação às praias de Niterói, as que demonstraram pior qualidade foram as de Jurujuba, Charitas, São Francisco e Gragoatá. Essas praias apresentaram balneabilidade má ou péssima entre 2000 e 2017 (Figuras 4 – 21). Entretanto, as praias de Charitas e São Francisco, em 2007 (Figura 11), e a praia de Charitas, em 2017 (Figura 21), apresentaram qualidade regular. A qualidade das outras praias niteroienses (Adão, Boa Viagem, Eva, Flechas e Icaraí) variou ao longo dos anos analisados. Neste caso, o destaque negativo ficou por conta dos anos de 2000 (Figura 4) e 2011 (Figura 15), onde todas foram classificadas como más ou péssimas. Como casos positivos, podem ser destacados os anos de 2007 (todas com balneabilidade boa) (Figura 11) e 2017 (quatro com qualidade boa e uma regular) (Figura 21).

As praias da Ilha de Paquetá apresentaram grandes variações ao longo da série temporal. Os anos de 2001 (todas boas), 2002 (todas ótimas) e 2003 (sete boas e uma regular) obtiveram cenários positivos (Figuras 5, 6 e 7). Como cenários negativos, tivemos os anos de 2004, onde todas as praias tiveram classificação má (Figura 8), e 2005, 2011, 2013 e 2015 onde todas estiveram más ou péssimas (Figuras 9, 15, 17 e 19). Nos demais anos da série (2007, 2008 e 2009), o INEA não realizou coletas suficientes para classificação das praias (Figuras 11, 12 e 13).

As praias dos setores Ilha do Governador e Ramos e Fundo da Baía e Luz foram classificadas como de balneabilidade má ou péssima ao longo do período analisado (Figuras 4 – 21). Contudo, na praia da Luz o INEA não realizou coletas suficientes para a sua classificação nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2017 (Figuras 13, 14, 15 e 21).

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara - 2000

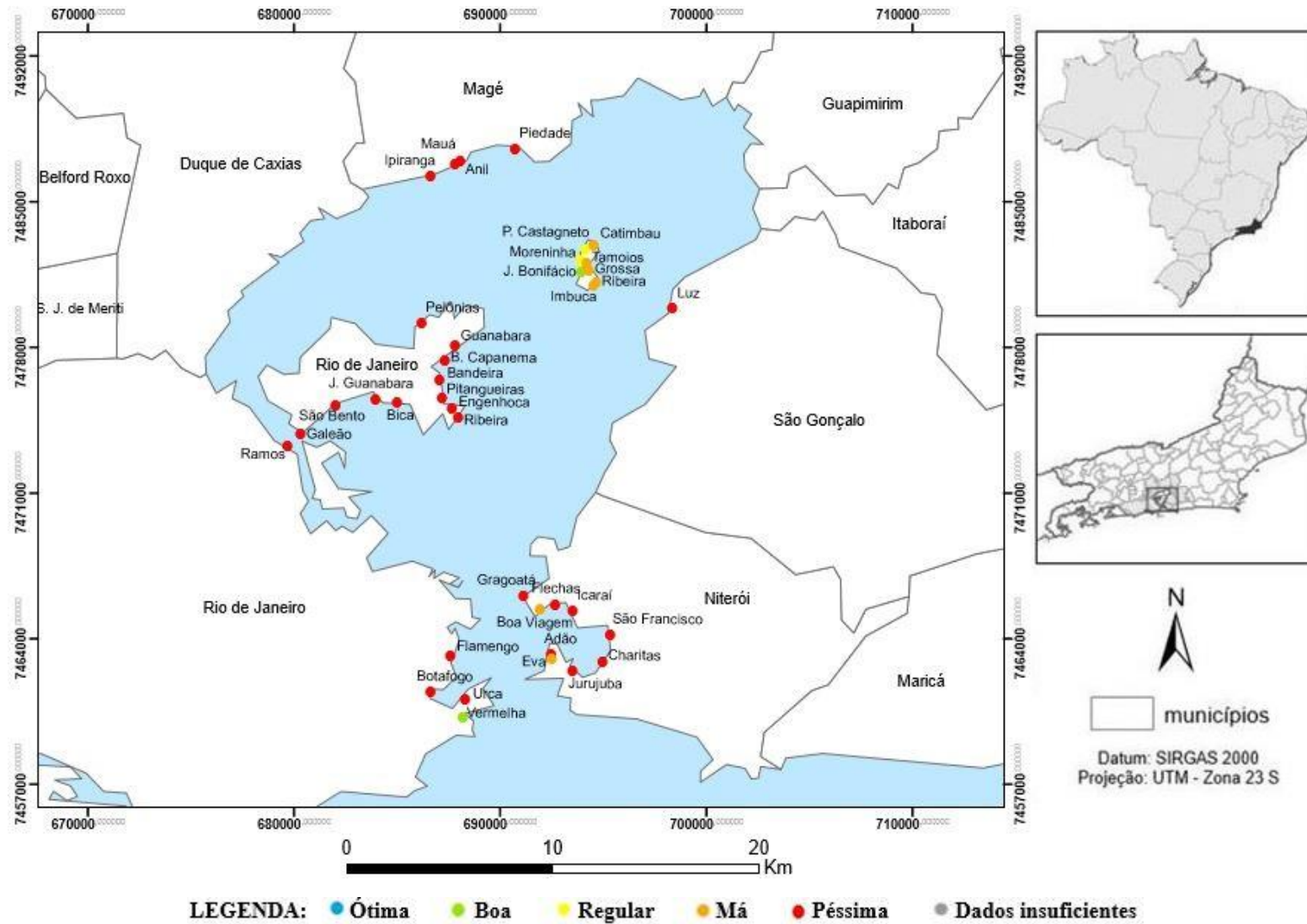


Figura 4: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2000.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara - 2001

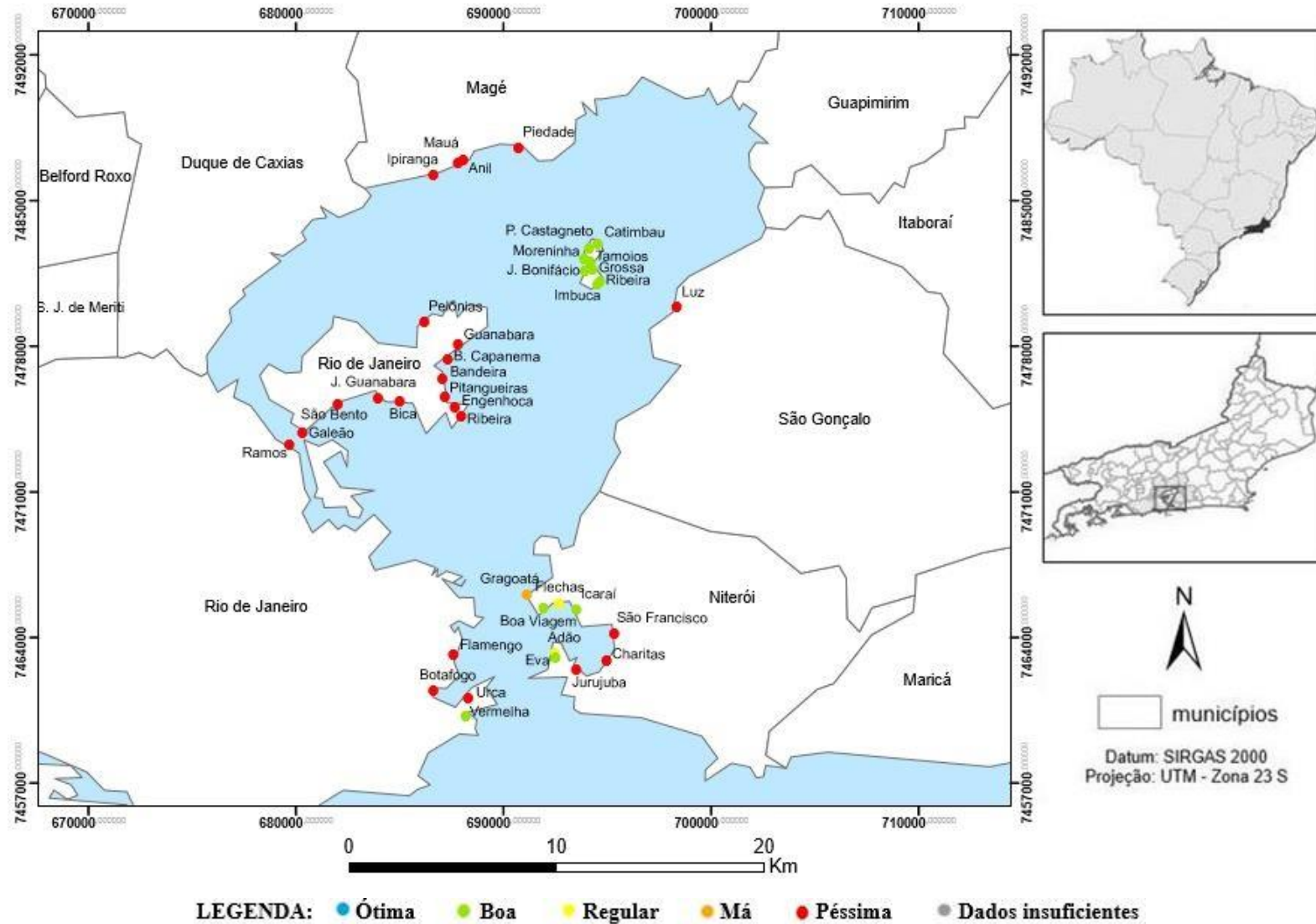


Figura 5: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2001.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2002

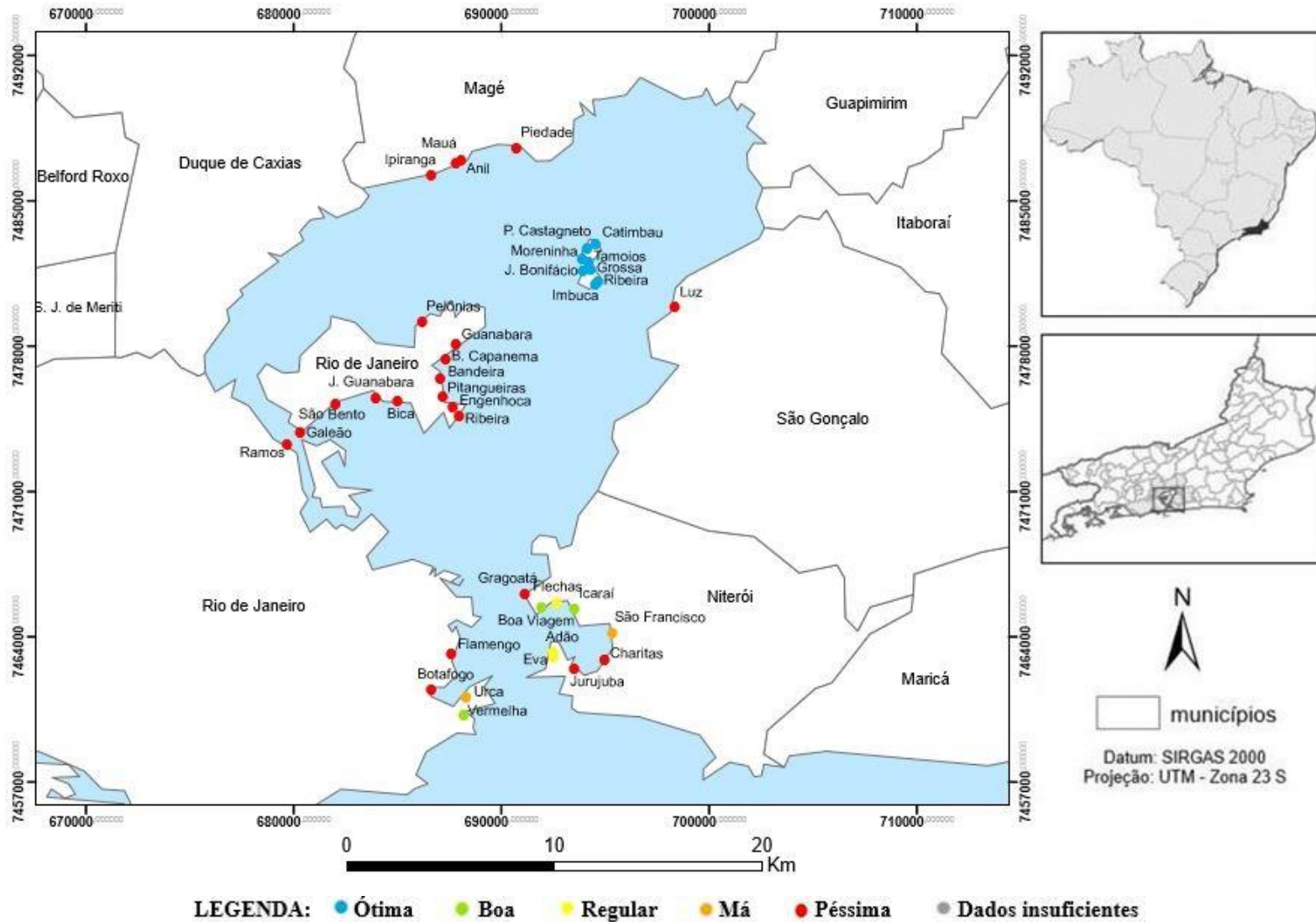


Figura 6: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2002.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2003

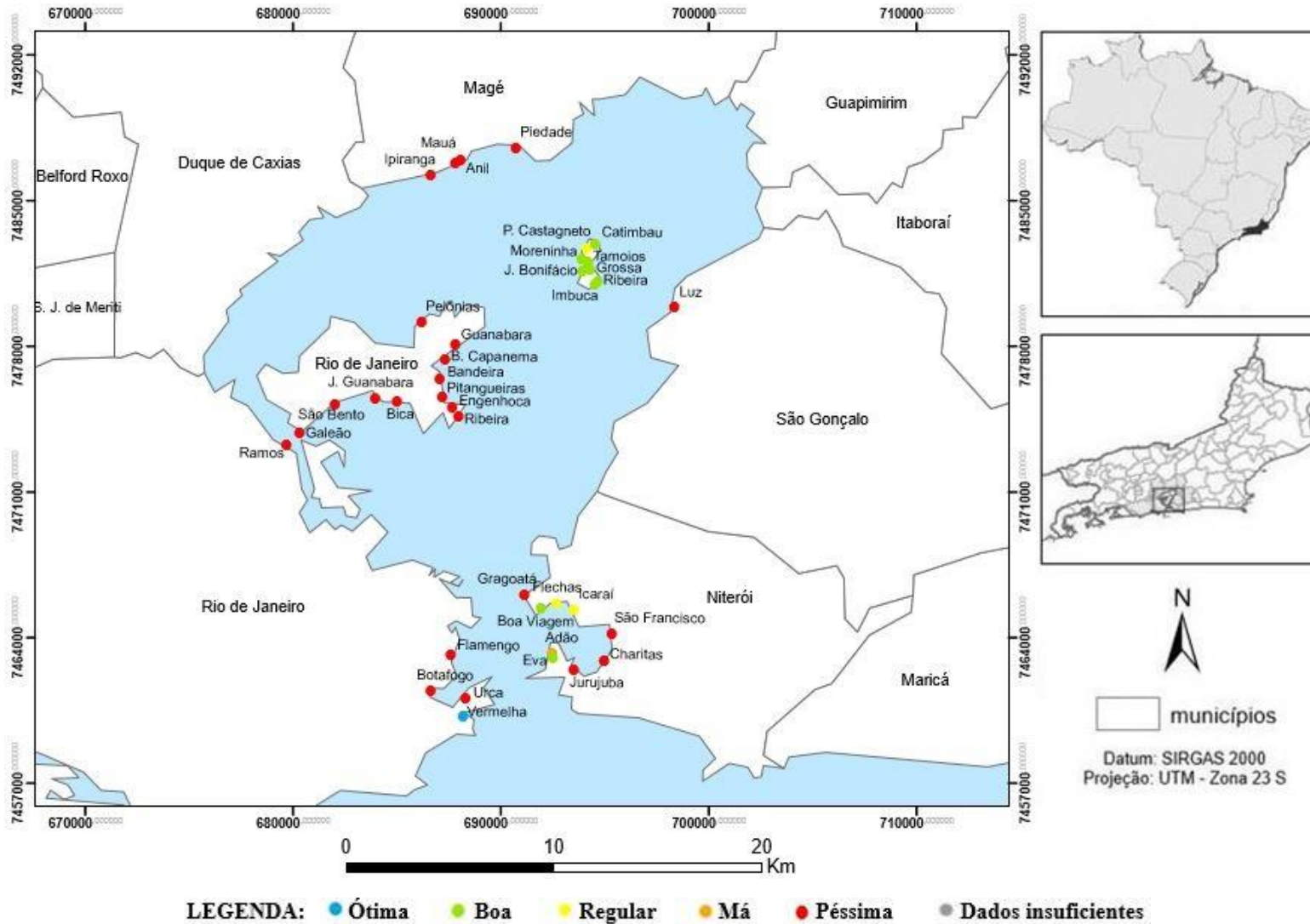


Figura 7: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2003.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2004

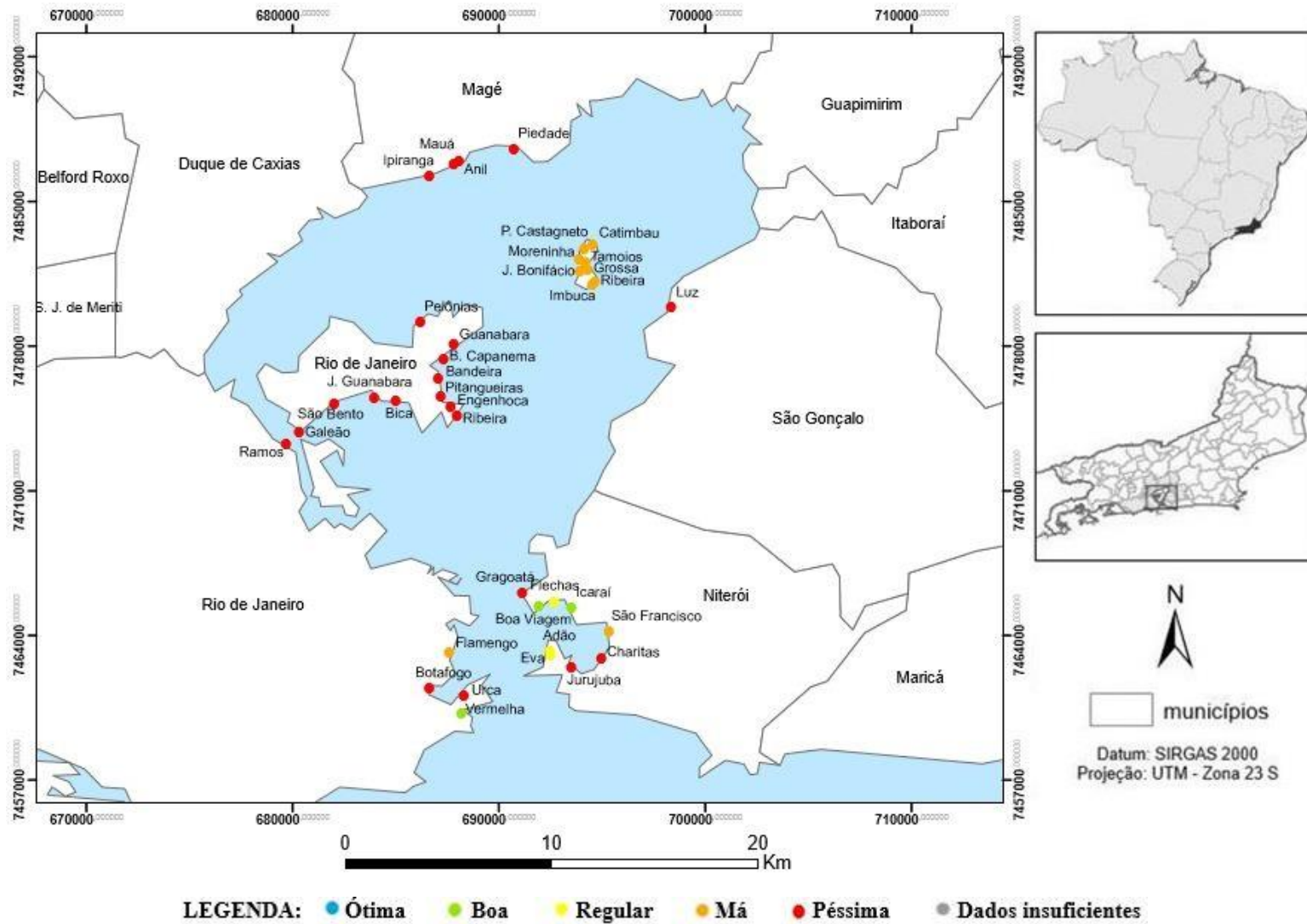


Figura 8: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2004.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2005

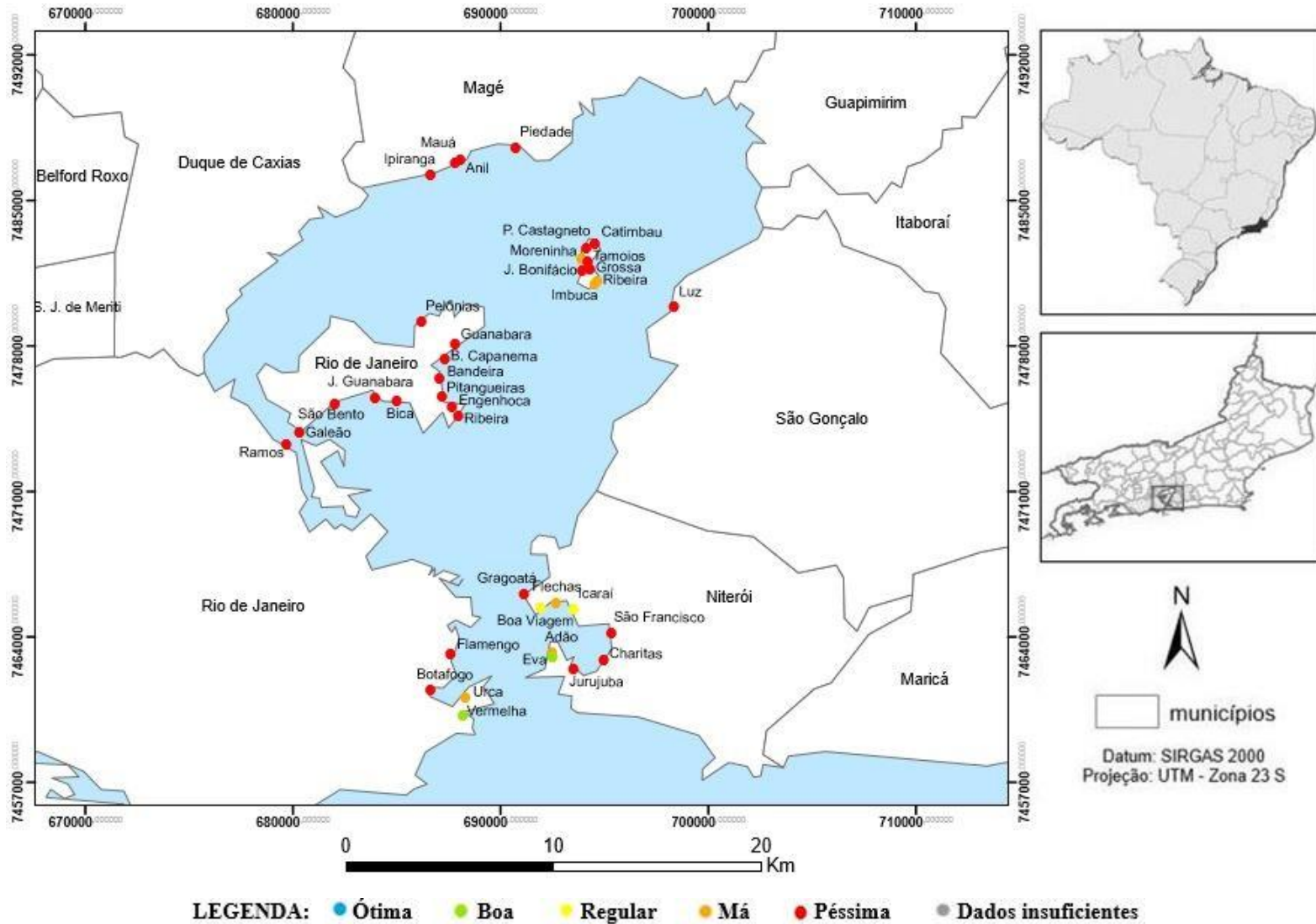


Figura 9: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2005.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2007

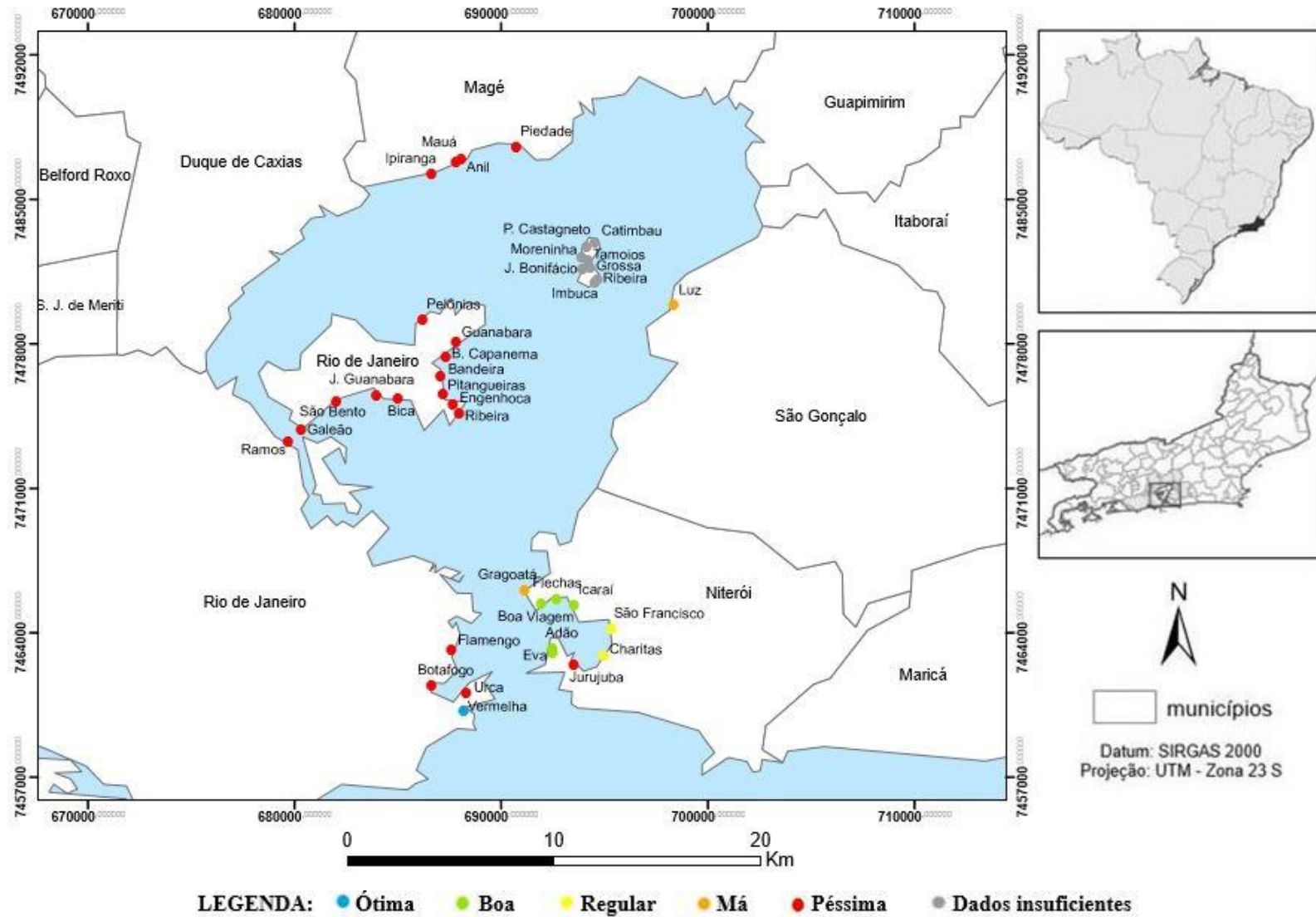


Figura 11: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2007.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2008

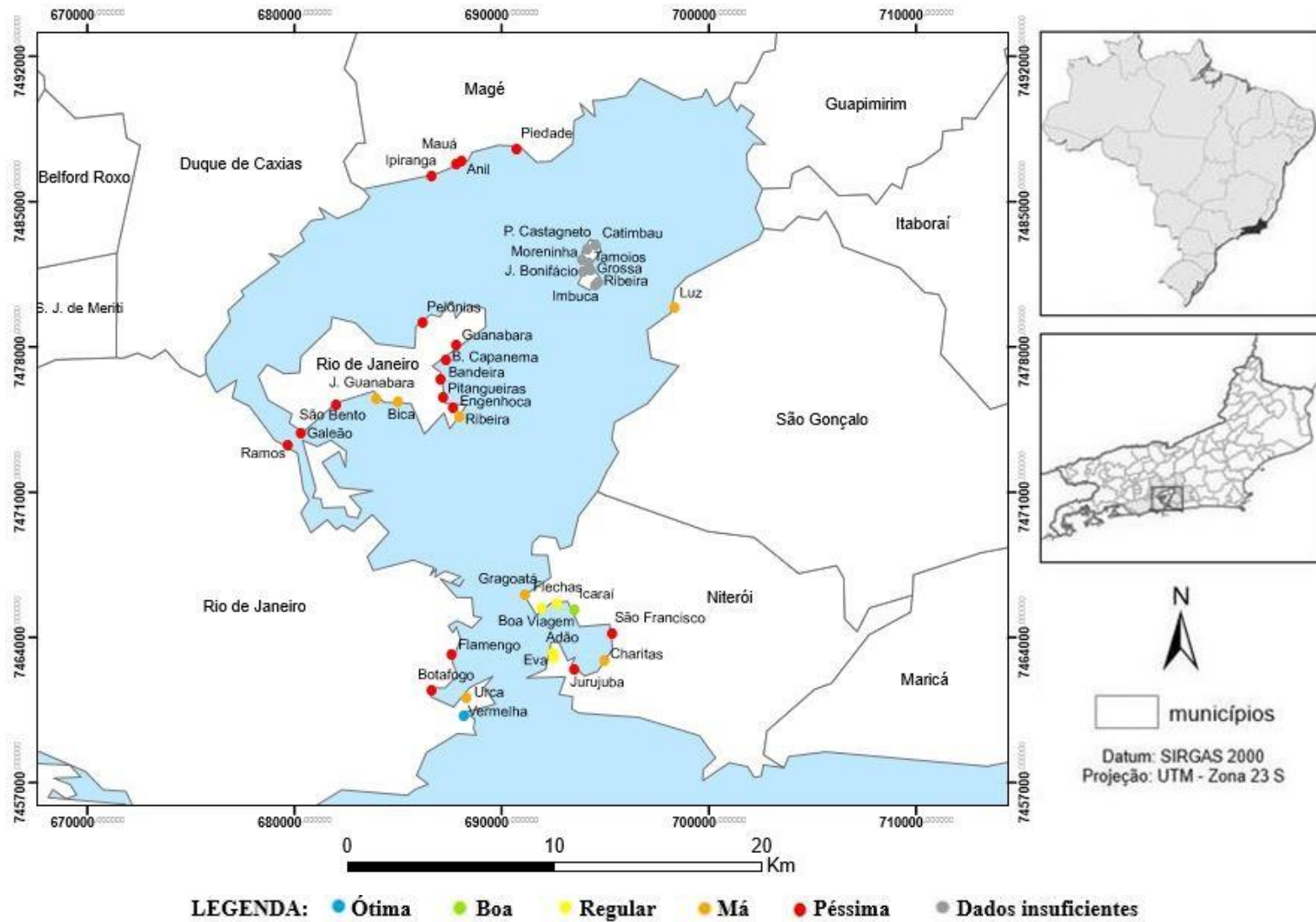


Figura 12: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2008.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2009

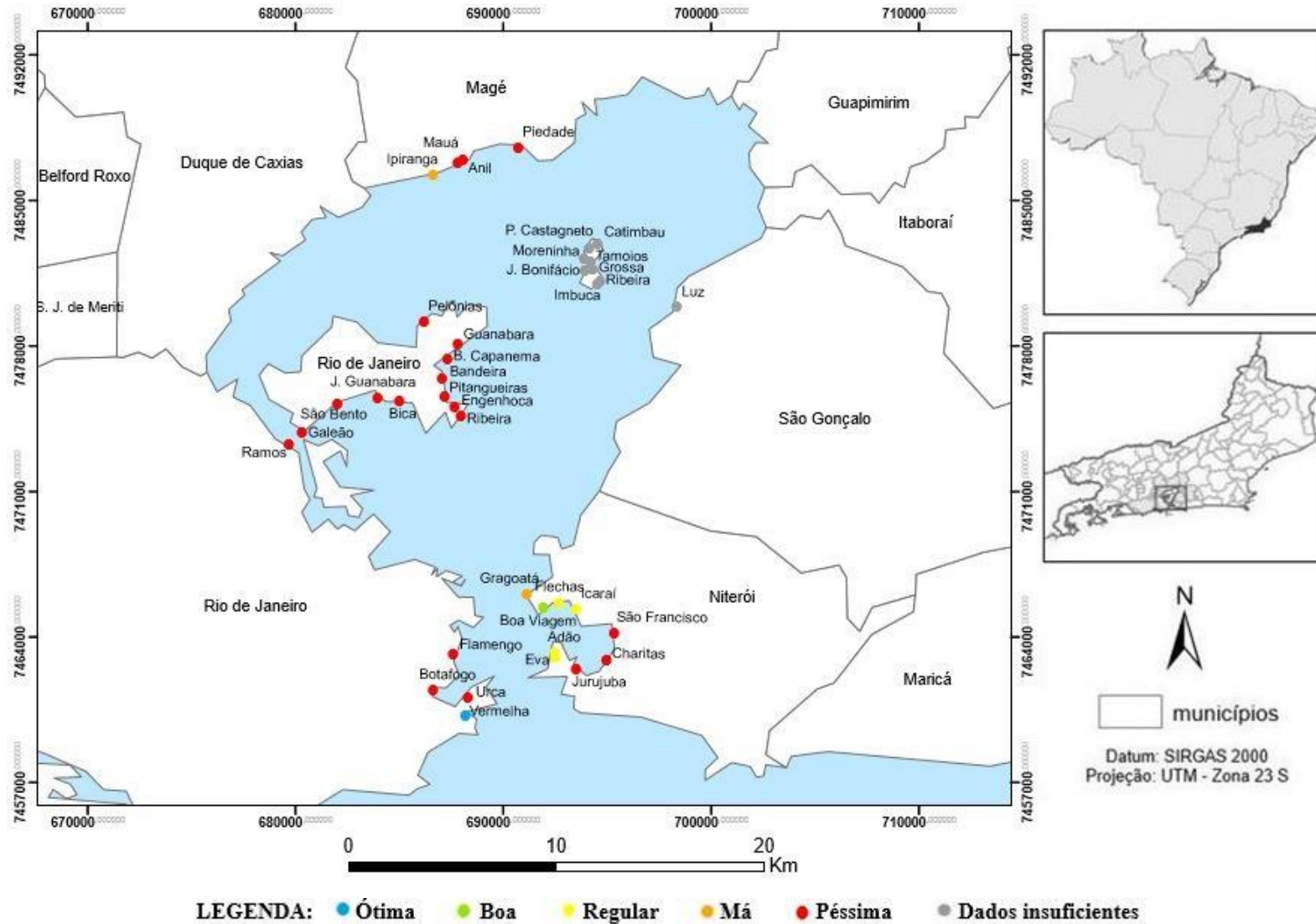


Figura 13: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2009.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2010

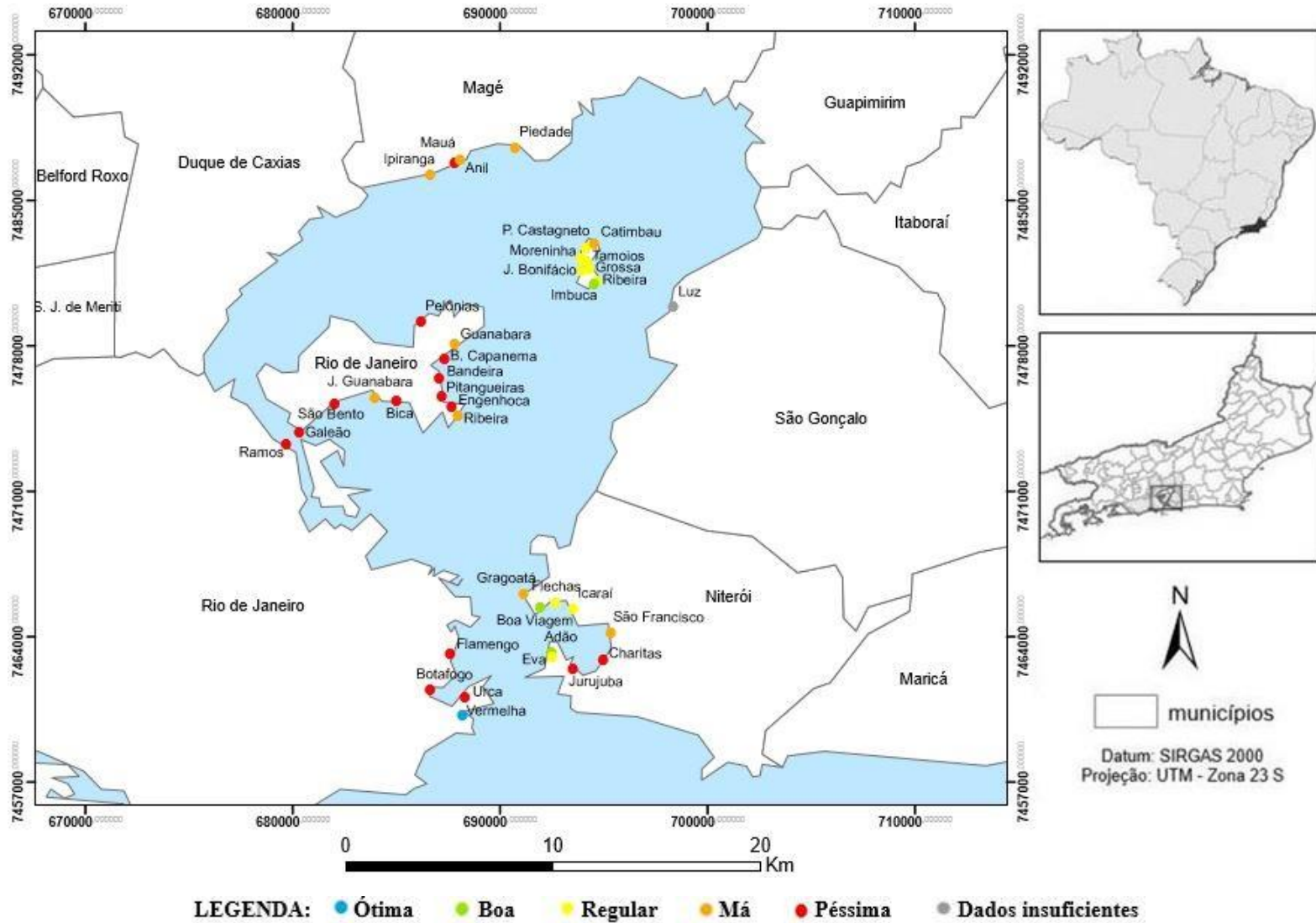


Figura 14: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2010.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2011

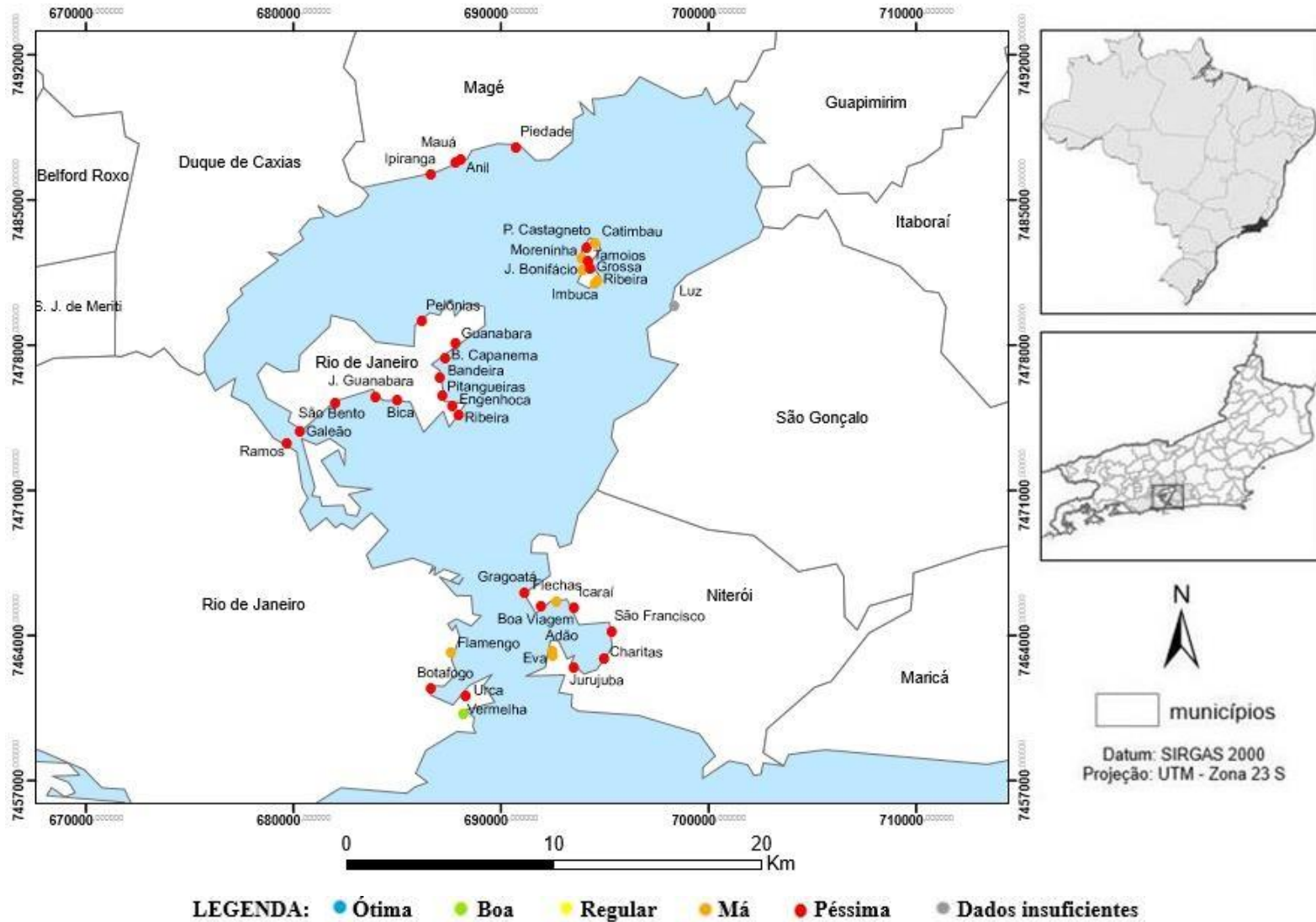


Figura 15: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2011.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2012

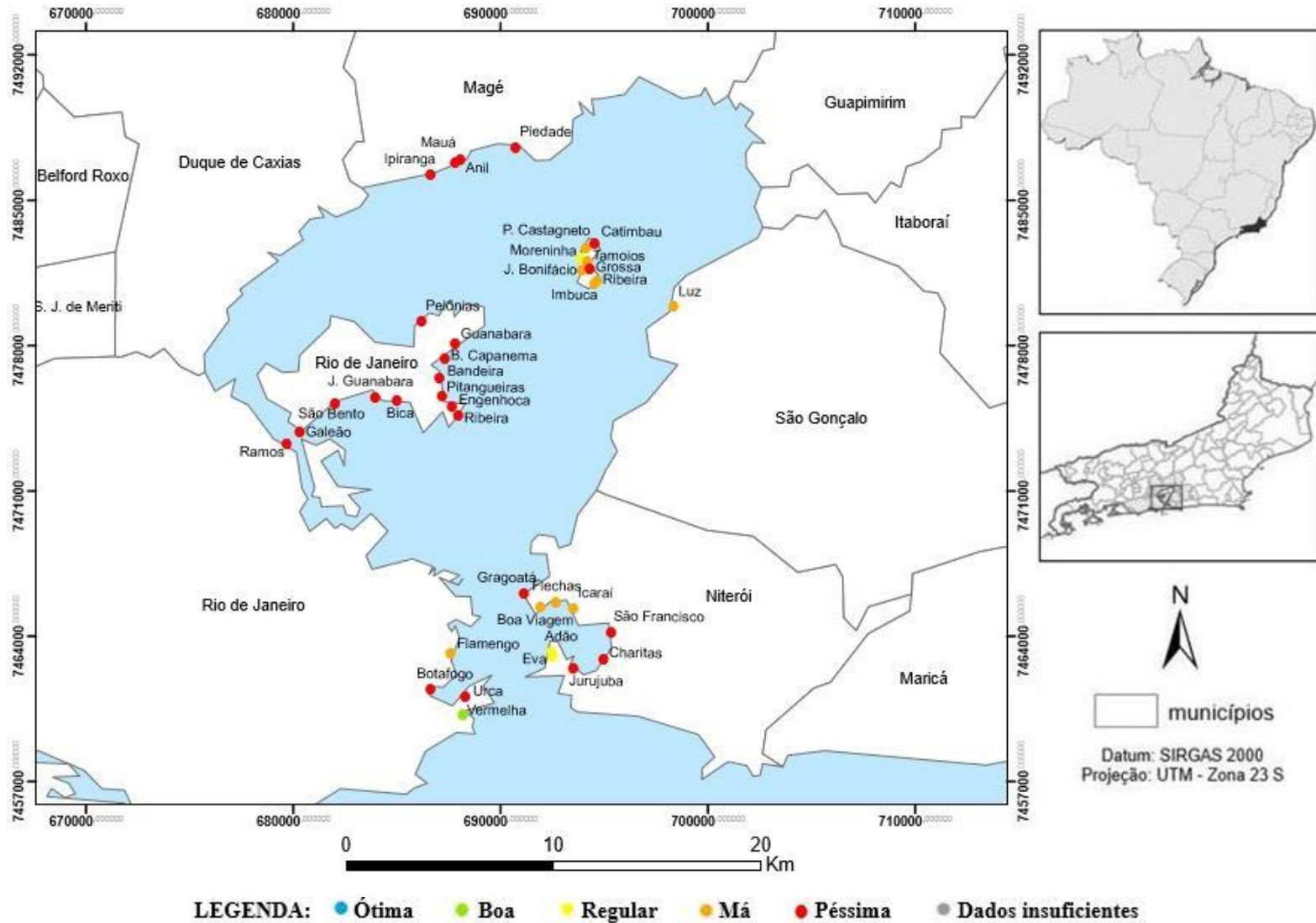


Figura 16: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2012.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2013

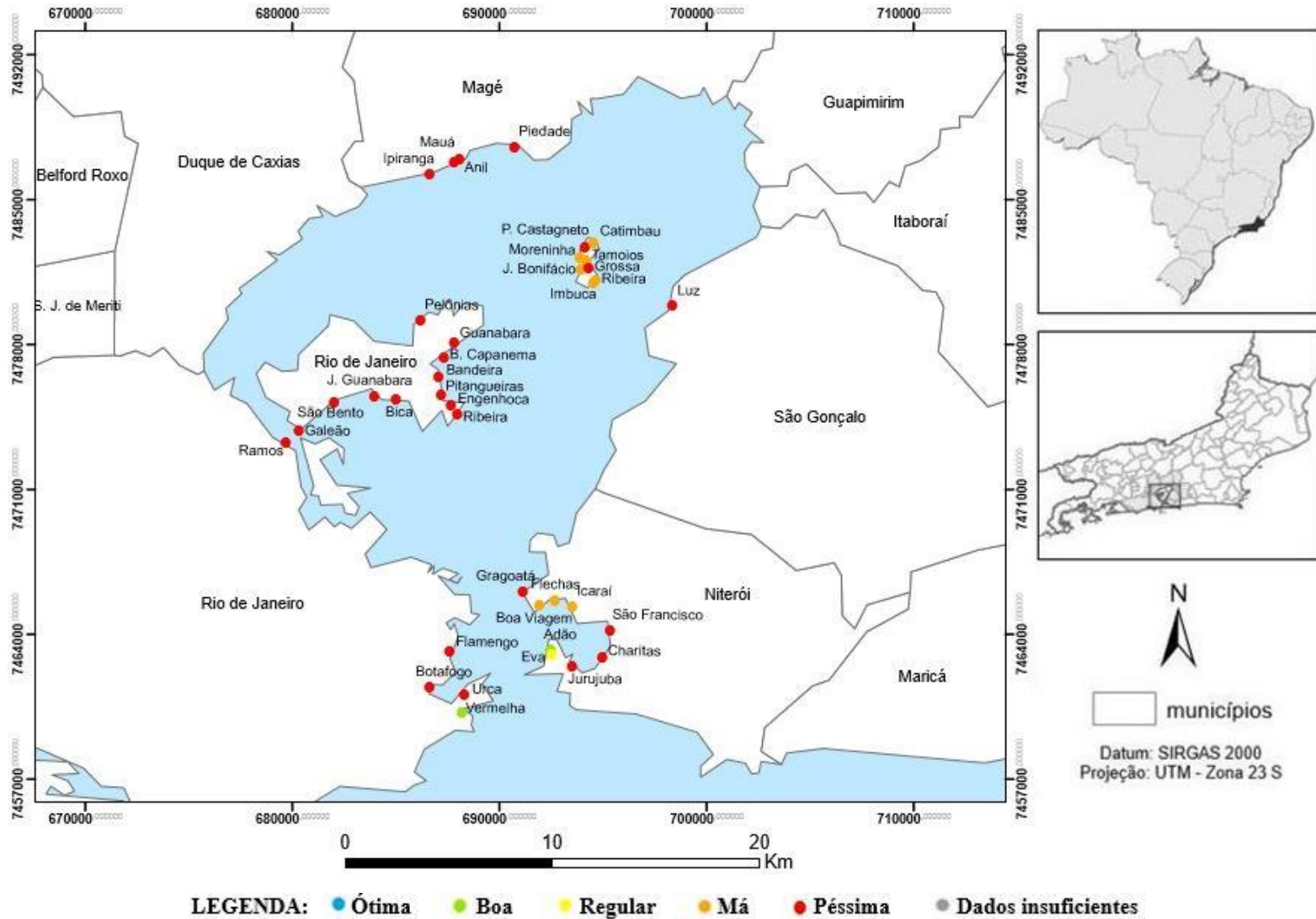


Figura 17: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2013.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2014

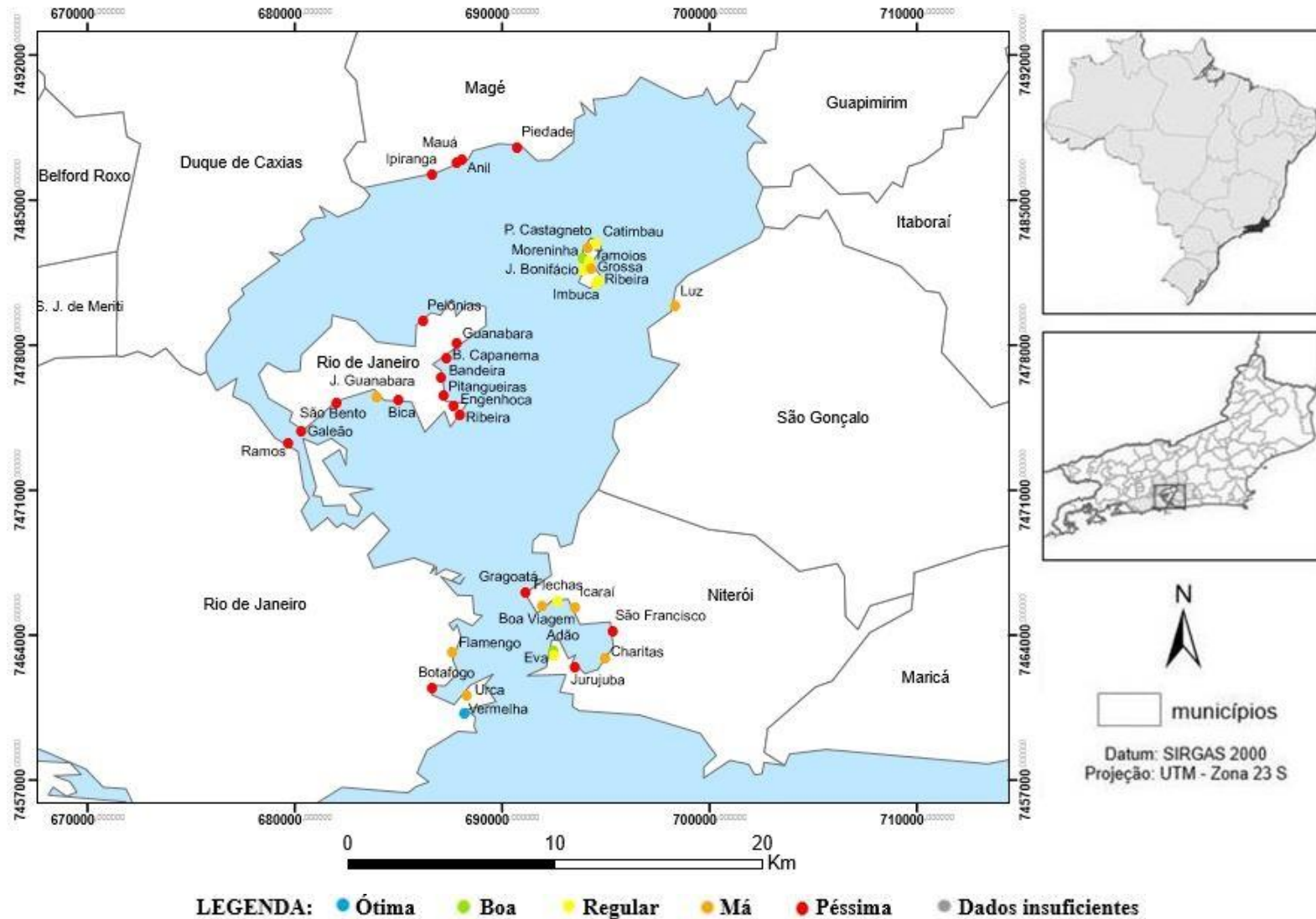


Figura 18: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2014.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2015

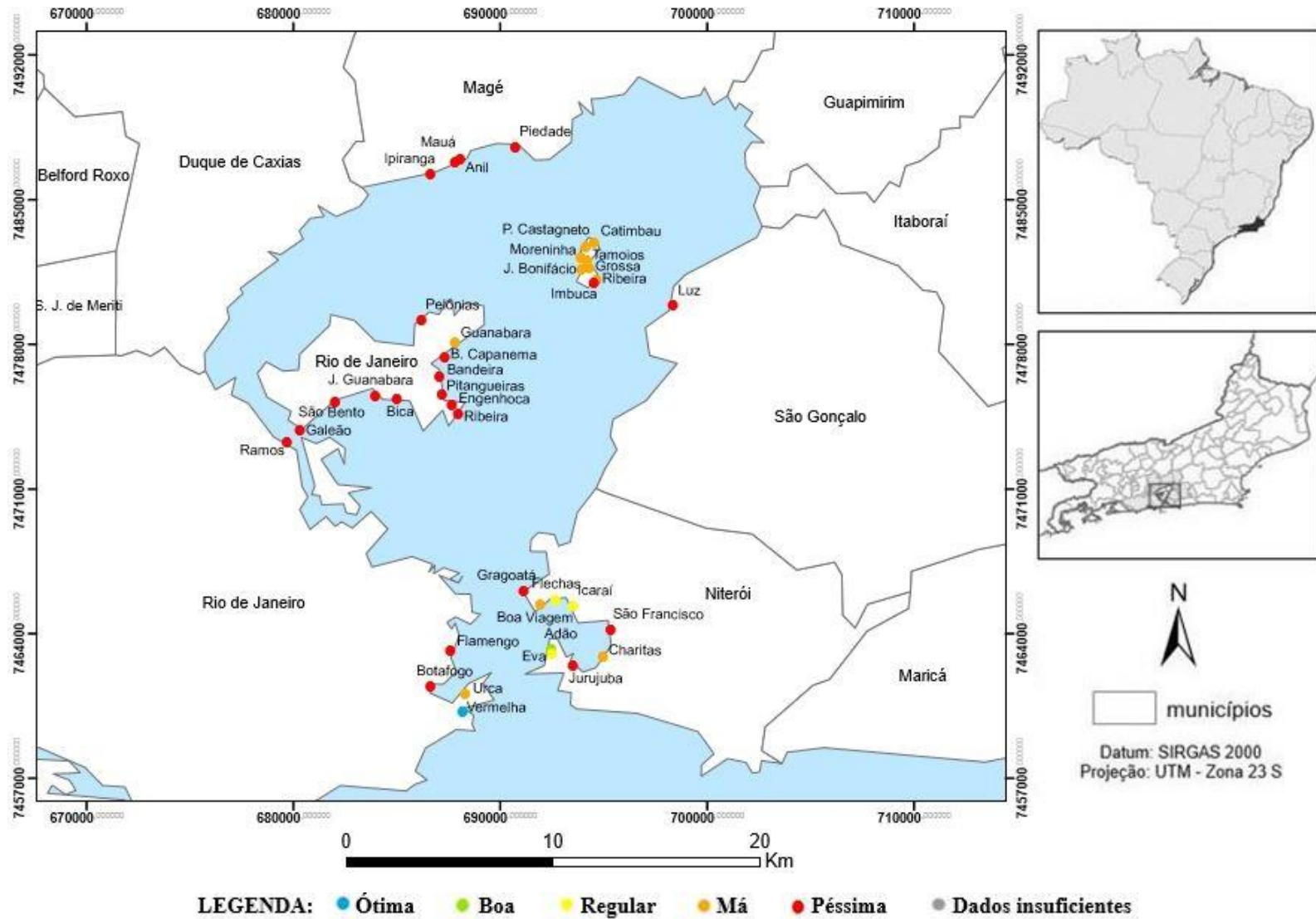


Figura 19: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2015.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2016

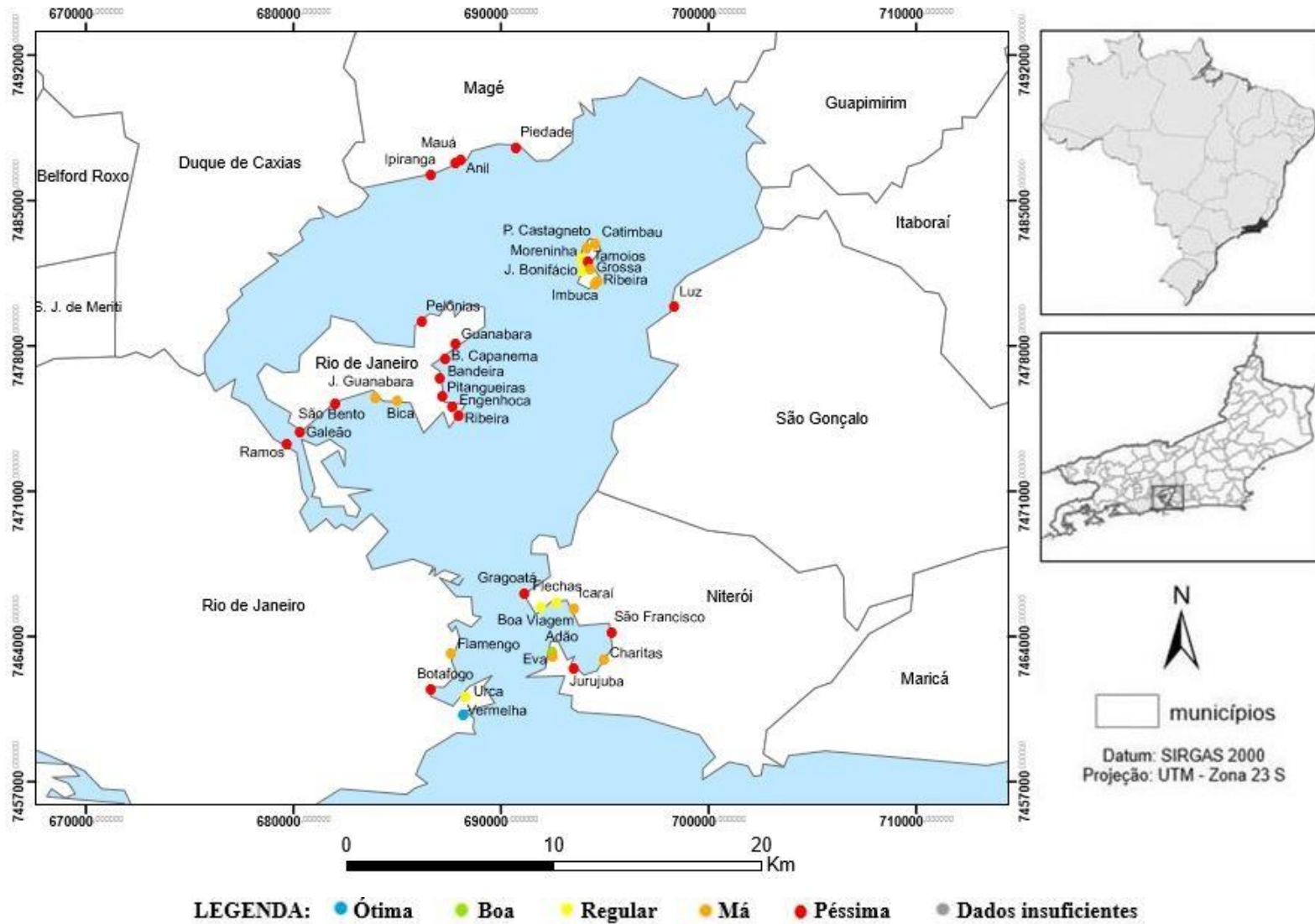


Figura 20: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2016.

Balneabilidade das praias da Baía de Guanabara – 2017

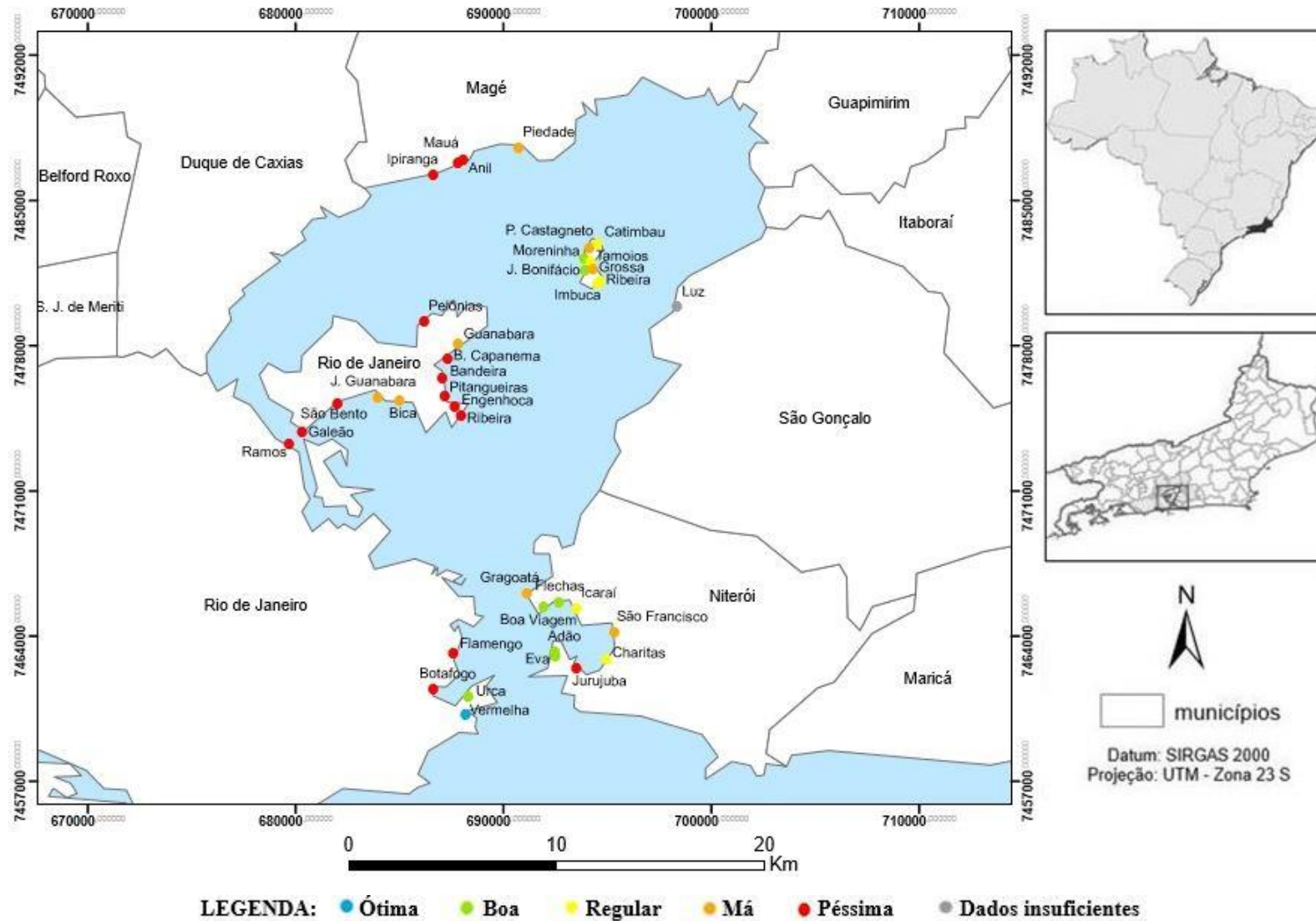
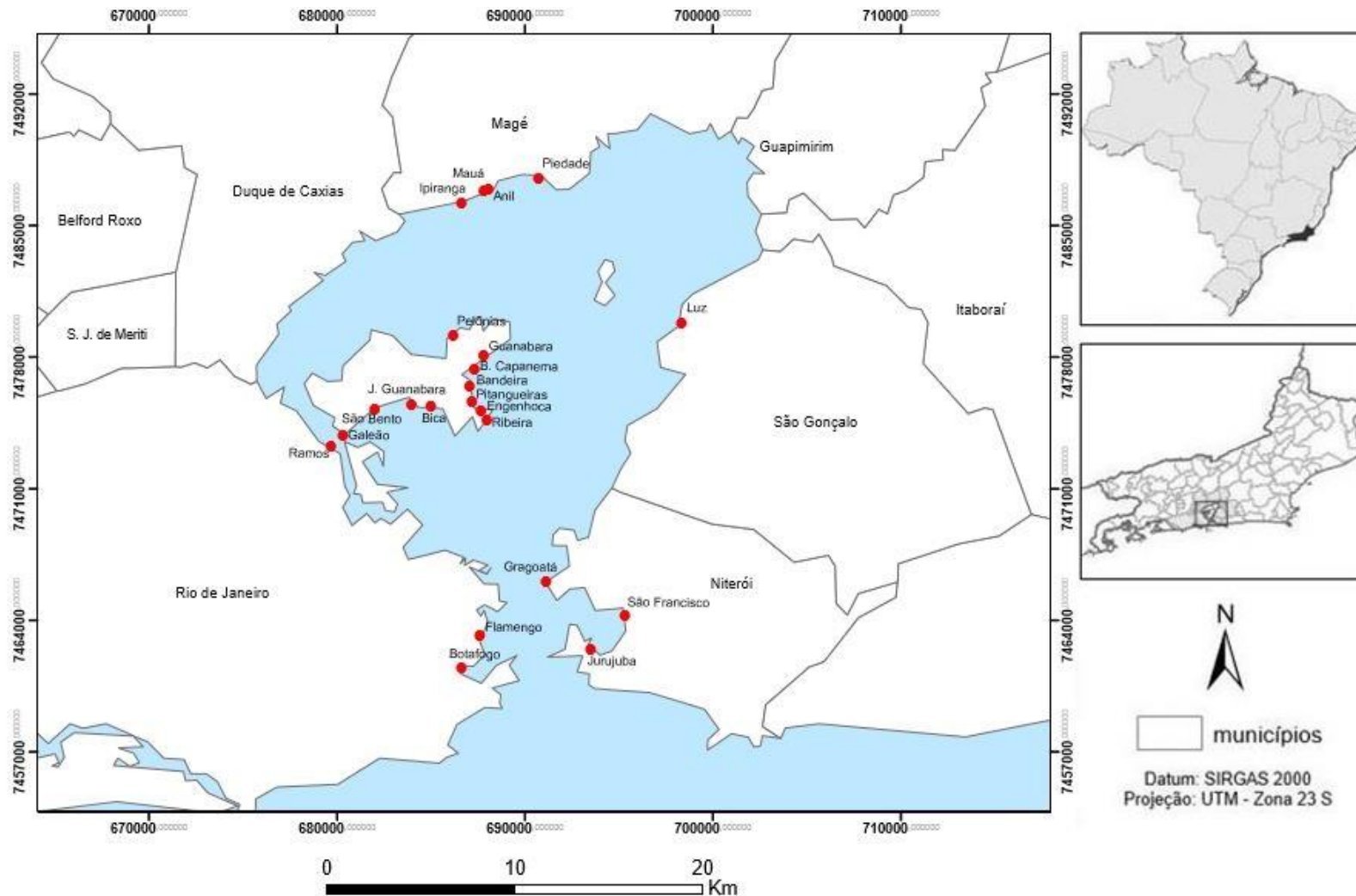


Figura 21: Classificação de balneabilidade anual das praias da Baía de Guanabara no ano de 2017.

Praias da Baía de Guanabara impróprias para banho entre 2000 e 2017



LEGENDA: ● Praias que não apresentaram balneabilidade ótima, boa ou regular ao longo da série histórica (2000 – 2017)

Figura 22: Indicação das praias da Baía de Guanabara que não apresentaram balneabilidade ótima, boa ou regular entre 2000 e 2017.

4.2 Temperatura e pluviosidade

Com relação à pluviosidade anual, foi verificado o maior valor no ano de 2010 (1617,9 milímetros) e o menor em 2014 (596 milímetros), sendo a média da série histórica de 1067,5 milímetros/ano (Figura 23). Já com relação à temperatura da água, o valor máximo encontrado foi no ano de 2009 (24,62 °C) e o mínimo em 2016 (21,52 °C), com média de 23,20°C no período analisado (Figura 24).

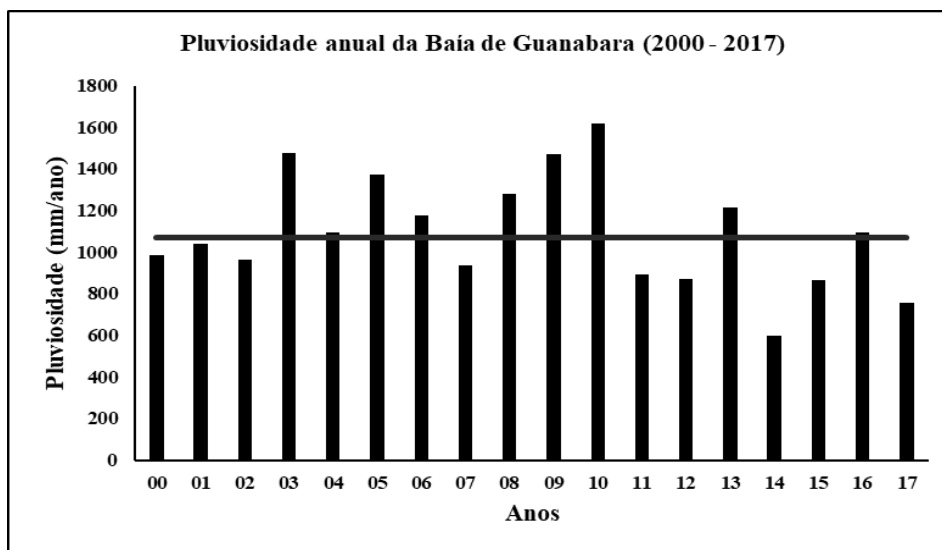


Figura 23: Pluviosidade anual da Baía de Guanabara considerando a média dos dados das Estações Urca e Ilha do Governador e a linha indicando a média da série histórica de 2000 a 2017. Fonte: Adaptado de PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO (2018).

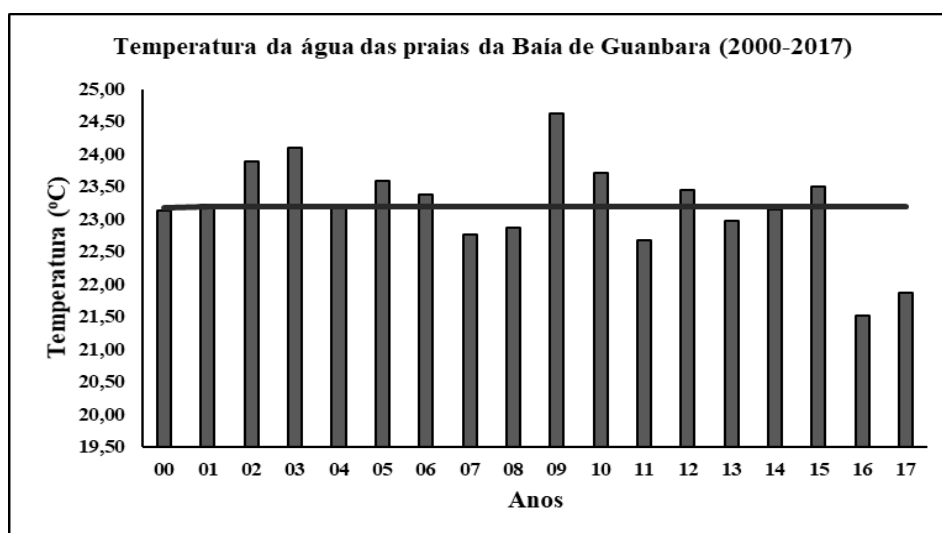


Figura 24: Temperatura anual da água das praias da Baía de Guanabara e a linha indicando a média da série histórica de 2000 a 2017. Fonte: Adaptado de INEA (dados não publicados).

4.3 Análises estatísticas

As praias que apresentaram classificação má ou péssima entre 2000 e 2017 foram retiradas das análises estatísticas, pois não obtiveram variação na qualidade. A praia de São Francisco, apesar de ter sido classificada como regular no ano de 2007, foi incluída entre as praias que não apresentaram modificações uma vez que esta praia possui uma conhecida poluição causada pelo canal do Rio Cachoeira que ali deságua, fazendo com que a sua balneabilidade esteja comprometida (SILVA *et al.*, 2016). Foram removidos também, os dados referentes aos anos de 2007, 2008 e 2009. Isto por que, nesses anos não houve a classificação de balneabilidade das praias localizadas na Ilha de Paquetá (INEA, 2018).

A Análise de Redundância evidenciou a formação de dois diferentes grupos (Figura 25). O primeiro grupo, formado pelas praias da Ilha de Paquetá (Catimbau, Grossa, Imbuca, J. Bonifácio, Moreninha, P. Castagneto, Ribeira, Tamoios) e as praias de Boa Viagem, Icaraí e Eva, apresentou maior poluição fecal relacionada aos anos pós-2010 e à condições de menor temperatura e pluviosidade. Enquanto isso, o segundo grupo, formado pelas praias de Adão, Charitas, Flechas, Urca e Vermelha, apresentou maior poluição relacionada aos anos pré-2006 e à cenários de maior temperatura e pluviosidade (Figura 25).

Com a aplicação do Modelo Aditivo Generalizado, observou-se uma relação não linear significativa entre a poluição fecal e a temperatura da água nas praias de Catimbau (p-valor = 0,02), J. Bonifácio (p-valor = 0,03), Tamoios (p-valor = 0,02) e Vermelha (p-valor = 0,03). As maiores contaminações verificadas nestas praias estiveram relacionadas à temperatura da água entre 21,5 °C e 22,5 °C (Figura 26).

Na praia de Boa Viagem, verificou-se uma relação negativa significativa (p-valor = 0,05) entre a poluição fecal e a pluviosidade. Nesse caso, os cenários de maior poluição fecal se apresentaram em anos com menor pluviosidade (Figura 27).

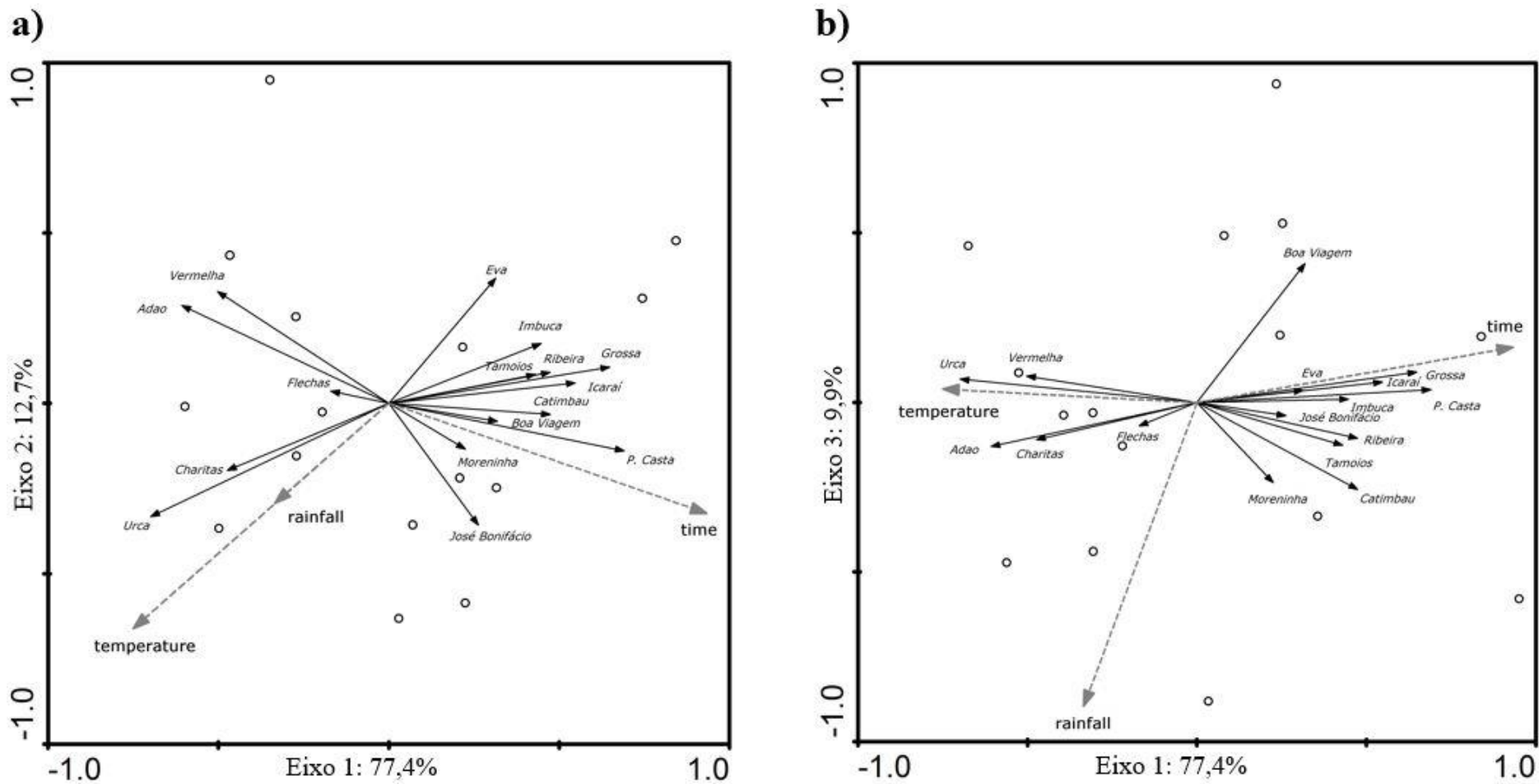


Figura 25: Análise de redundância entre a poluição fecal nas praias da Baía de Guanabara e as variáveis abióticas (pluviosidade, temperatura e tempo). (a) Eixos 1 e 2; (b) Eixos 1 e 3. Rainfall – pluviosidade; Temperature – Temperatura; Time – tempo.

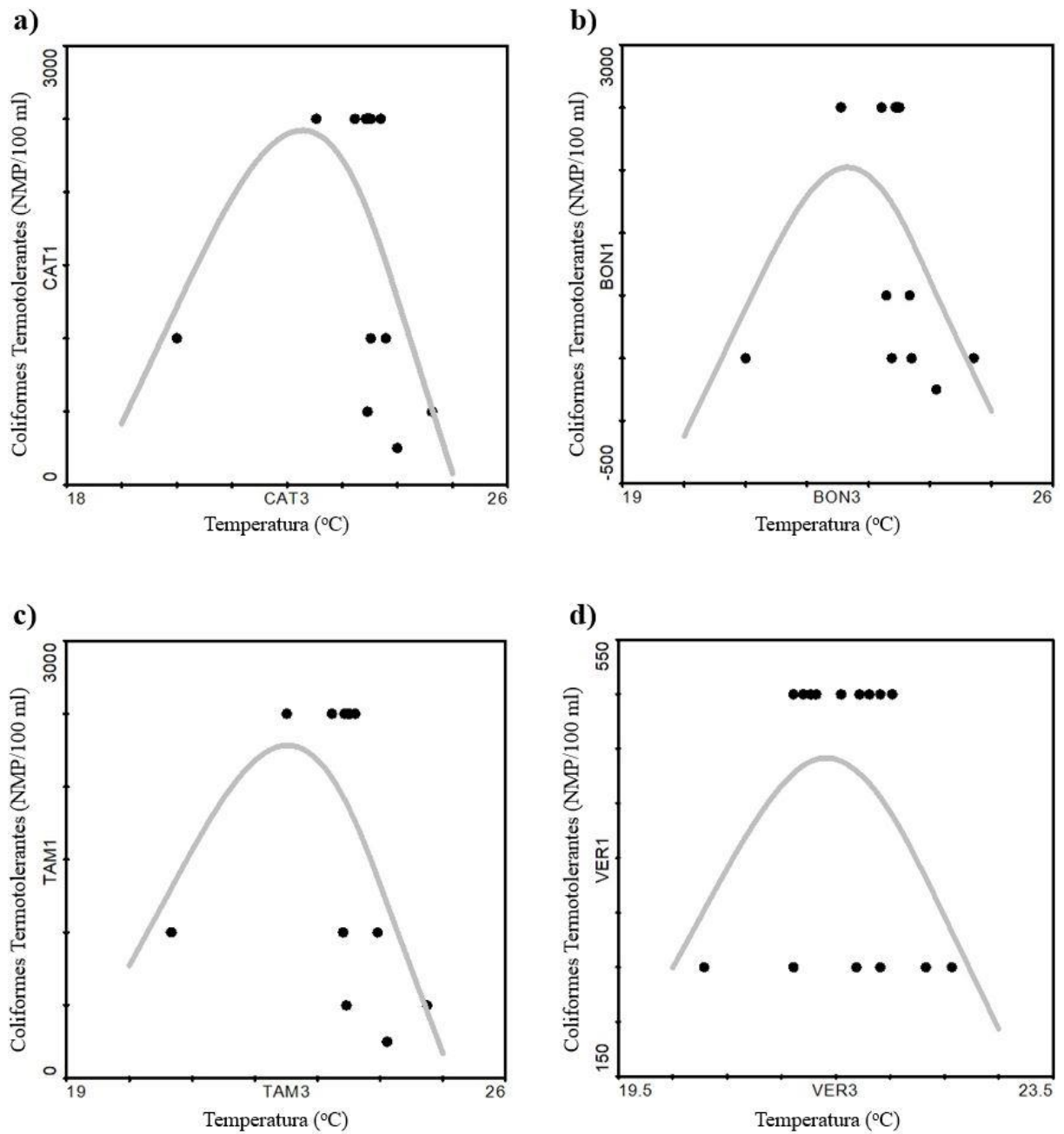


Figura 26: Modelo Aditivo Generalizado relacionando a temperatura à poluição fecal fecal (Coliformes Termotolerantes em água) nas praias de Catimbau (a); J. Bonifácio (b); Tamoios (c); e Vermelha (d).

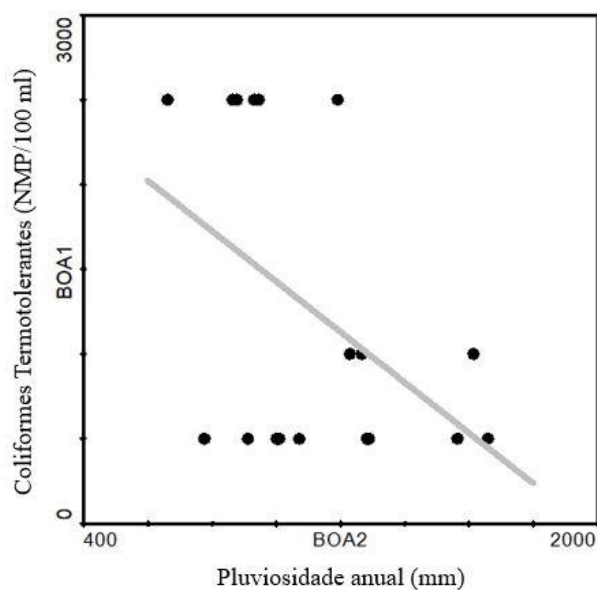


Figura 27: Modelo Aditivo Generalizado relacionando a pluviosidade à poluição fecal (Coliformes Termotolerantes em água) na praia de Boa Viagem.

5. DISCUSSÃO

Dentre as praias da entrada da Baía de Guanabara localizadas na cidade do Rio de Janeiro, a que apresentou a pior qualidade foi a praia de Botafogo, visto que sua balneabilidade foi classificada como péssima ao longo de toda a série temporal estudada (2000 – 2017). Barrocas e Wasserman (2011), também observaram concentrações elevadas de indicadores de poluição fecal na Enseada de Botafogo. Segundo Coelho (2007), isto ocorre por que o local recebe grande quantidade de efluentes domésticos e apresenta baixa hidrodinâmica, dificultando assim a diluição desses dejetos. Os resultados em Botafogo, indicam também que os investimentos realizados recentemente por meio do Programa Sena Limpa (iniciativa relacionada ao PSAM) no local, não levaram a uma melhora de sua balneabilidade (HOFFMAN, 2013).

A praia do Flamengo também apresentou baixos índices de balneabilidade no período em análise. Apesar desta praia contar com uma Unidade de Tratamento de Rios (UTR) em sua proximidade, a capacidade de tratamento de aproximadamente 300 litros de água por segundo acaba não sendo suficiente para alterar significativamente os níveis de balneabilidade de suas águas (ALERJ, 2016).

A praia da Urca apresentou qualidade má ou péssima durante a maior parte do tempo. Contudo, nos últimos anos foi observada uma melhora em sua condição de balneabilidade, sendo oferecida assim uma nova opção de lazer para cariocas e turistas. A sua melhora

recente pode estar vinculada à inauguração da Estação Elevatória do Forte de São João, em dezembro de 2014, que fez com que todo o esgoto do bairro da Urca passasse a ser transportado para o Emissário Submarino de Ipanema (AGÊNCIA BRASIL, 2014). Dessa maneira, foram desativados os dutos que despejavam esgoto nas extremidades dessa praia.

Com relação à praia Vermelha, as classificações de balneabilidade anual variaram entre boa e ótima, fazendo com que essa seja a praia com melhor qualidade dentre as analisadas pelo INEA na Baía de Guanabara. Sua excelente balneabilidade se deve à ausência de despejo de esgoto no local e à proximidade dessa praia com o oceano, fazendo com que suas águas sejam rotineiramente renovadas (DETZEL CONSULTING, 2012). A manutenção de sua qualidade é de extrema importância para a cidade do Rio de Janeiro, tendo em vista a sua proximidade com importantes pontos turísticos, tais como: a pista Cláudio Coutinho, o Bondinho do Pão de Açúcar, o Museu de Ciências da Terra e o complexo de escaladas do bairro da Urca. Além de seu viés turístico, esta praia, assim como a praia da Urca, está localizada na Zona de Amortecimento do Monumento Natural dos Morros do Pão de Açúcar e da Urca (SANTOS *et al.*, 2018). Dessa forma, a sua conservação se faz necessária para fortalecer as ações de proteção dos ecossistemas associados ao bioma da Mata Atlântica ao seu redor (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2017).

Dentre as praias da entrada da Baía localizadas na cidade de Niterói, a que apresentou a pior qualidade ao longo dos anos foi a praia de Jurujuba, que sempre esteve classificada como péssima (INEA, 2018). Sua qualidade pode estar relacionada às suas características hidrodinâmicas muito semelhantes às da praia de Botafogo, no Rio de Janeiro, e à comunidade existente em seu entorno, que não possui acesso à saneamento básico (COELHO, 2007). A péssima qualidade dessa praia é preocupante, uma vez que existe uma grande fazenda de mariscos no local, sendo essa a principal fonte de renda para boa parte da população residente em seu entorno (SANTOS *et al.*, 2018).

As outras duas praias localizadas próximas à de Jurujuba, são as de São Francisco e Charitas. Essas duas praias apresentaram, na maior parte dos anos, balneabilidade má ou péssima (INEA, 2018). Na praia de São Francisco, a poluição das águas se deve principalmente ao canal do Rio Cachoeira, que deságua no local trazendo efluentes domésticos não tratados (SILVA *et al.*, 2016). A praia de Charitas, por conta de sua proximidade com a praia de São Francisco, acaba tendo sua qualidade afetada por essa poluição. Além disso, encontra-se descaracterizada por conta da Estação das Barcas existente

no local, fazendo assim com que seu uso seja dificultado em algumas partes (SILVA *et al.*, 2016).

Dentre as praias niteroienses que recebem maior influência do canal central da Baía de Guanabara, a que apresentou pior qualidade foi a praia de Gragoatá. Esta praia apresentou qualidade má ou péssima em todas as classificações anuais. Isto pode indicar uma presença de despejo de esgoto local, já que nem a boa renovação de água da região fez com que a sua balneabilidade fosse melhorada. Entretanto, não foram encontrados trabalhos que abordassem esta possível poluição no local durante a revisão bibliográfica realizada.

Com relação às demais praias próximas (Adão, Eva, Boa Viagem, Flechas e Icaraí), todas apresentaram balneabilidade má ou péssima em alguns momentos, porém apresentaram classificações positivas na maior parte do tempo. Isto se deve principalmente à instalação e início da operação do emissário submarino de Icaraí e à boa renovação de águas da região (ALENCAR, 2016; SEA, 2016).

Segundo estudo realizado pela Petrobras (2009), os momentos em que as praias de Paquetá apresentaram balneabilidade ruim estão possivelmente relacionados à desativação da Estação de Tratamento de Esgoto existente na Ilha. Além das questões envolvendo o tratamento dos efluentes locais, a região de Paquetá encontra-se na área de influência do canal central da Baía de Guanabara, estando por isso localizada em um ponto onde a diluição dos contaminantes é maior, o que faz com que suas praias apresentem qualidade melhor que as da Ilha do Governador e do Fundo da Baía (FISTAROL *et al.*, 2015).

Durante três anos da série histórica analisada (2007, 2008 e 2009), as praias da região de Paquetá não foram classificadas quanto à sua balneabilidade, fazendo com que exista um hiato na avaliação das praias nesse período. A descontinuidade do monitoramento dos ambientes praianos interiores à Baía não deve ocorrer em nenhum momento, pois isso acaba interferindo na construção de modelos preditivos, na implementação de estratégias de gerenciamento e, conseqüentemente, nos mecanismos de tomada de decisão (COELHO, 2007; FISTAROL *et al.*, 2015).

Ao longo de toda a série histórica analisada (2000 – 2017), as praias do setor Ilha do Governador e Ramos apresentaram classificação de balneabilidade má ou péssima. Esse estado precário de qualidade se deve a maior dificuldade de renovação das águas nessa região. Covelli *et al.* (2012) ressaltam que o fluxo de água local foi afetado diretamente pelos aterros realizados para a construção da Cidade Universitária, iniciados em 1949. Além disso, a localidade recebe grande quantidade de efluentes domésticos e industriais sem tratamento.

Essas condições adversas também foram observadas nos trabalhos de Villac e Tenenbaum (2010) e Fistarol *et al.* (2015), que classificaram esta região como a mais poluída de toda a extensão da Baía de Guanabara. Apesar de todos os investimentos realizados para a sua despoluição, em nenhum dos anos as praias apresentaram qualidade ao menos regular, fazendo com que não estejam disponíveis para as atividades de lazer, ofereçam risco aos frequentadores, e, conseqüentemente, gerem perdas econômicas, principalmente nos setores de turismo e pesca.

Assim como no setor Ilha do Governador e Ramos, as praias do Fundo da Baía também apresentaram classificação má ou péssima em todos os anos. De acordo com Melo *et al.* (2015), a ocorrência de grandes afluentes, que passam pela Baixada Fluminense e encontram-se bastante degradados, faz com que essa região esteja exposta a uma grande quantidade de efluentes sem tratamento. Além disso, o local também apresenta sedimento de fundo composto basicamente por lama, o que reflete a baixa energia hidrodinâmica dessa região e dificulta a diluição dos poluentes advindos dos municípios do entorno (COELHO, 2007; MELO *et al.*, 2015).

Com relação à praia da Luz, Silva *et al.* (2016) reportaram em seu trabalho que a localidade conta com problemas relacionados ao acúmulo de lixo na faixa emersa e submersa de areia, águas poluídas e forte cheiro de esgoto. Somado a isso, a praia encontra-se localizada em uma área sob influência do crime organizado, o que inviabiliza o seu monitoramento contínuo, explicando assim os vários anos (2009, 2010, 2011 e 2017) em que as amostragens não puderam ser realizadas pelo INEA. O problema da violência na região evidencia a grave crise de segurança pela qual o Estado do Rio de Janeiro está atravessando desde os anos 2010 e faz com que a população residente e os turistas estejam cerceados do direito de frequentar esta importante área de lazer (O DIA, 2017). Além da possibilidade de seu uso para recreação, a praia da Luz conta também com um importante valor histórico e cultural, pois nela encontra-se localizada a igreja de Nossa Senhora da Luz, construída em 1647 (SILVA *et al.*, 2016). Dessa maneira, a localidade poderia explorar atividades econômicas envolvendo passeios turístico-culturais e vendas de produtos, não fossem os graves problemas de poluição e segurança.

As análises estatísticas evidenciaram a formação de dois diferentes grupos. O grupo formado pelas praias da Ilha de Paquetá (Catimbau, Grossa, Imbuca, J. Bonifácio, Moreninha, P. Castagneto, Ribeira, Tamoios), Boa Viagem, Icaraí e Eva apresentou maior poluição nos anos mais recentes e em condições de menor temperatura e pluviosidade (Figura 25). Em

contrapartida, as praias de Adão, Charitas, Flechas, Urca e Vermelha apresentaram maior poluição fecal relacionada aos anos anteriores à 2006 e em condições de maior temperatura e pluviosidade (Figura 25). Tomando por base apenas a variável temporal, percebe-se que as medidas de despoluição realizadas na Baía de Guanabara não foram eficientes para o primeiro grupo de praias (Paquetá, Boa Viagem, Icaraí e Eva). Já com relação ao segundo grupo (Adão, Charitas, Flechas, Urca e Vermelha) as medidas foram efetivas, tendo sido verificadas tendências de melhora nos últimos anos. Desta forma, pode ser inferido que as ações realizadas têm alterado o cenário de degradação ambiental de maneira pontual, privilegiando o setor de Entrada da Baía.

Com a aplicação do Modelo Aditivo Generalizado, observou-se que as praias de Catimbau, J. Bonifácio, Tamoios e Vermelha apresentaram relação significativa entre a poluição fecal e a temperatura (Figura 26). Nestas praias, as taxas de bactérias indicadoras decaíram a partir da temperatura de 22,5 °C. Esta condição também foi observada por Schulz e Childers (2011) em seu trabalho, que ao avaliarem o efeito da variação de temperatura no decaimento de bactérias fecais, verificaram maior taxa de decaimento em temperaturas mais altas. Segundo Sherr *et al.* (1988), isto ocorre por conta do aumento dos níveis de predação, estimulado pela maior temperatura.

Com relação à pluviosidade, foi verificada uma relação linear negativa com relação à poluição fecal na praia de Boa Viagem (Figura 27). Em contraste com o presente estudo, Ackerman e Weisberg (2003) avaliaram a relação entre o volume de chuvas e as concentrações de bactérias indicadoras de poluição fecais em áreas litorâneas na Califórnia. Os autores verificaram que houve um aumento das concentrações bacterianas na maioria das chuvas com volume superior a 6 mm e em todas a partir de 25 mm. A relação não foi observável apenas para chuvas com volume inferior a 2,5 mm.

Noble *et al.* (2003) também avaliaram as quantidades de bactérias fecais em água após a ocorrência de chuvas. O estudo foi realizado em 254 áreas ao longo do litoral de Santa Barbara, Califórnia e México. Constatou-se que em 60% da linha de costa os limites de qualidade da água foram excedidos após a ocorrência de chuvas.

Como no presente estudo a praia de Boa Viagem apresentou uma resposta diferente ao descrito na literatura com relação à pluviosidade, a poluição fecal local pode estar ligada às características próprias da praia ou até mesmo a outras variáveis que não são avaliadas pelo INEA. Como uma dessas possíveis variáveis, Ribeiro e Kjerfve (2002) relatam que a alternância de marés é um fator mais determinante que a pluviosidade na poluição fecal das

águas da Baía, estando a melhor qualidade da água relacionada à períodos de maré alta. Contudo, como o INEA realiza análises com periodicidade aleatória, sem considerar tal parâmetro, não é possível o estabelecimento de tal relação neste caso. Recomenda-se que este órgão passe a realizar análises considerando também as diferenças de poluição entre as marés e outras variáveis (salinidade, pH e oxigênio dissolvido), de forma que possam ser geradas informações que possibilitem a construção de modelos preditivos e, conseqüente, levem à otimização dos mecanismos de tomada de decisão.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os recursos investidos e os programas implementados para a despoluição da Baía de Guanabara nos últimos se mostraram insuficientes para alteração do cenário de degradação ambiental nas porções oeste, norte e leste.

Apesar de se encontrarem sob influência do canal central de circulação, as praias de Paquetá apresentaram um cenário de piora de balneabilidade ao longo dos últimos anos.

A efetividade das ações implementadas para recuperação ambiental da Baía só são perceptíveis no seu setor de entrada, onde estão localizadas as praias de maior apelo turístico.

As praias de Catimbau, J. Bonifácio, Tamoios e Vermelha apresentaram relação significativa entre a poluição fecal e a temperatura, com as taxas de bactérias indicadoras decaindo a partir de maiores temperaturas. Com relação à pluviosidade, foi verificada uma relação linear negativa com a poluição fecal na praia de Boa Viagem.

Recomenda-se que o INEA passe a realizar análises considerando um número maior de variáveis, buscando assim a otimização dos mecanismos de tomada de decisão.

A recuperação das praias da Baía deve ser cada vez mais estimulada, de modo a gerar novos postos de trabalho e proteção da rica biodiversidade local.

7. REFERÊNCIAS

ACKERMAN, D.; WEISBERG, S. B. Relationship between rainfall and beach bacterial concentrations on Santa Monica Bay beaches. **Journal of water and health**, v. 1, n. 2, p. 85-89, 2003.

AGÊNCIA BRASIL. **Praias da Urca e Vermelha têm obra de despoluição concluída no Rio**. 2014. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-12/praias-da-urca-e-vermelha-tem-obra-de-despoluicao-concluida-no-rio>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

AGUIAR, V. M. C. *et al.* Eutrophication and hypoxia in four streams discharging in Guanabara Bay, RJ, Brazil, a case study. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1915-1919, 2011.

ALENCAR, E. **Baía de Guanabara**: descaso e resistência. Rio de Janeiro: Mórula, 2016.

ALERJ – ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO RIO DE JANEIRO. **Relatório da comissão especial da Baía de Guanabara**. 2016. Disponível em: < <https://seaerj.org.br/2016/11/01/relatorio-da-comissao-especial-da-baia-de-guanabara/>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

BARROCAS, P. R.; WASSERMAN, J. C. O mercúrio na Baía de Guanabara: Uma revisão histórica. **Geochimica Brasiliensis**, v. 9, n. 2, p. 115-127, 2011.

BERG, C. H. *et al.* Indicadores de balneabilidade: a situação brasileira e as recomendações da world health organization. **International Journal of Knowledge Engineering and Management**, v. 2, n. 3, p. 83-101, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº. 274, de 29 nov. 2000**. Dispõe sobre a qualidade das águas de balneabilidade e altera o disposto na Resolução CONAMA n. 20, 18 jun. 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção I, p. 70-71.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 mar. 2005.

CANOCO. **Software Canoco 4.5**. Disponível em: < <http://www.canoco5.com/>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

CHAVES, C. R.; BITTENCOURT, C. L.; TAMARI, M. **Águas turvas, informações opacas**: uma análise sobre a transparência dos programas de despoluição da Baía de Guanabara. 2016.

Disponível em: < <http://artigo19.org/blog/2016/07/29/aguas-turvas-informacoes-opacas-uma-analise-sobre-a-transparencia-dos-programas-de-despoluicao-da-baia-de-guanabara/>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

COELHO, V. M. B. **Baía de Guanabara: uma história de agressão ambiental**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2007.

COVELLI, S. *et al.* Spatial variation, speciation and sedimentary records of mercury in the Guanabara Bay (Rio de Janeiro, Brazil). **Continental Shelf Research**, v. 35, p. 29-42, 2012.

CRUZ, C. B. M. *et al.* Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, IX, 1998, Santos – SP. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos – SP, 1998, v. 9, p. 99-109.

DETZEL CONSULTING. **Plano de manejo do Monumento Natural dos Morros do Pão de Açúcar e da Urca**. 2012. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?id=4461307>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

ESRI. **ArcMap 10.5**. Disponível em: <<https://www.esri.com/>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

FISTAROL, G. O. *et al.* Environmental and sanitary conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 1232, 2015.

GESAMP (IMO/FAO/Unesco/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. **Rep. Stud. GESAMP**, (47):35p. 1991.

HOFFMAN, S. **Programa Sena Limpa 2 vai despoluir mais seis praias do Rio**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013. Disponível em: < <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1825504>>. Acesso em: 12 out. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável** – Brasil 2004. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004, p. 81-82.

Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids_2004.shtm>. Acesso em: 04 jun. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Limites Municipais do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018. Disponível em: <https://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2017/Brasil/BR/br_municipios.zip>. Acesso em: 27 jul. 2018.

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Monitoramento das Praias do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/Praias/index.htm&lang=>>>. Acesso em: 13 de jul. 2018.

MELO, G. *et al.* Composition and behaviour of heavy metals in suspended sediments in a tropical estuarine system. **Environmental Earth Sciences**, v. 73, n. 3, 2015.

MICROSOFT. **Software Microsoft Office Excel 365**. Disponível em: <<https://www.microsoft.com>>. Acesso em: 05 set. 2018.

NOBLE, R.T. *et al.* Storm effects on regional beach water quality along the southern California shoreline. **Journal of Water and Health**, v. 1, n. 1, p. 23 - 31. mar. 2003.

O DIA. **Violência muda rotina de São Gonçalo**. 2017. Disponível em: <https://odia.ig.com.br/_conteudo/rio-de-janeiro/2017-03-25/violencia-muda-rotina-de-sao-goncalo.html>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PETROBRAS. **Avaliação Ambiental Estratégica do Programa de Investimentos da Petrobras na Área de Abrangência da Baía de Guanabara – PLANGAS, GNL e COMPERJ**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Monumento Natural dos Morros do Pão de Açúcar e da Urca**. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?id=4461307>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Sistema Alerta Rio**. Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

RIBEIRO, C. H.; KJERFVE, B. Anthropogenic influence on the water quality in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 3, n. 1-3, p. 13-19, 2002.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 298 – 322, 2008.

SANCHES, M. A. P. Elites globais e cidadãos locais: quem ganha com a despoluição da Baía de Guanabara. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO DE ESTUDOS LATINO AMERICANOS, XXII, 2000, Rio de Janeiro. **Anais do Encontro da Associação de Estudos Latino americanos**. Disponível em: <<http://lasa.international.pitt.edu/Lasa2000/MSanchesport.PDF>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

SANTOS, F. S. *et al.* Evaluation of the immune responses of the brown mussel *Perna perna* as indicators of fecal pollution. **Fish & shellfish immunology**, 2018.

SCHULZ, C. J.; CHILDERS, G. W. Fecal Bacteroidales diversity and decay in response to variations in temperature and salinity. **Applied and environmental microbiology**, v. 77, n. 8, p. 2563-2572, 2011.

SEA – SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE. **P02: Diagnóstico do Estado da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2016. Disponível em: <<http://200.20.53.7/guanabara/Content/DOWNLOAD/Diagn%C3%B3stico%20da%20Ba%C3%ADa%20de%20Guanabara.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

SHERR, B. F. *et al.* Rates of digestion of bacteria by marine phagotrophic protozoa: temperature dependence. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 54, n. 5, p. 1091-1095, 1988.

SILVA, M. A. M. *et al.* Praias da Baía de Guanabara no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, 2016.

SOARES, D. N. E. S. **Bases microbiológicas e químicas da qualidade ambiental da água e areia da orla de Manguinhos - Serra, Espírito Santo, Brasil.** 2009. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) – Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, 2009.

SOUZA, L. G. R. *et al.* O lixo, o esgoto na Baía de Guanabara e os programas de despoluição: a mídia versus os dados. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, 2014.

VILELA, C. G. *et al.* Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, p. 25-35, 2003.

VILLAC, M. C.; TENENBAUM, D. R. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil: I. historical account of its biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 271-293, 2010.