

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Iago Matheus Teixeira**

**IMPACTOS DA FALTA DE SANEAMENTO E  
ZONEAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DA BAIA  
SUL DE FLORIANÓPOLIS**

Porto Alegre  
Novembro de 2021

**IAGO MATHEUS TEIXEIRA**

**IMPACTOS DA FALTA DE SANEAMENTO E  
ZONEAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DA BAÍA  
SUL DE FLORIANÓPOLIS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento  
de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro  
Civil

**Orientadora: Fernando Mainardi Fan**

Porto Alegre  
Novembro de 2021

**IAGO MATHEUS TEIXEIRA**

**IMPACTOS DA FALTA DE SANEAMENTO E  
ZONEAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DA BAÍA  
SUL DE FLORIANÓPOLIS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Fernando Mainardi Fan (UFRGS)**  
Orientador

**Msc. Eng.º Ana Flávia Bracalioni Costa (Auburn University)**  
Eng.º Civil, Mestra em Recursos Hídricos, Doutoranda Auburn University (EUA)

**Msc. Eng.º Camila Goulart (UFPR)**  
Eng.º Civil, Mestra em Recursos Hídricos, Doutoranda em Eng. Amb. e de Recursos Hídricos na UFPR

## RESUMO

O presente artigo consistiu em uma proposta de zoneamento com o intuito de complementar estudos pré-existentes do estuário conhecido como Baía Sul, com localização na cidade de Florianópolis-SC ao longo de quatro campanhas, realizadas ao longo de 2019 e 2020, respeitando cada estação do ano. Foram avaliados os parâmetros Fósforo Total, Nitrogênio na forma de Nitrato (N-Nitrato), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli. O método começa com uma breve explicação da coleta dos dados, parâmetros escolhidos para análise, classificação de acordo com as Resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 274/2000 e depois a modelagem dos zoneamentos a partir da ferramenta de interpolação de um software de georreferenciamento. Os resultados encontrados confirmaram que a maioria dos parâmetros de qualidade de água e balneabilidade do estuário e do Rio Tavares está em desacordo com os limites máximos permitidos pela resolução. Eles servem também de apoio para futuros estudos de modelagem e atestam a importância de uma carga maior de coletas e análises para que o lançamento do efluente tratado da região seja corretamente despejado.

**Palavras chave:** zoneamento, estuário, interpolação, qualidade, água

## ABSTRACT

This article consists of a zoning proposal with the purpose to complement existing studies of the estuary known as Baía Sul, located in the city of Florianópolis, Santa Catarina. The study was analyzed during four campaigns, carried out throughout 2019 and 2020, respecting each season of the year. The parameters that were evaluated are: Total Phosphorus, Nitrogen in the form of Nitrate (N-Nitrate), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Thermotolerant, Coliforms and Escherichia Coli. The method starts with a brief explanation of data collection, the chosen parameters for analysis, the classification according to CONAMA Resolutions 357/2005 and CONAMA 274/2000, and then the modeling of the zonings using the interpolation tool of a georeferencing software. The results found confirmed that most of the water quality and bathing parameters of the estuary and the River Tavares are in disagreement with the maximum limits for the resolution. They also serve as support for future modeling studies and attest to the importance of a greater collection and analysis load so that the region's treated effluent can be properly disposed of.

**Keywords:** zoning, estuary, interpolation, quality, water

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 MÉTODO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 COLETA E DADOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 ESCOLHA DOS PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 CLASSIFICAÇÃO DA SALIIDADE.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 GERAÇÃO DOS MAPAS DE ZONEAMENTO.....</b>	<b>16</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 FOSFORO TOTAL.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 N-NITRATO.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 COLIFORMES TERMOTOLERANTES E ESCHERICHIA COLI.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO E OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....</b>	<b>17</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

# IMPACTOS DA FALTA DE SANEAMENTO E ZONEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BAÍA SUL DE FLORIANÓPOLIS

Lack sanitation's impact and water quality zoning at Baía Sul in Florianópolis

---

Iago Matheus Teixeira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil E-mail: iagomatheusteixeira@gmail.com

**RESUMO:** O presente artigo consistiu em uma proposta de zoneamento com o intuito de complementar estudos pré-existentes do estuário conhecido como Baía Sul, com localização na cidade de Florianópolis-SC ao longo de quatro campanhas, realizadas ao longo de 2019 e 2020, respeitando cada estação do ano. Foram avaliados os parâmetros Fósforo Total, Nitrogênio na forma de Nitrato (N-Nitrato), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli. O método começa com uma breve explicação da coleta dos dados, parâmetros escolhidos para análise, classificação de acordo com as Resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 274/2000 e depois a modelagem dos zoneamentos a partir da ferramenta de interpolação de um software de georreferenciamento. Os resultados encontrados confirmaram que a maioria dos parâmetros de qualidade de água e balneabilidade do estuário e do Rio Tavares está em desacordo com os limites máximos permitidos pela resolução. Eles servem também de apoio para futuros estudos de modelagem e atestam a importância de uma carga maior de coletas e análises para que o lançamento do efluente tratado da região seja corretamente despejado.

**Palavras chave:** zoneamento, estuário, interpolação, qualidade, água.

**ABSTRACT:** This article consists of a zoning proposal with the purpose to complement existing studies of the estuary known as Baía Sul, located in the city of Florianópolis, Santa Catarina. The study was analyzed during four campaigns, carried out throughout 2019 and 2020, respecting each season of the year. The parameters that were evaluated are: Total Phosphorus, Nitrogen in the form of Nitrate (N-Nitrate), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Thermotolerant, Coliforms and Escherichia Coli. The method starts with a brief explanation of data collection, the chosen parameters for analysis, the classification according to CONAMA Resolutions 357/2005 and CONAMA 274/2000, and then the modeling of the zonings using the interpolation tool of a georeferencing software. The results found confirmed that most of the water quality and bathing parameters of the estuary and the River Tavares are in disagreement with the maximum limits for the resolution. They also serve as support for future modeling studies and attest to the importance of a greater collection and analysis load so that the region's treated effluent can be properly disposed of.

**Keywords:** zoning, estuary, interpolation, quality, water.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água pode ser resultante das condições naturais do ambiente em que ela se encontra, é de conhecimento comum que durante o ciclo hidrológico a água transcorre por diversas etapas sendo elas evaporação, condensação, precipitação, escoamento superficial e subterrâneo, transpiração e infiltração (Melo et al, 2021). Durante esses processos a água interage com outros sistemas causando alterações físico-químicas em sua composição. Entretanto, uma das principais interferências é a alteração que o homem causa ao sistema, essas interferências estão associadas ao uso e ocupação do solo sendo elas dispersas como por exemplo atividades agrícolas ou localizadas como por exemplo o lançamento de efluente nos corpos d'água. Sabendo disso podemos separar a qualidade da água em duas categorias, uma delas é a qualidade real e a outra é a qualidade desejada que é associada com o uso requerido para a mesma, ou seja, para qual fim essa água será utilizada. A água que o ser humano utiliza para saciar a sede obedece a critérios mais rigorosos do que a utilização dessa mesma substância para fins energéticos como por exemplo em usinas hidrelétricas. Apenas após essa definição pode-se mensurar a qualidade, comparando os dados medidos in loco com as legislações vigentes.

Ao falarmos do uso antrópico do meio, logo nos vem a memória a ocupação do território brasileiro que seguiu a cartilha de incontáveis civilizações ao longo de toda história, quando comunidades se unem em regiões costeiras. Esse movimento é natural visto que essas áreas oferecem vantagens sociais e principalmente econômicas. Dentro desses ambientes costeiros, os estuários, cuja definição dada por Pritchard, 1967 é a feição costeira semiaberta com livre conexão com o mar, e onde a diluição da água do mar na água fluvial pode ser observada, se destacam, pois oferecem locais para instalações portuárias; são ótimos ambientes para atividades pesqueiras; são regiões férteis e possuem uma capacidade de renovação de suas águas devido ao periódico efeito de influência das marés (Silva et. al, 2016; Silveira et. al, 2013; Costa et. al, 2012). Contudo, essas facilidades disponíveis em regiões estuarinas carecem de controle e uso adequado de seus recursos de maneira que o crescimento sócio econômico caminhe de mãos dadas com a preservação do meio ambiente.

Testa, J. M et. al. (2008) em Long-Term Changes in Water Quality and Productivity in the Patuxent River Estuary: 1985 to 2003 apresenta um estudo quantitativo realizado em cima de aproximadamente 19 anos de dados de qualidade de água coletados na Baía de Chesapeake (Washington D.C) e relaciona esses às mudanças na gestão de nutrientes, fluxos de água e de comunidades aquáticas e mostra, dentre muitas outras evidências, como a diminuição de cargas de fósforo oriunda da proibição de detergentes à base de fosfato juntamente com melhorias nas estações de tratamento de esgotos impactaram no enriquecimento da qualidade de água do estuário.

Já Maldonado, et. al (2011) na publicação Evaluación de la calidad del agua em la Ciénega de la Virgen (Cartagena, Colombia) durante el período 2006-2010 da Revista Científica Guillermo de Ockham também teve como objetivo apresentar resultados obtidos após análises de qualidade de água no estuário na famosa cidade portuária colombiana. Os dados analisados foram coletados pelo *Establecimiento Público e Ambiental* da cidade ao longo de 4 anos em quatorze pontos. O artigo se concentrou em 4 pontos da baía contendo zonas de alto e baixo impacto causados pelo homem. Foram escolhidos parâmetros como demanda bioquímica de oxigênio (DBO); Oxigênio dissolvido (OD); Fósforo (P) e Coliformes Totais e foram comparados com os níveis pré-estabelecidos. A conclusão foi que apenas um ponto respeitava as metas e o crescimento demográfico aliado ao crescimento da industrialização contribuiu de forma negativa a qualidade da baía de Cartagena.

Von-Ahn e Filho (2015) no artigo Diagnóstico da qualidade de água ao longo do estuário do rio Itajaí-Açu, SC apresenta uma análise espacial e temporal da qualidade de água ao longo do estuário. A bacia em questão está localizada em uma região muito importante economicamente de Santa Catarina, englobando as cidades de Indaial, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Navegantes e Itajaí onde a atividade industrial têxtil, metal mecânica e papelaria são fortes. Nas campanhas de monitoramento foram utilizadas sondas multiparamétricas em 8 estações além de coletas de sedimentos em 3 dessas 8 estações e feitas análises estatísticas multivariadas. Os resultados mostraram que as concentrações dos parâmetros selecionados estão fortemente relacionadas com a hidrodinâmica local, população e atividades agrícolas bem como a falta de mata ciliar nas margens tinham forte influência nos resultados negativos encontrados e por fim afirma que as medidas de coleta e tratamento de efluentes, que na época não existia, seriam uma forma de melhorar esses valores das variáveis relacionadas a entrada de matéria orgânica.

A área do presente estudo também se localiza no estado de Santa Catarina, mais precisamente na região centro sul da Ilha de Florianópolis englobando a Baía Sul, a Bacia do Rio Tavares e os canais de macrodrenagem (*Figura 1*). Essa região, possui uma carência de infraestrutura de saneamento, e o perene crescimento

populacional aliado ao aumento de indivíduos durante o período veranístico fez com que a companhia de saneamento local implantasse o Sistema de Esgotamento Sanitário Sul da Ilha (SES Sul da Ilha), cuja ETE tem como ponto de lançamento do efluente o Rio Tavares o qual drena para a Baía Sul. Acontece que a área em questão possui uma alta fragilidade ambiental visto que ela é formada por áreas alagadas, pequenos cursos d'água, manguezais além da própria Baía Sul configurando uma reserva extrativista, a RESEX Pirajubaé. Somado a isso através do Agravo de Instrumento 5024274-66.2015.4.04.0000/SC, em 2015 o Ministério Público Federal em Santa Catarina (MPF/SC) obteve liminar favorável da Justiça Federal para a suspensão das obras bem como das licenças ambientais para a implantação da ETE até que fossem apresentadas alternativas técnicas para esse lançamento. Dessa maneira, estudos foram necessários para complementar o licenciamento ambiental que não havia contemplado devidamente as reais necessidades para um problema dessa magnitude.

Dentro dessa gama de estudos levantados, os dados de qualidade de água foram captados ao longo de quatro campanhas de monitoramento, uma em cada estação do ano. Foram coletadas amostras de 22 pontos, sendo 8 deles no Rio Tavares, 5 nos canais de macrodrenagem e 9 ao longo da Baía Sul. Em cada coleta foram analisados 66 parâmetros relativos à qualidade das águas. A partir disso, foram realizados mapas apresentando a classificação de acordo com a CONAMA 357/05 e CONAMA 274/2000. E apesar de terem sido feitas avaliações de forma sensoriais sobre a balneabilidade desses pontos, os estudos existentes de qualidade de água não propuseram mapas de zoneamento a partir dos dados coletados. Sendo assim, o presente trabalho visa propor o preenchimento dessa lacuna, escolhendo alguns principais parâmetros chaves e a criação desses mapas com o intuito de complementar e zonear a Baía Sul.

## 1. MAPA DA ÁREA DE ESTUDO

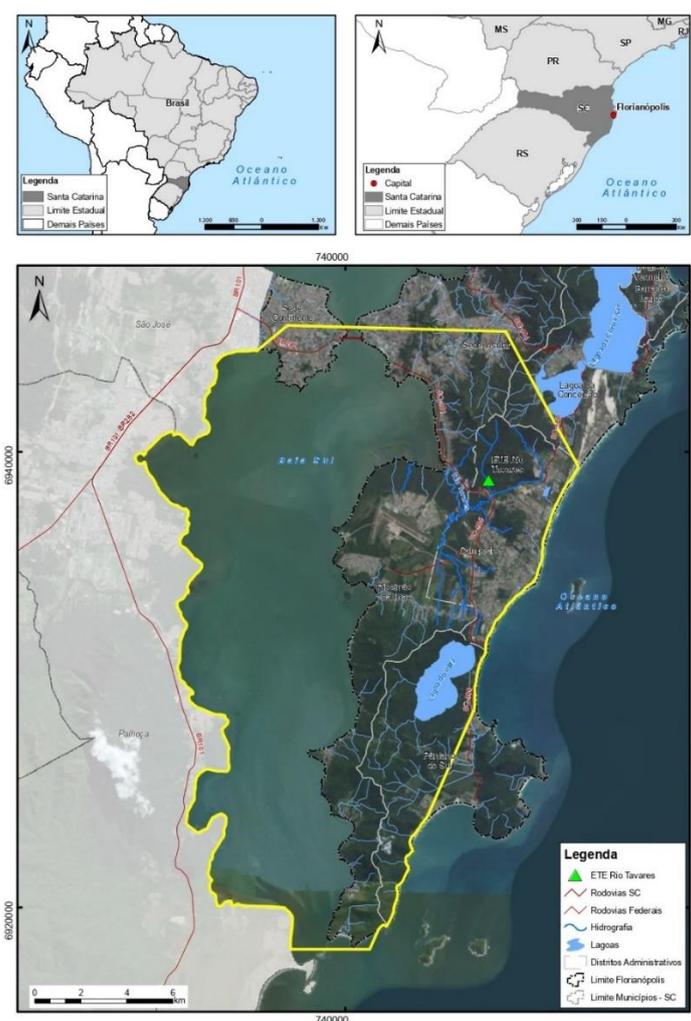


Figura 1 - Mapa da área do estudo base

## 2. MÉTODO

O método utilizado foi seguido conforme a Figura 2, começando pela coleta, ou seja, a origem dos dados utilizados para análise, passando por uma escolha dos parâmetros a serem discutidos, classificando-os por meio das resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 274/2000 e após isso, com ajuda de um software de georreferenciamento, a geração dos mapas de zoneamento por meio da interpolação desses dados.

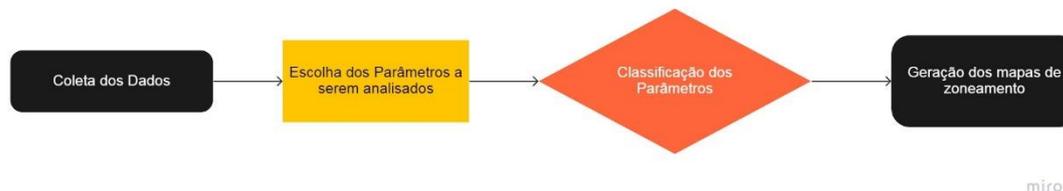


Figura 2 – Método

### 2.1 Coleta e Dados

Os dados do presente estudo foram retirados do Contrato para prestação de serviços técnicos especializados – STE nº 1640/2019, firmado entre a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) e a empresa vencedora do processo licitatório cujo objeto é “Prestação de Serviços Técnicos Especializados para a Elaboração de Estudo de Alternativas para Lançamento do Efluente Tratado do Sistema de Esgotamento Sanitário do Sul da Ilha (Campeche) – Etapa Rio Tavares”. A coleta desses dados foi realizada dentro de um período de um ano, e dividida em quatro campanhas sendo cada uma em uma determinada época do ano. A primeira campanha foi datada em 11 e 12 de setembro de 2019, a segunda campanha em 15 e 16 de dezembro de 2019, a terceira campanha em 2 e 3 de março de 2020 e a última nos dias 2 e 3 de julho de 2020. Todas essas amostras foram acondicionadas em frascos/vidrarias e enviadas atendendo as normatizações de armazenamento e refrigeração, seguindo as recomendações do laboratório responsável pelas análises dos parâmetros. O presente trabalho teve acesso a esses dados por meio dos laudos com os resultados das análises laboratoriais de água, sedimentos e biota. A seguir na Tabela 1 estão as estações amostrais com suas respectivas coordenadas no sistema WGS 84/UTM Zone 22 e em seguida na Figura 3 a representação dos mesmos dispostas no mapa.

Tabela 1 - Coordenadas dos Pontos Amostrais

Ponto	X	Y
R1	-48,50534	-27,6525
R2	-48,50472	-27,6551
R3	-48,49809	-27,6574
R4	-48,51506	-27,6651
R5	-48,50301	-27,6599
R6	-48,5235	-27,6781
R7	-48,51489	-27,6947
R8	-48,52301	-27,6515
C9	-48,53838	-27,6111
C10	-48,53579	-27,613
C11	-48,528381	-27,6225
C12	-48,52773	-27,6333
C13	-48,52496	-27,6408
B14	-48,56522	-27,6007
B15	-48,5393	-27,6207
B16	-48,53489	-27,6344
B17	-48,52983	-27,644
B18	-48,55973	-27,63
B19	-48,60769	-27,638
B20	-48,60256	-27,7163
B21	-48,59309	-27,791
B22	-48,57887	-27,8331

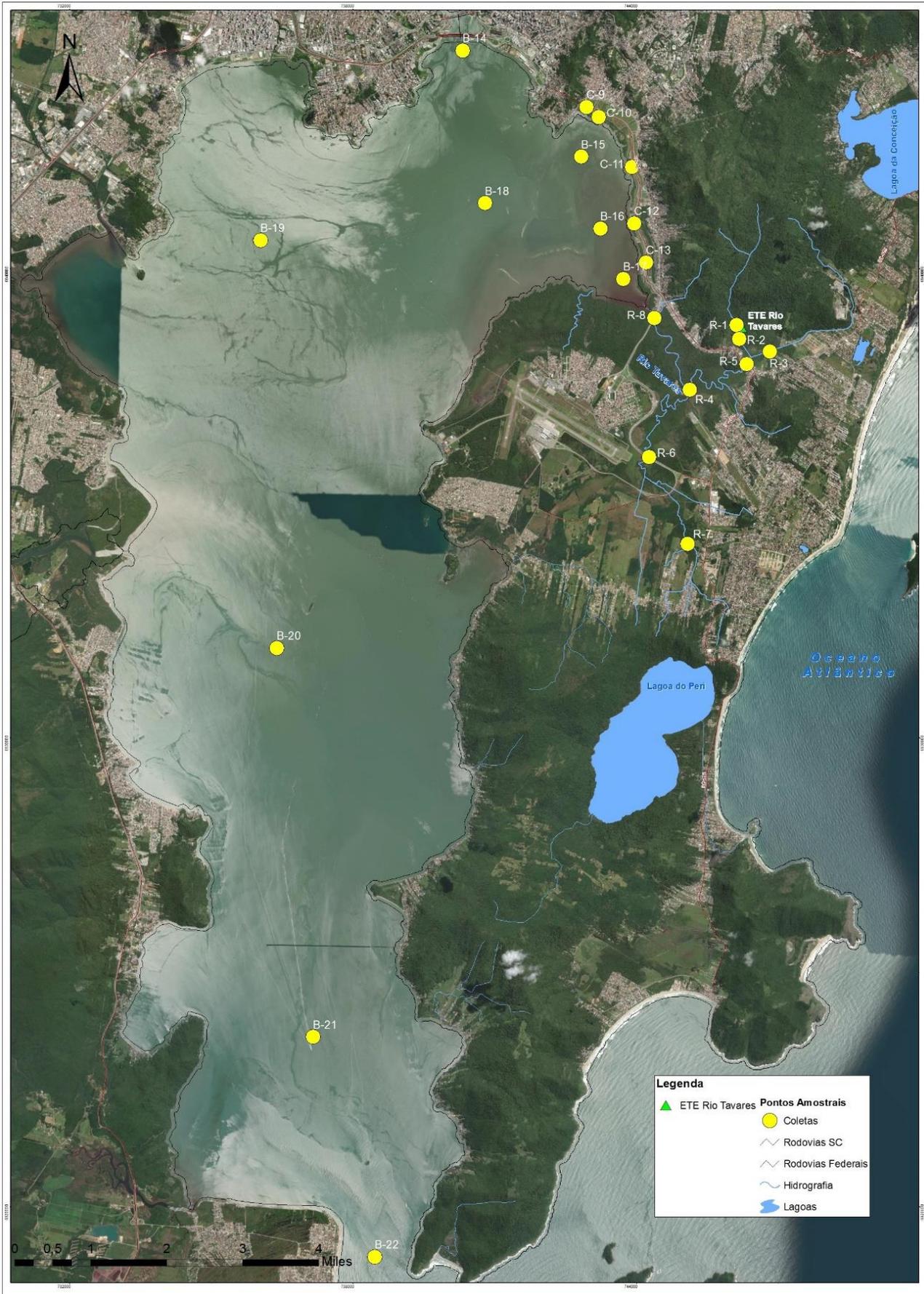


Figura 3 - Localização dos Pontos Amostrais

## 2.2 Escolha dos parâmetros a serem analisados

Os compostos de nitrogênio quando descarregados nas águas juntamente com fósforo tornam o ambiente mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de Eutrofização (CETESB/SP, 2008). Esteves (1998) define esse processo como a dinâmica em que ocorrem profundas modificações tanto qualitativas como quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físico químicas do meio e no nível de produção do sistema, podendo ser considerada uma forma de poluição. Edmondson (1970) comenta que a redução da eutrofização está proporcionalmente ligada a redução das cargas de fósforo em águas doces e Greening e Janicki (2006) e Mallin et al. (2005) tratam a redução das cargas de nitrogênio como principal causa de melhoria para o mesmo problema em águas de sistemas marinhos, entretanto estudos mais recentes sobre restauração em estuários como o de Kemp et al. (2005); Paerl et al. (2006) enfatizam a necessidade de redução de ambos. Somado a eutrofização o fósforo e nitrogênio podem causar a perda de valores estéticos e recreativos formando lodo (sedimentação), exalação de gases, corrosividade e prejuízo na alimentação e sobrevivência das comunidades que vivem da atividade pesqueira na região. Abaixo na Tabela 2 seguem os limites recomendados pela resolução CONAMA 357/2005 para o parâmetro Fósforo Total.

Tabela 2 - Limites para o parâmetro Fósforo Total segundo a Resolução CONAMA 357/2005

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Fósforo total para Águas Salobras	mg/L	0,124	0,186	N.A
Fósforo total para Águas Salinas	mg/L	0,062	0,093	N.A
Fósforo total para Águas doces	mg/L	0,1	0,1	0,15

É importante lembrar que o nitrogênio pode ser encontrado em diversas formas na natureza, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal que são as formas reduzidas e na forma de nitrito e nitrato que são as formas oxidadas. Segundo a (CETESB/SP, 2008) pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas. Isso significa que quando há predominância das formas reduzidas, o foco de poluição está próximo. Entretanto para o presente estudo foi adotado a escolha do parâmetro nitrogênio na forma de nitrato (N-Nitrato) uma vez que esse estado é padrão de potabilidade uma vez que essa substância é uma potencial fonte de contaminação em seres humanos e animais quando fora dos limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005, dispostas na Tabela 3, pois segundo estudos do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo apontam que existe uma toxicidade relacionada a essa forma de nitrogênio e ela pode causar uma doença chamada metahemoglobinemia infantil (síndrome do bebê azul) e até alguns tipos de câncer como por exemplo o linfático e gástrico além da intoxicação crônica em animais.

Tabela 3 - Limites para o parâmetros N-Nitrato segundo a Resolução CONAMA 357/2005

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
N-Nitrato para Águas Salobras	mg/L	0,4	0,7	N.A
N-Nitrato para Águas Salinas	mg/L	0,4	0,7	N.A
N-Nitrato para Águas doces	mg/L	10	10	10

Outro aspecto importante é a determinação potencial de uma água transmitir doenças, que pode ser feita de forma indireta, através de indicadores de contaminação fecal as quais pertencem ao grupo coliformes. Segundo Sperling (1996), coliformes termotolerantes (antigamente coliformes fecais) são um grupo de bactérias indicadoras de organismos oriundos do trato intestinal humano e de animais de sangue quente. A Escherichia Coli, definida por Theodore Escherich também é um indicador de qualidade sanitária, esse indicador também pertence ao grupo coliformes termotolerantes e segundo Silva, et al., 2001 cerca de 95% dos coliformes existentes são E.Coli. A Resolução CONAMA 274/2000 surge com o intuito de serem criados instrumentos de controle e evolução da qualidade e balneabilidade das águas, avaliando parâmetros e indicadores específicos de controle afim de transferir a sociedade informações úteis que garantam a integridade física e biológica de todos. A seguir na Tabela 4 seguem os limites para qualquer tipo de salinidade definidos pela Resolução CONAMA 274/2000 para os parâmetros de Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli.

Tabela 4 - Limites para os parâmetros Col. Termotolerantes e E. Coli definidos pela Resolução CONAMA 274/2000

Parâmetro	Excelente	Muito Boa	Satisfatória	Impróprias
Coliformes (Termotolerantes) UFC/100 mL	250	500	1000	2500
Escherichia coli UFC/100 mL	200	400	800	2000

Além desses foram selecionados os parâmetros de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). As medidas de oxigênio dissolvido são vitais para a preservação e da vida aquática, sua correta manutenção é essencial aos usos recreativos, de lazer e até mesmo estéticos. É de comum acordo a utilização de OD como um parâmetro principal para a avaliação do impacto ambiental proveniente de efluentes orgânicos lançados nos corpos receptores e níveis abaixo de 2mg/L causam hipóxia que por definição é a baixa concentração de oxigênio, podendo ocasionar a morte das comunidades aquáticas. A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água por meio da composição microbiana aeróbica e é um indicador importante da poluição das águas por esgotos e possuem uma relação inversa com os níveis de OD uma vez que o consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática além de produzir sabores e odores desagradáveis e até mesmo causar o entupimento dos filtros utilizados em sistemas de tratamento de água. Posto isso, uma das maneiras de avaliar a poluição orgânica em corpos d'água é através da observação do decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-lo (DBO). Na Tabela 5 seguem os limites definidos pela CONAMA 357/2005 para o parâmetro de Oxigênio Dissolvido e na Tabela 6 seguem os limites de DBO, que é aplicável apenas para as águas doces.

Tabela 5 - Limites para o parâmetro Oxigênio Dissolvido definidos pela Resolução CONAMA 357/2005

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Oxigênio Dissolvido para Águas Salobras	mg/L	5	4	3	N.A
Oxigênio Dissolvido para Águas Salinas	mg/L	6	5	4	N.A
Oxigênio Dissolvido para Águas Doces	mg/L	6	5	4	2

Tabela 6 - Limites para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio definidos pela Resolução CONAMA 357/2005

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
DBO para Águas Salobras	mg/L	N.A	N.A	N.A
DBO para Águas Salinas	mg/L	N.A	N.A	N.A
DBO para Águas Doces	mg/L	3	5	10

### 2.3 Classificação dos Parâmetros

Após definidos os limites, as campanhas foram classificadas seguindo o padrão da Tabela 7, a qual apresenta as cores escolhidas para o zoneamento proposto. Vale lembrar que alguns valores encontrados estão fora da faixa de classificação das Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000, ou seja, ultrapassando os valores máximos permitidos sendo também classificados como águas impróprias. Os resultados obtidos das amostras de laboratório estão apresentados e classificados na Tabela 8 até a Tabela 13. Note que a Tabela 13 apresenta apenas os pontos R1, R2, R6 e R7 uma vez que no restante dos pontos não foi conferido salinidade doce em nenhuma campanha e a DBO apresenta apenas classificação para esse tipo de salinidade.

Tabela 7 - Legenda adotada para Classificação dos Parâmetros Analisados

Conama Resolução 274	Classe			
	Excelente	Muito Boa	Satisfatória	Impróprias

Conama Resolução 357	Classe				Fora da Faixa Impróprias
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	

Tabela 8 - Classificação do Parâmetro Fósforo Total

Ponto	Fósforo Total - mg/L			
	1º Campanha	2º Campanha	3º Campanha	4º Campanha
R1	0,230	<0,030	0,362	<0,030
R2	0,320	0,061	0,759	<0,030
R3	0,290	0,140	0,739	<0,030
R4	0,290	0,336	0,93	0,099
R5	0,30	0,46	0,948	<0,030
R6	0,40	0,222	0,906	<0,030
R7	0,420	0,396	0,687	<0,03
R8	<0,030	0,443	0,678	<0,030
C9	1,80	1,216	1,596	0,056
C10	0,330	0,567	1,026	<0,030
C11	0,370	0,597	2,31	0,06
C12	0,330	0,369	0,174	0,071
C13	0,30	0,313	0,104	0,069
B14	0,250	0,274	0,503	<0,030
B15	0,310	0,290	0,83	<0,030
B16	0,190	0,186	<0,030	<0,030
B17	0,250	0,110	0,634	0,092
B18	0,270	0,354	<0,030	0,093
B19	0,250	0,214	0,901	0,063
B20	0,260	<0,030	<0,030	<0,030
B21	0,240	0,040	<0,030	<0,030
B22	0,190	0,330	0,521	<0,030

Tabela 9 - Classificação do Parâmetro N-Nitrato

Ponto	N - Nitrato - mg/L			
	1º Campanha	2º Campanha	3º Campanha	4º Campanha
R1	<2,5	0,6	0,6	0,8
R2	<2,5	0,5	<0,4	0,6
R3	<0,4	1,3	9,2	3,2
R4	<0,4	0,8	0,4	2,9
R5	<0,4	0,8	0,4	2,4
R6	<0,4	0,4	<0,4	1,2
R7	<2,5	0,7	<0,4	<0,4
R8	<0,4	2,5	2,5	2,1
C9	<0,4	3,5	1,8	1,3
C10	<0,4	1	1,2	2,4
C11	<0,4	1,4	2,2	2,9
C12	<0,4	2,4	3,6	2,2
C13	<0,4	3	2,6	1,7
B14	<0,4	2,2	1,5	2,2
B15	<0,4	2,8	1,9	2,5
B16	<0,4	1	0,5	2,2
B17	<0,4	<0,4	1	1,6
B18	<0,4	2,9	<0,4	2,5
B19	<0,4	2,9	2,4	1,8

Ponto	N - Nitrato - mg/L			
	1º Campanha	2º Campanha	3º Campanha	4º Campanha
B20	<0,4	2,4	1,5	2,9
B21	<0,4	0,9	1,5	1,8
B2	<0,4	1,4	1,2	1,9

Tabela 10 - Classificação do Parâmetro Coliformes Termotolerantes

Ponto	Coliformes Termotolerantes			
	1º Campanha	2º Campanha	3º Campanha	4º Campanha
R1	7500	2	8500	7000
R2	7100	4	10000	90000
R3	21000	14	9100	7500
R4	3100	14	6300	600
R5	16000	66	1300	180000
R6	17000	27	6500	6200
R7	1300	33	4800	300
R8	2000	40	280000	2200
C9	7000000	120	800000	220000
C10	900	340	710000	70000
C11	2200	250	68000000	20000
C12	7100	31	9400	3200
C13	1000	100	3400	2000
B14	500	250	200	500
B15	700	90	200	100
B16	200	<1,0	500	600
B17	100	5	1100	1400
B18	13000	34	100	200
B19	300	<1,0	700	400
B20	700	<1,0	25	<1
B21	200	<1,0	46	<1
B22	400	<1,0	42	<1

Tabela 11 - Classificação para o Parâmetro Escherichia Coli

Ponto	Escherichia Coli			
	1º Campanha	2º Campanha	3º Campanha	4º Campanha
R1	200	<1,0	300	5900
R2	800	<1,0	1100	10000
R3	3000	<1,0	200	3200
R4	200	<1,0	1200	100
R5	200	<1,0	4500	700
R6	400	<1,0	2400	200
R7	900	<1,0	200	100
R8	300	1	20000	1200
C9	320000	12	60000	110000
C10	200	94	150000	40000
C11	100	<1,0	28000000	100
C12	200	3	2900	800
C13	800	16	400	400

Ponto	Escherichia Coli			
	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
B14	100	2	<1,0	100
B15	700	1	100	<1
B16	100	<1,0	<1,0	100
B17	40	2,0	<1,0	<1
B18	580	<1,0	1	50
B19	100	<1,0	300	100
B20	400	<1,0	7	<1
B21	100	<1,0	3	<1
B22	100	<1,0	4	<1

Tabela 12 - Classificação para o Parâmetro Oxigênio Dissolvido

Ponto	Oxigênio Dissolvido - mg/L			
	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
R1	9,1	7,97	8,33	9,63
R2	7,63	5,77	6,36	3,59
R3	4,01	1,38	1,59	3,61
R4	4,28	1,29	1,96	7,94
R5	1,67	0,72	0	2,28
R6	1,07	0,58	0,59	1,82
R7	2,01	7,13	1,62	3,38
R8	6,76	3,65	3,51	7,98
C9	2,9	1,18	2,52	5,94
C10	6,66	2,79	2,03	7,03
C11	7,04	1,69	2,88	6,24
C12	7,21	2,44	5,37	7,38
C13	7,17	2,81	5,86	8,51
B14	7,76	6,48	7,05	8,28
B15	7,99	6,56	6,78	8,58
B16	8,32	6,97	6,45	8,27
B17	8,14	6,59	5,65	8,1
B18	7,81	6,69	6,61	8,8
B19	7,92	7,23	7,02	8,47
B20	8,03	6,69	7,02	8,21
B21	7,77	6,95	7,23	8,2
B22	7,6	7,51	7,18	8,28

Tabela 13 - Classificação para o Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio

Ponto	Demanda Bioquímica de Oxigênio - mg/L			
	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
R1	3,5	<3,0	<3,0	<3,0
R2	4,4	<3,0	12,8	NA
R6	NA	<3,0	26,4	NA
R7	6	5,2	3,3	3,7

## 2.4 Classificação da Salinidade

A salinidade mede a quantidade de sais dissolvidos nas águas, e também foi classificada conforme as diretrizes da Resolução CONAMA 357/2005 a qual aponta os seguintes limites:

- I – águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- II – águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30‰;
- III – águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰;

Dessa forma, as amostras foram classificadas conforme a Tabela 14

Tabela 14 – Salinidade dos pontos ao longo das 4 campanhas conforme Resolução CONAMA 357/2005

	Doce	Salobra	Salina
1º Campanha	R1, R2 e R7	R3, R4, R5, R6, R8, C9, C10, C11, C12, C13, B14, B15, B16, B17, B18, B19, B20	B21 e B22
2º Campanha	R1, R2, R6 e R7	R3, R4, R5, R8, C9, C10, C11, C12, C13, B14, B15, B16, B17, B19, B20, B21 e B22	B18
3º Campanha	R1, R2, R6, R7	R3, R4, R5, R8, C9, C10, C11, C12, C13, B16, B17 e B19	B14, B15, B18, B20, B21 e B22
4º Campanha	R1 e R7	R2, R3, R5 e R6	R4, R8, C9, C10, C11, C12, C13, B14, B15, B16, B17, B18, B19, B20, B21, B22

## 2.4 Geração dos mapas de zoneamento

Para que a interpolação fosse possível através das classes, os dados foram inseridos em outra tabela, só que dessa vez o valor em cada célula se tornou o número da classe, e o problema dos valores devido a salinidade fosse resolvido. Após a importação para o software ArcGis, foi criado um contorno em volta do estuário e do Rio Tavares e aplicado o método de interpolação pela ponderação do inverso da distância (IDW), a qual atribui pesos ponderados aos pontos amostrais, de modo que a influência de um ponto sobre o outro diminua com a distância do novo ponto a ser estimado e a ponderação adotada para o presente estudo foi a padrão do software.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Fósforo Total

De modo geral, as concentrações de fósforo variaram bastante tanto entre pontos como entre campanhas em um mesmo ponto monitorado. Na primeira campanha como podemos observar na Figura 4, apenas o ponto R8 apresentou valores de Classe 1, o restante todos valores fora da faixa de classificação, como podemos ver na Tabela 8, indicando um alto nível de poluição. Para as outras 2 campanhas, dispostas nas Figuras 5, Figura 6 podemos verificar uma semelhança na qualidade onde os rios e os canais apresentaram em sua maioria resultados fora da faixa de classificação e apenas os pontos B16, B20 e B21 apresentaram níveis adequados nas Campanhas 2, 3 e 4. Para os pontos em rios as menores concentrações foram verificadas na última coleta. Nesta campanha, disposta na Figura 7, os pontos em rios apresentaram valores de fósforo característicos de Classe 1, exceto o ponto R4 cuja concentração do parâmetro ficou fora da faixa de classificação. Nos pontos em canais, os melhores resultados em termos de fósforo foram verificados na última campanha na qual C9, C10 e C11 apresentaram concentrações de Classe 1 e C12 e C13 concentrações de Classe 2. De maneira geral, em 60% dos casos o parâmetro esteve fora da faixa de classificação, significando que os níveis de qualidade e balneabilidade estão bem distantes dos desejáveis.

### **3.2 N-Nitrato**

O nitrogênio na forma de nitrato apresentou classe 1 em todos os pontos da primeira campanha como podemos ver na Figura 8, nas demais campanhas como podemos ver na Figura 9, Figura 10 e Figura 11 as concentrações sobem ao nível de ficarem fora da faixa de classificação, especialmente nos pontos localizados nos canais de drenagem e no estuário. Apenas os pontos R7 e R6 apresentaram bons níveis ao longo das 4 campanhas. Se analisarmos de forma global, em 55% dos casos os valores estiveram fora da faixa de classificação o que corrobora com a qualidade do parâmetro Fósforo Total, evidenciando que as ocupações das margens, densidade populacional e a não existência de uma rede de esgoto adequada contribuem para a contaminação do ambiente através da disposição inadequada dos efluentes domésticos.

### **3.3 Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli**

Os resultados de Coliformes Termotolerantes, assim como o de Escherichia Coli posteriormente apresentados da Figura 12 a Figura 19, apresentaram um comportamento semelhante entre as campanhas. As concentrações mais baixas desses dois parâmetros foram observadas durante a campanha 2 destoando e muito com o restante, para tal fenômeno podemos elencar algumas hipóteses como por exemplo a influência das correntes marítimas presentes no estuário; a possibilidade de chuva em momentos que precederam a coleta e com isso a diluição da concentração desses parâmetros; ou até mesmo inconsistência dos dados laboratoriais.

Em relação ao restante das campanhas, todos os pontos em rios e canais, com exceção do ponto C13, apresentaram em no mínimo uma campanha valores muito elevados, sendo as águas classificadas como impróprias para banho. As campanhas 3 e 4 foram realizadas, respectivamente, no outono e no inverno, podendo representar os efeitos do verão, principalmente do aumento da população (veraneio), sobre a qualidade das águas. Na baía sul, apenas o ponto B18 apresentou balneabilidade imprópria com relação ao parâmetro Coliformes, os outros pontos do estuário foram classificados como Excelente, Muito Boa ou Satisfatória para banho, provavelmente pelo efeito de diluição, pela adversidade representada pela maior salinidade e pelo próprio decaimento natural da concentração dos microrganismos.

### **3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido e**

A classificação do parâmetro DBO apenas para águas doces de forma que, nas quatro campanhas realizadas, foram classificadas apenas os trechos dos rios. O ponto R-1 foi o que apresentou maior qualidade em relação ao parâmetro DBO, com uma amostra em Classe II (primeira campanha) e Classe I nas outras três amostras, o pior resultado foi verificado na terceira campanha do R6 em que a DBO ultrapassou os 20 mg/L de O<sub>2</sub>. Valores superiores ao deste ponto foram verificados em amostras coletadas em outros pontos, porém, de águas salobras e, portanto, sem classificação pela Resolução Conama N° 357/2005.

Em relação aos níveis de Oxigênio Dissolvido, todos os pontos do estuário apresentaram boa classificação em todas as amostras coletadas. Os piores resultados foram encontrados nos pontos R5 e R6, fora da faixa de classificação em todas as amostras coletadas. De maneira geral, analisando a Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23 os níveis de OD estiveram ruins em 21 das 88 amostras (abaixo de classe 3 ou classe 4) mostrando que a presença de matéria orgânica oriunda da poluição que o ser humano causa é traduzida nesses resultados. Em alguns casos, porém, mesmo com a presença de matéria orgânica, os níveis de Oxigênio foram elevados, como podemos ver no ponto R2 da Figura 22, isso pode ser explicado pelo processo natural de aeração dos rios, presença de algas e saturação de oxigênio.

Quando comparamos os resultados de DBO fora da faixa de classificação com os resultados de OD como por exemplo no ponto R6, verificamos que o alto valor de DBO e o baixo valor de Oxigênio Dissolvido indica que o corpo hídrico não está conseguindo absorver e depurar de forma aeróbia a elevada carga orgânica a qual ele está recebendo. No ponto R2 na campanha 3 observamos um elevado nível de DBO (Tabela 13) e um bom nível de OD (Tabela 12), entretanto esse efeito desses dois parâmetros elevados podem ofuscar a correta avaliação do grau de poluição uma vez que concentrações elevadas de OD podem facilmente aparecer em águas eutrofizadas o que caracteriza uma situação de supersaturação. Isso ocorre principalmente em lagos e rios com baixo fluxo de água, podendo até formar crostas verdes de algas na superfície.

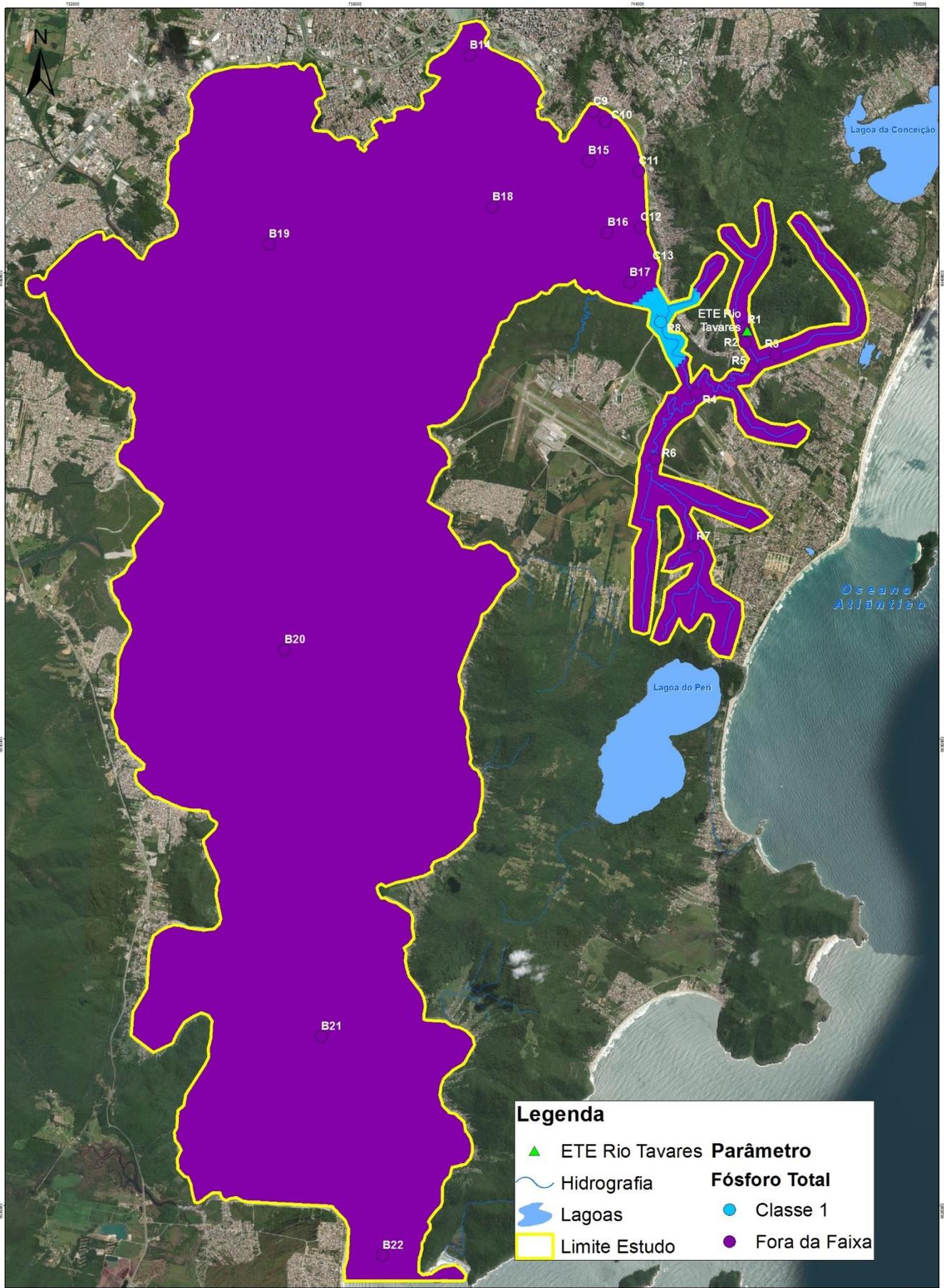


Figura 4 - Zoneamento do Parâmetro Fósforo Total Campanha 1

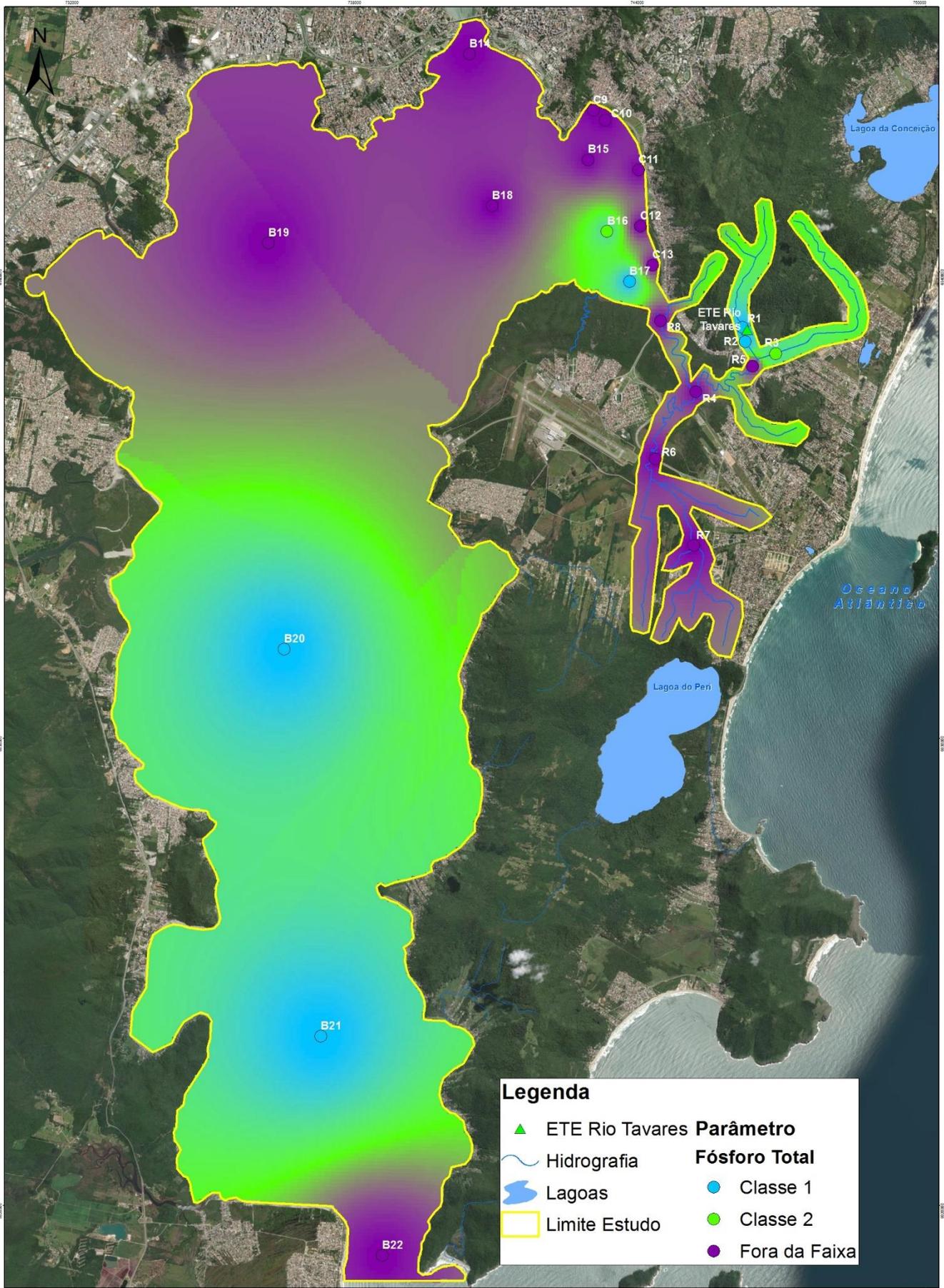


Figura 5 - Zoneamento do Parâmetro Fósforo Total Campanha 2

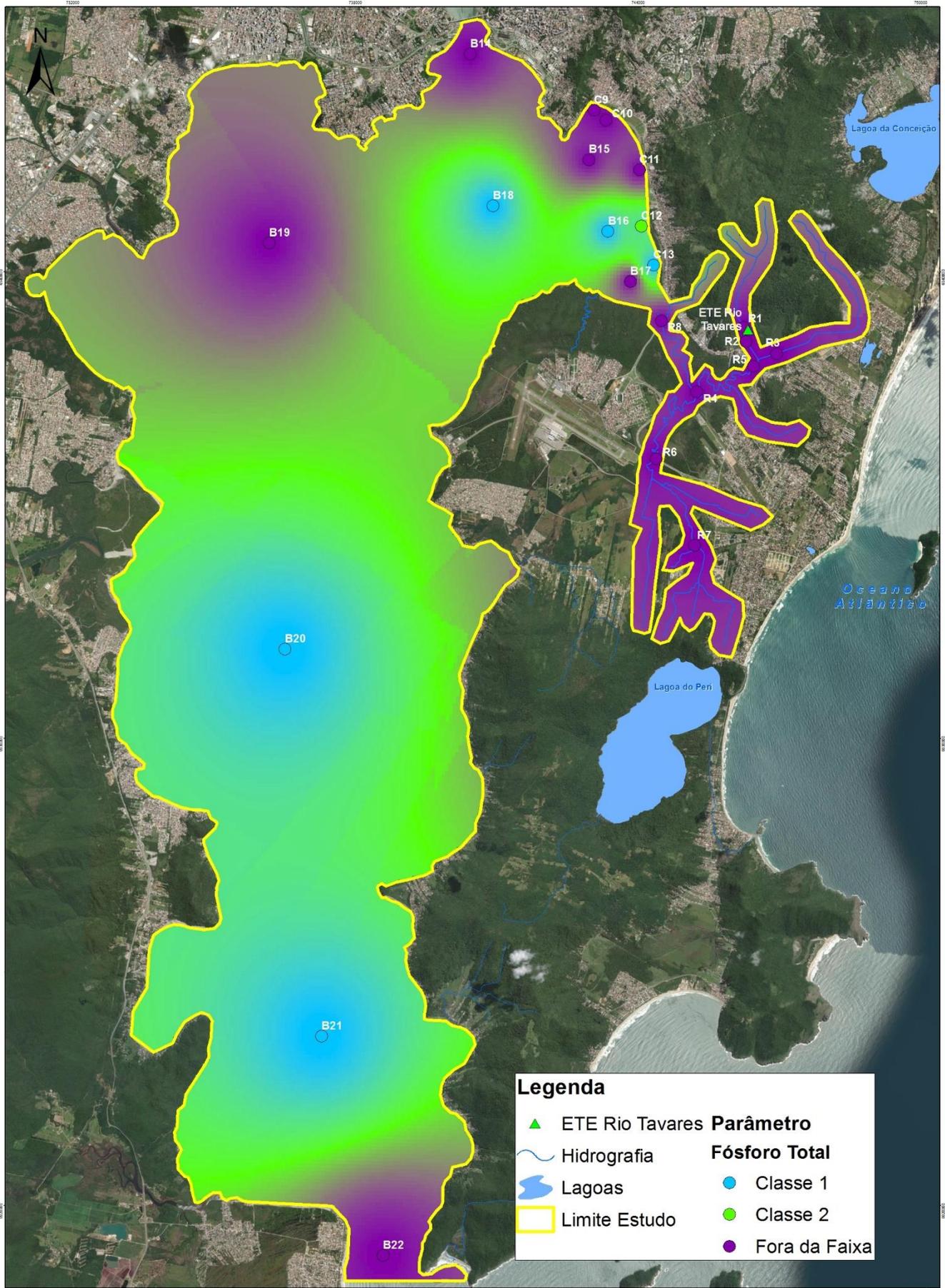


Figura 6 - Zoneamento do Parâmetro Fósforo Total Campanha 3

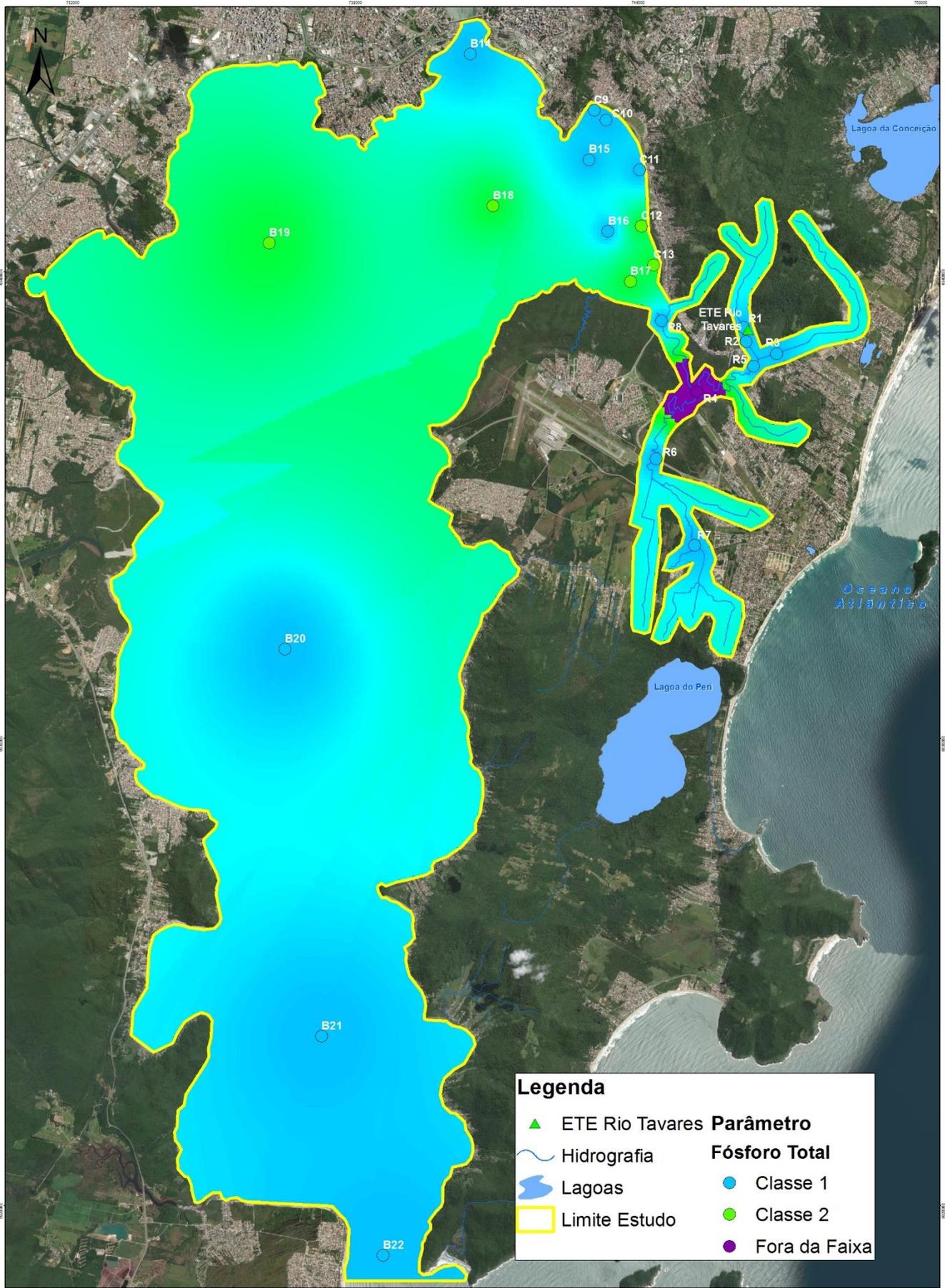


Figura 7 - Zoneamento do Parâmetro Fósforo Total Campanha 4

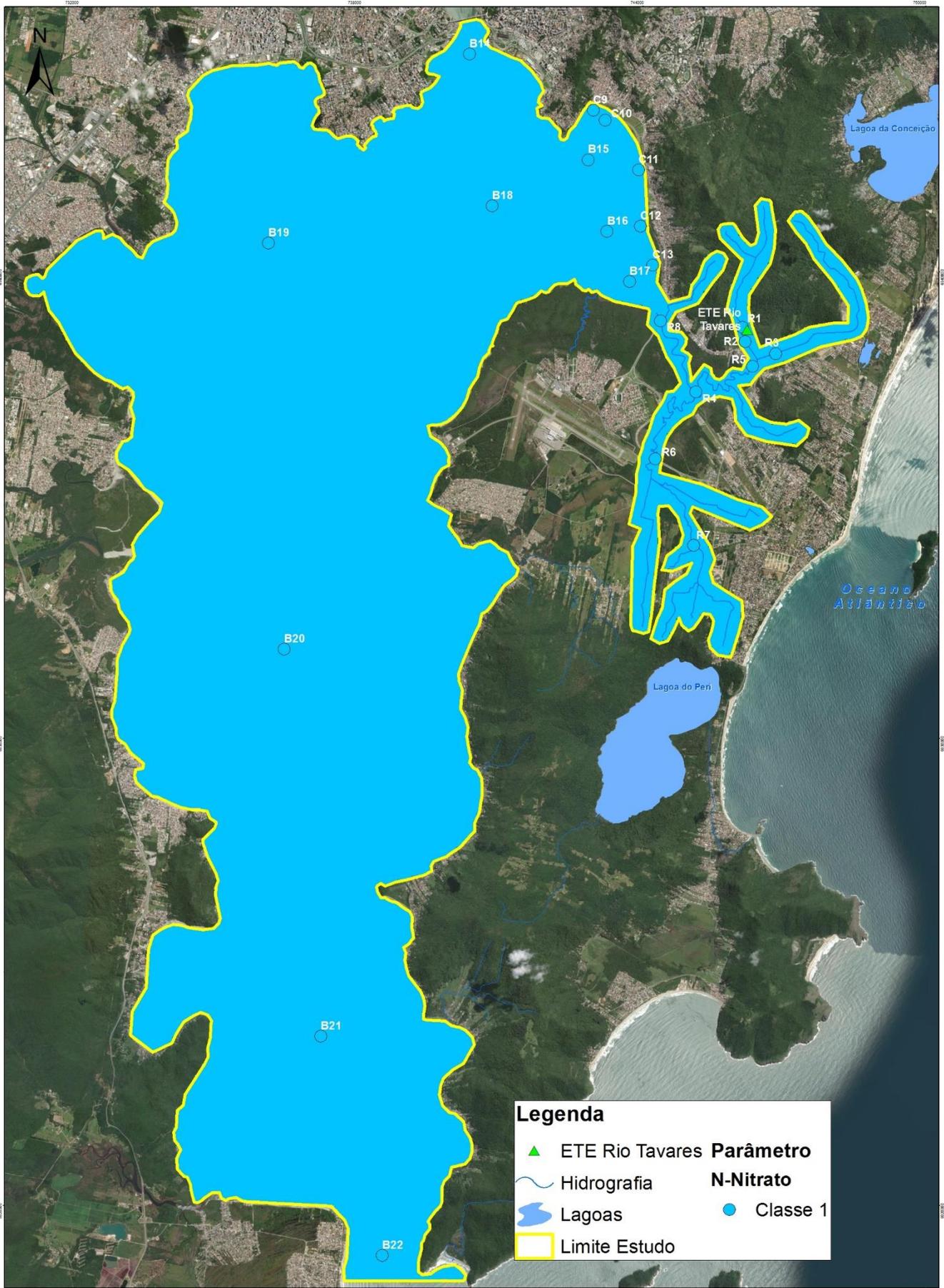


Figura 8 - Zoneamento do Parâmetro N-Nitrato Campanha 1

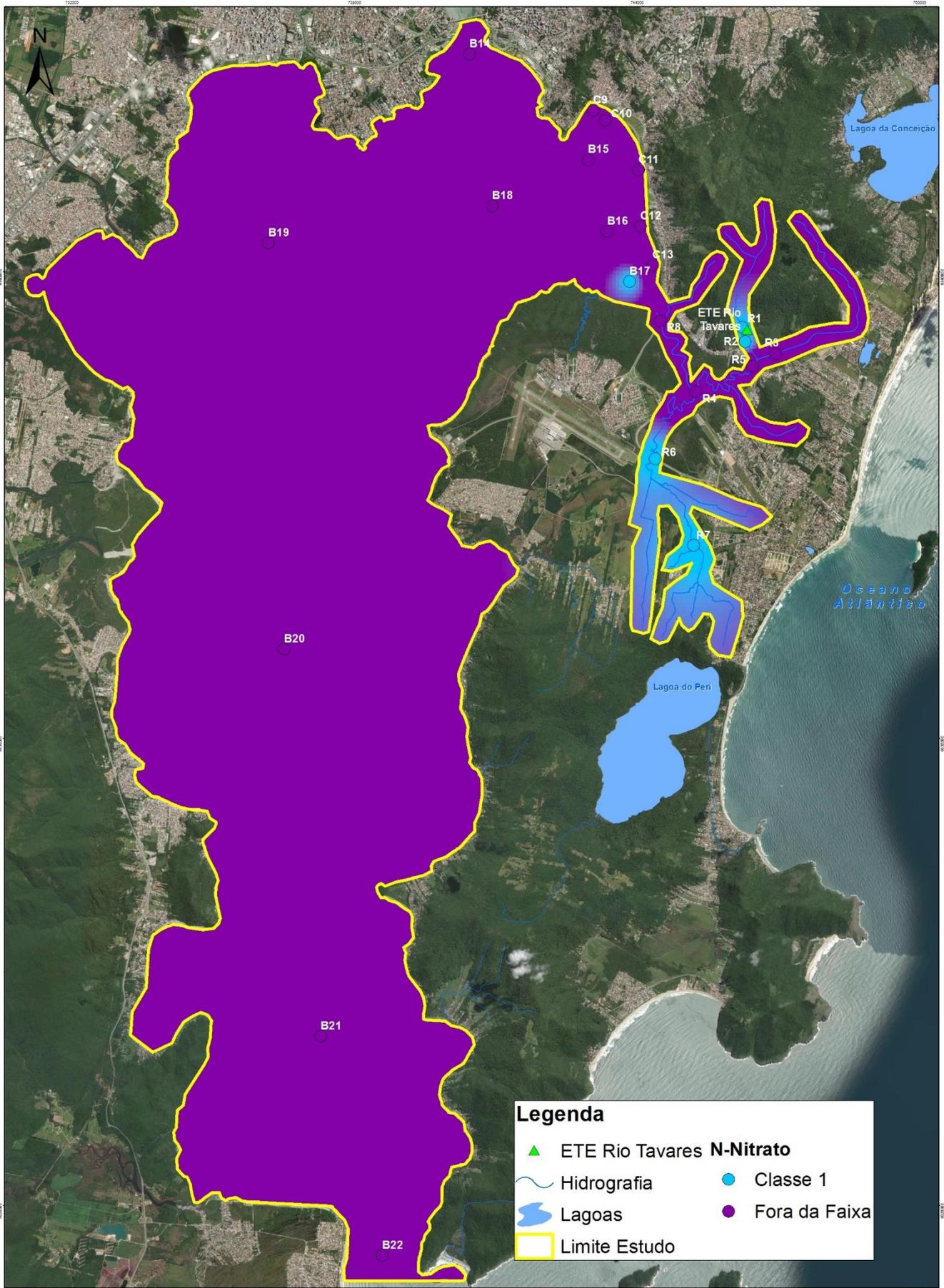


Figura 9 - Zoneamento do Parâmetro N-Nitrato Campanha 2

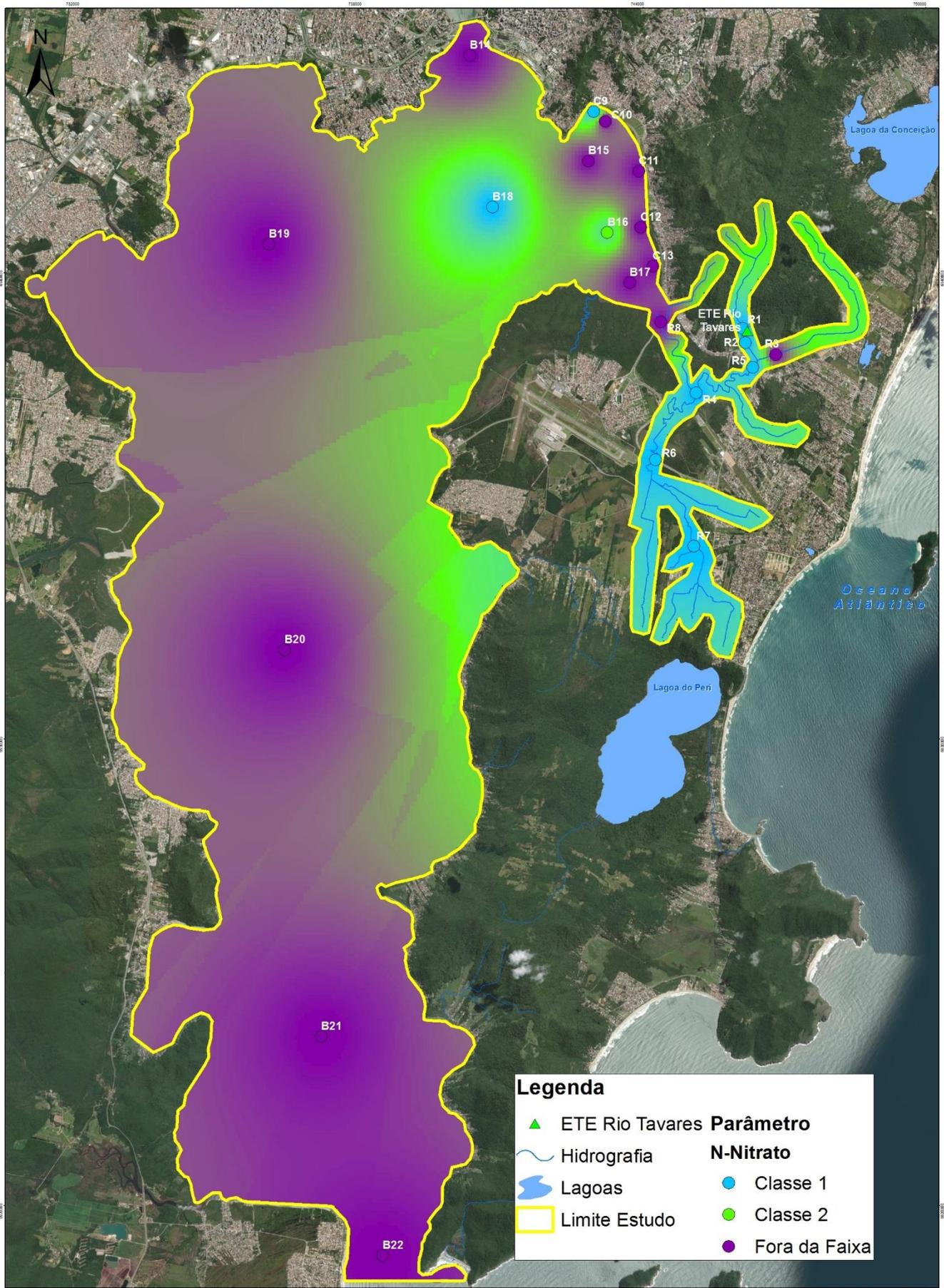


Figura 10 - Zoneamento do Parâmetro N-Nitrato Campanha 3

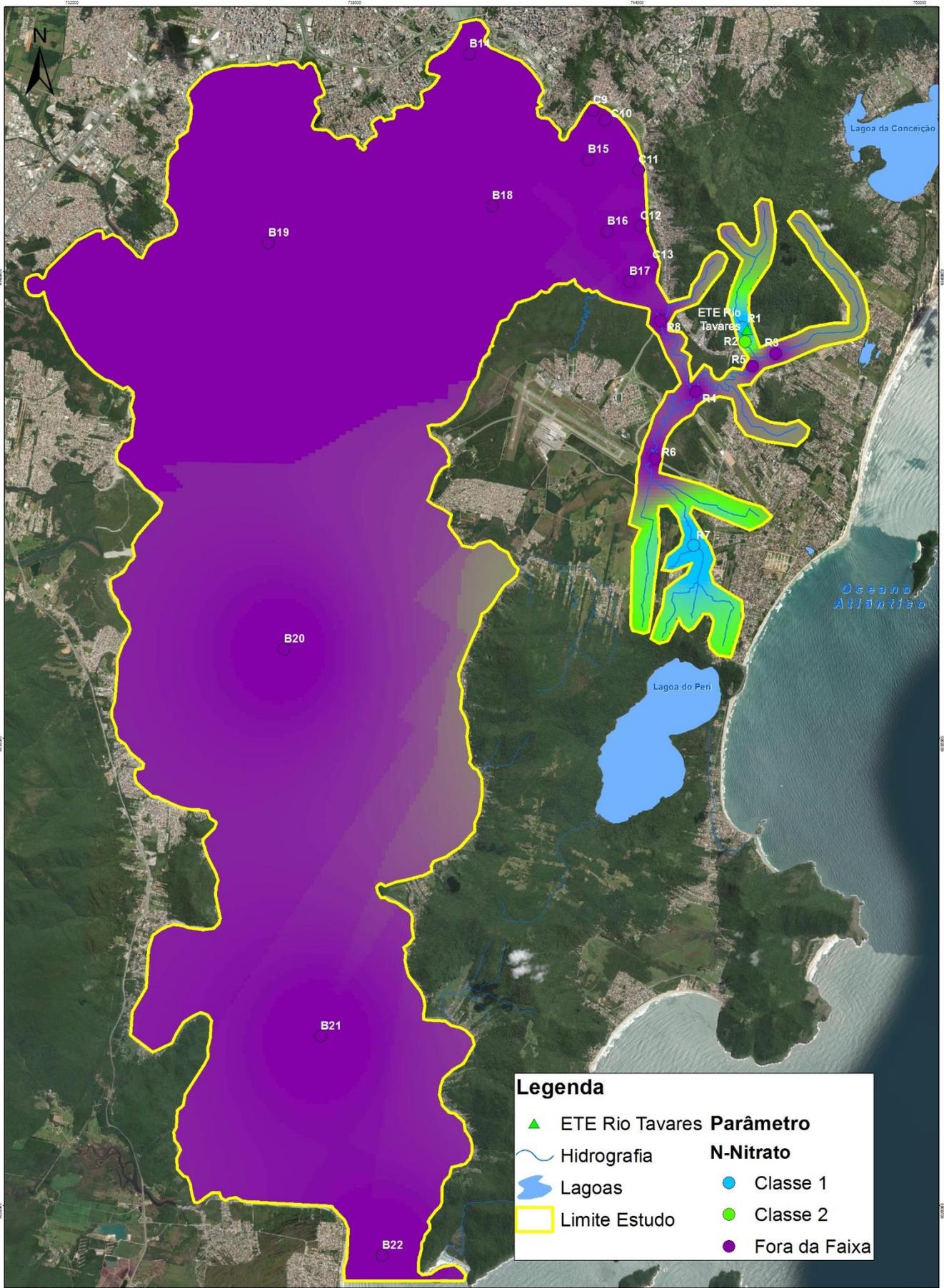


Figura 11 - Zoneamento do Parâmetro N-Nitrato Campanha 4

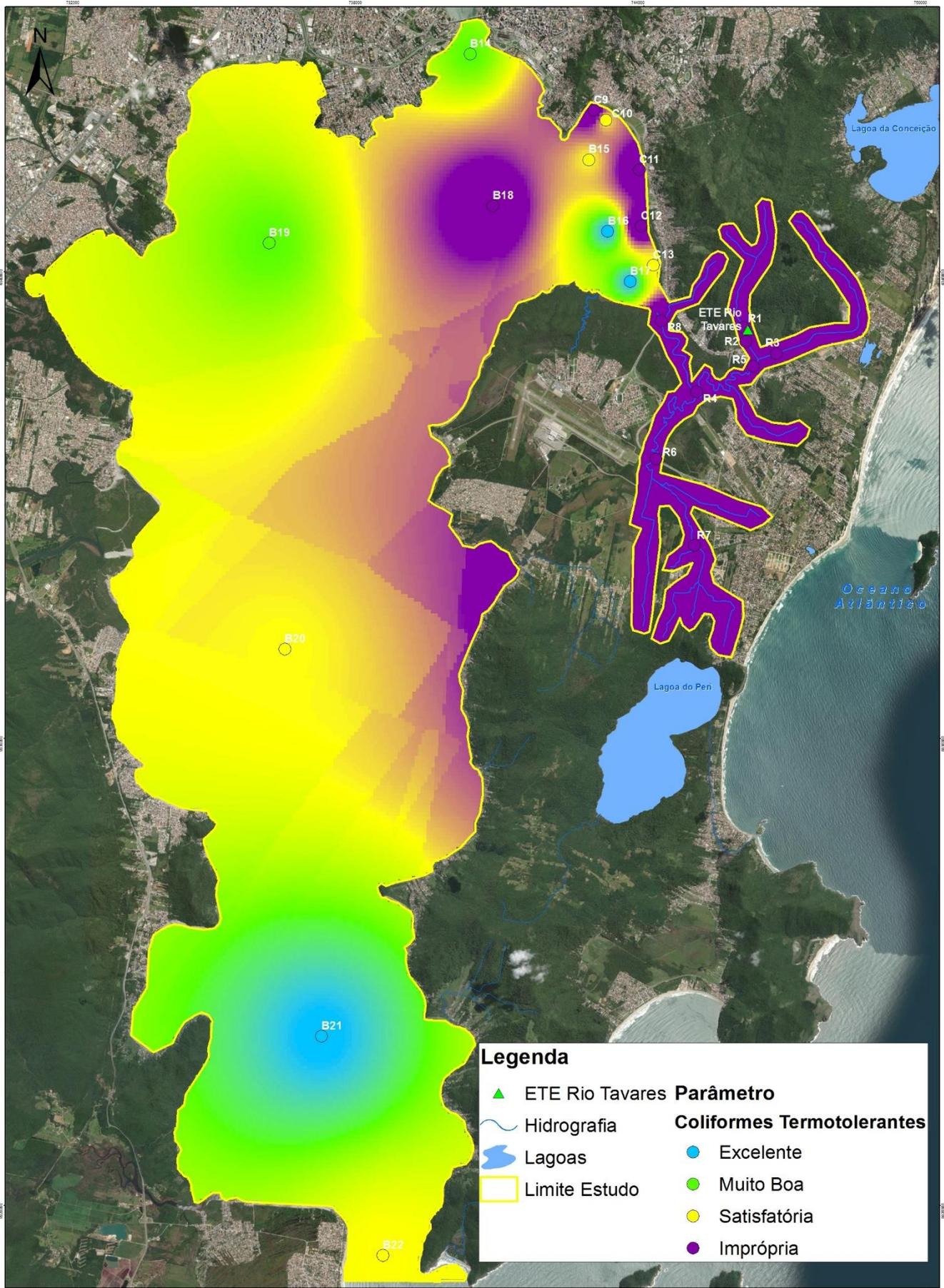


Figura 12 - Zoneamento do Parâmetro Coliformes Termotolerantes Campanha 1

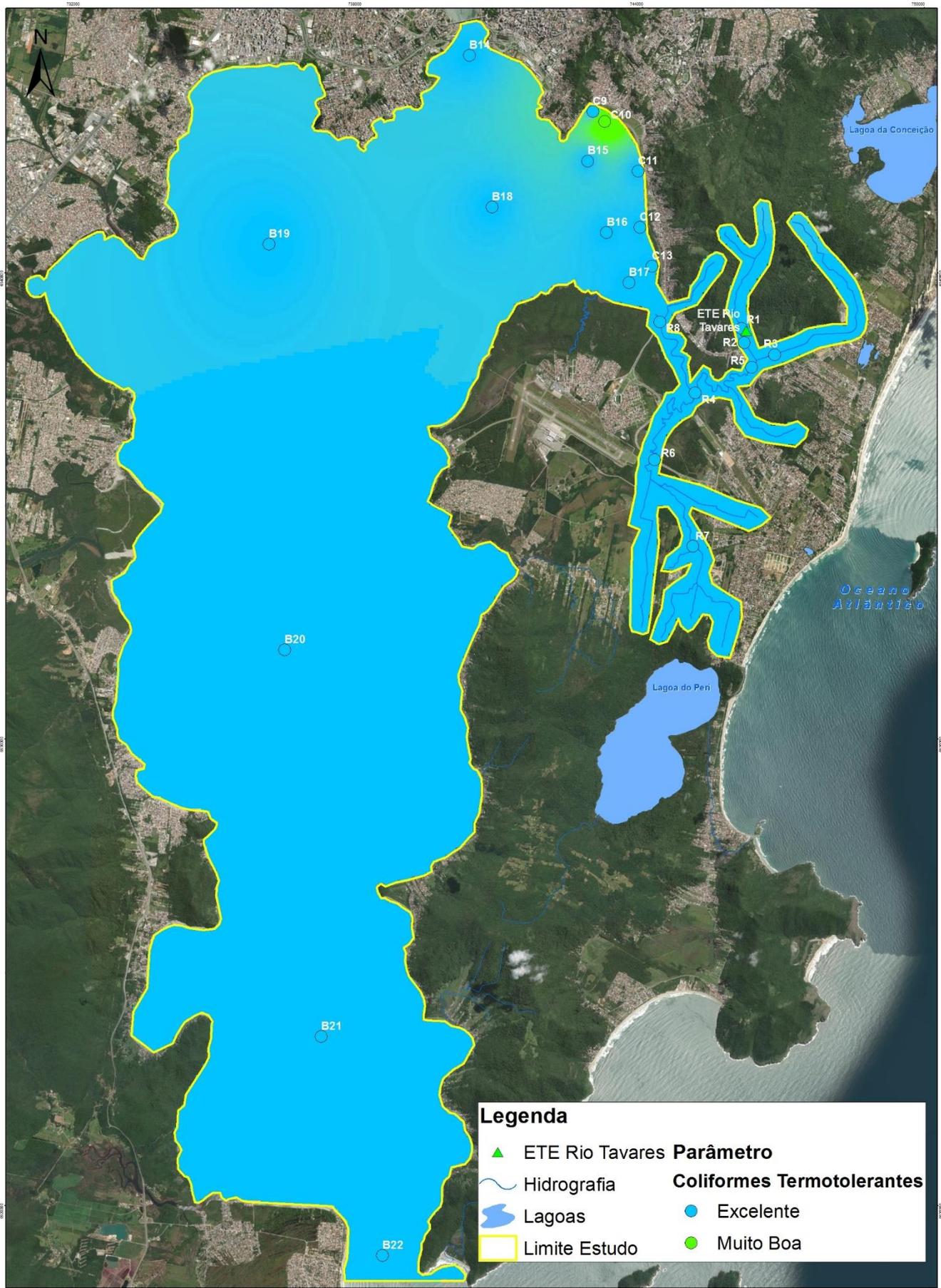


Figura 13 - Zoneamento do Parâmetro Coliformes Termotolerantes Campanha 2

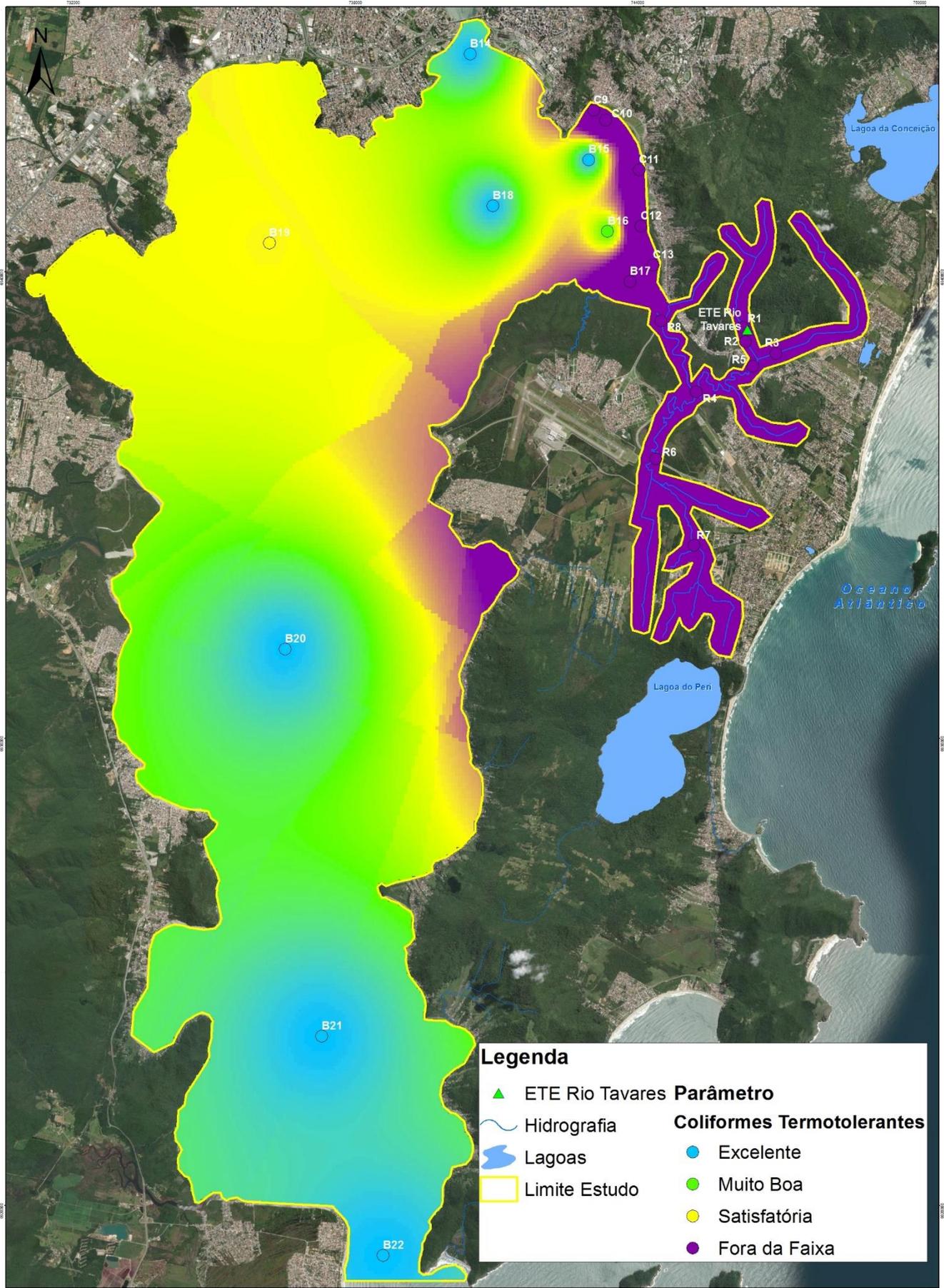


Figura 14 - Zoneamento do Parâmetro Coliformes Termotolerantes Campanha 3

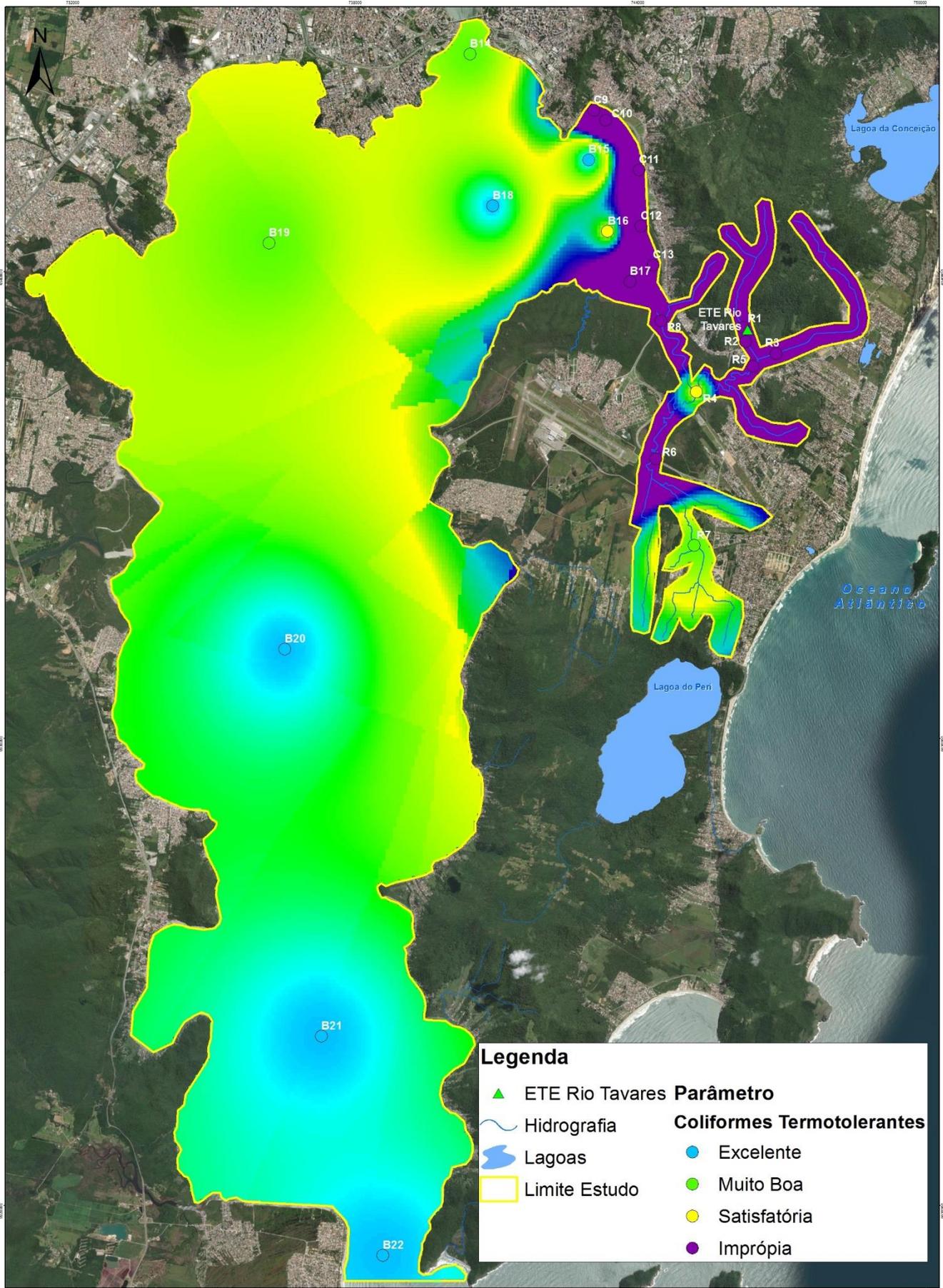


Figura 15 - Zoneamento do Parâmetro Coliformes Termotolerantes Campanha 4

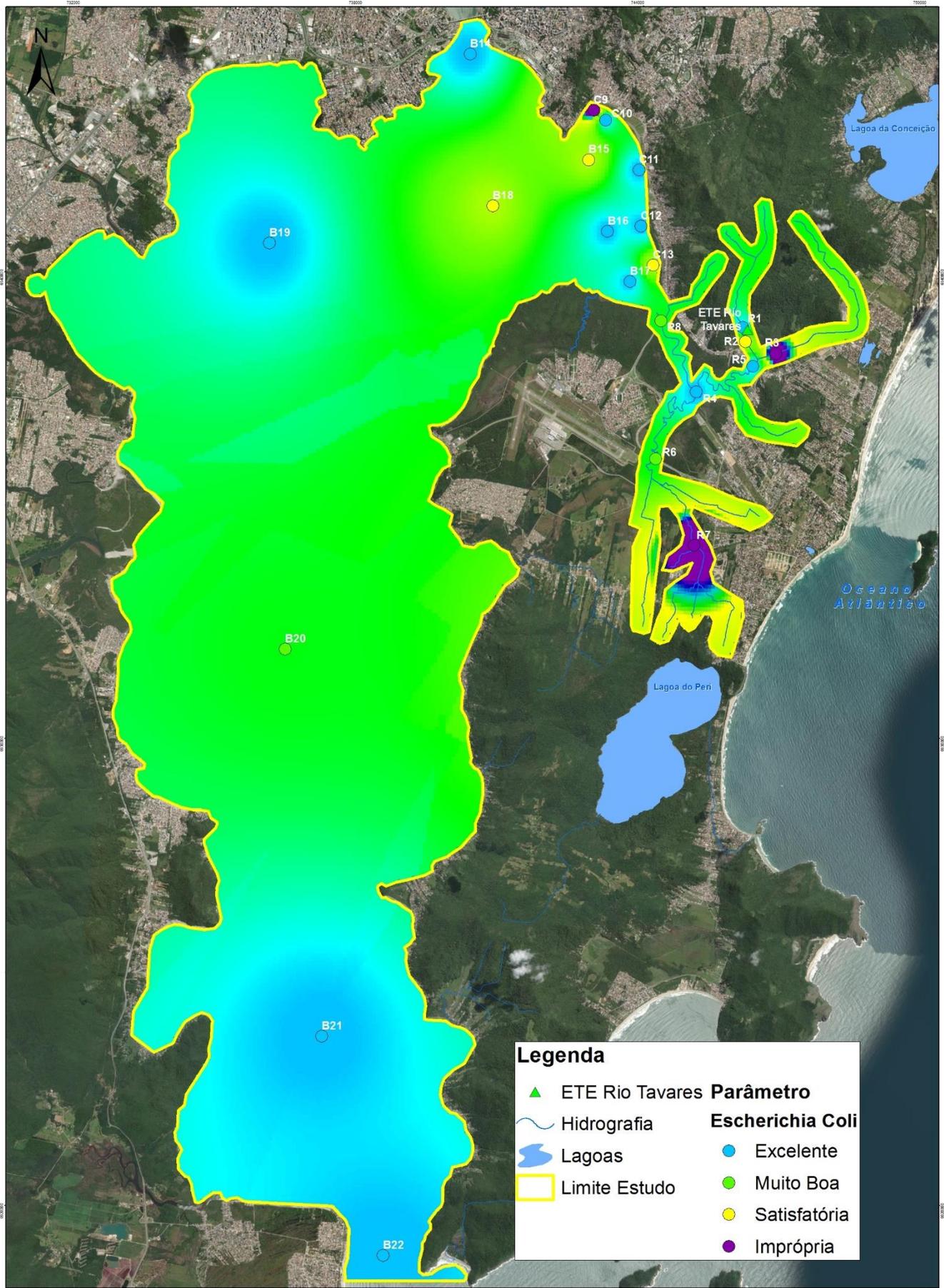


Figura 16 - Zoneamento do Parâmetro Escherichia Coli Campanha 1

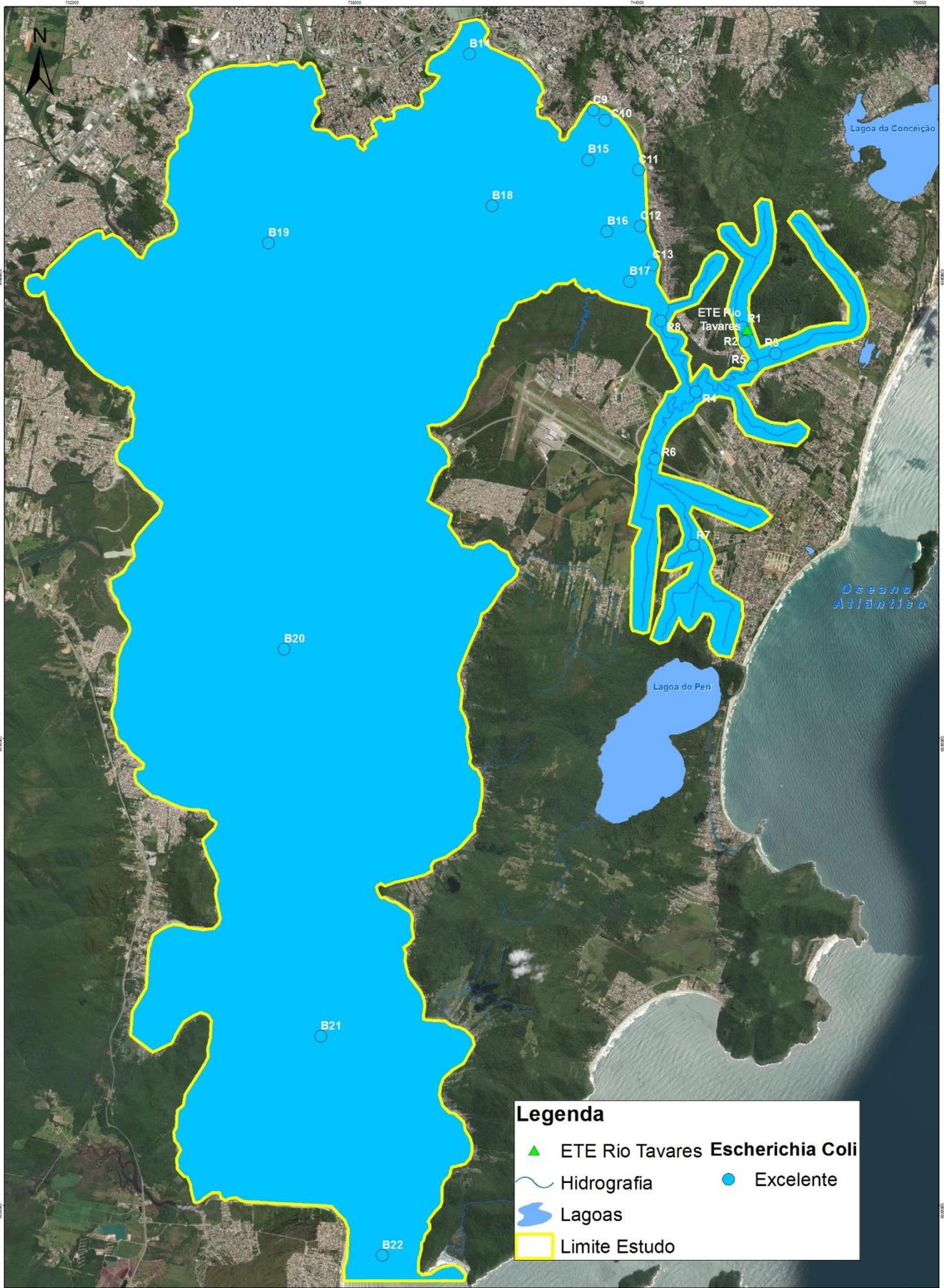


Figura 17 - Zoneamento do Parâmetro Escherichia Coli Campanha 2

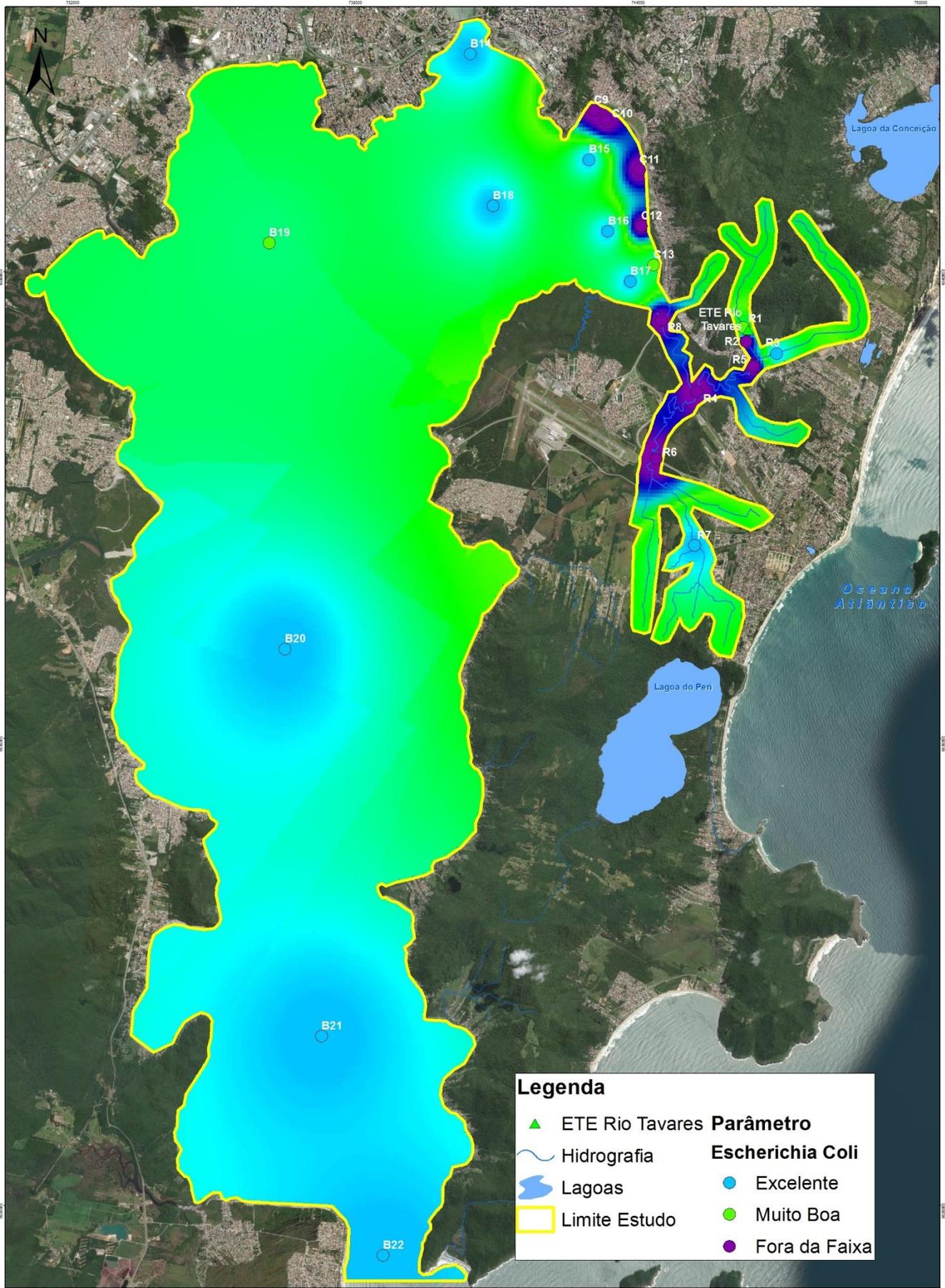


Figura 18 - Zoneamento do Parâmetro Escherichia Coli Campanha 3

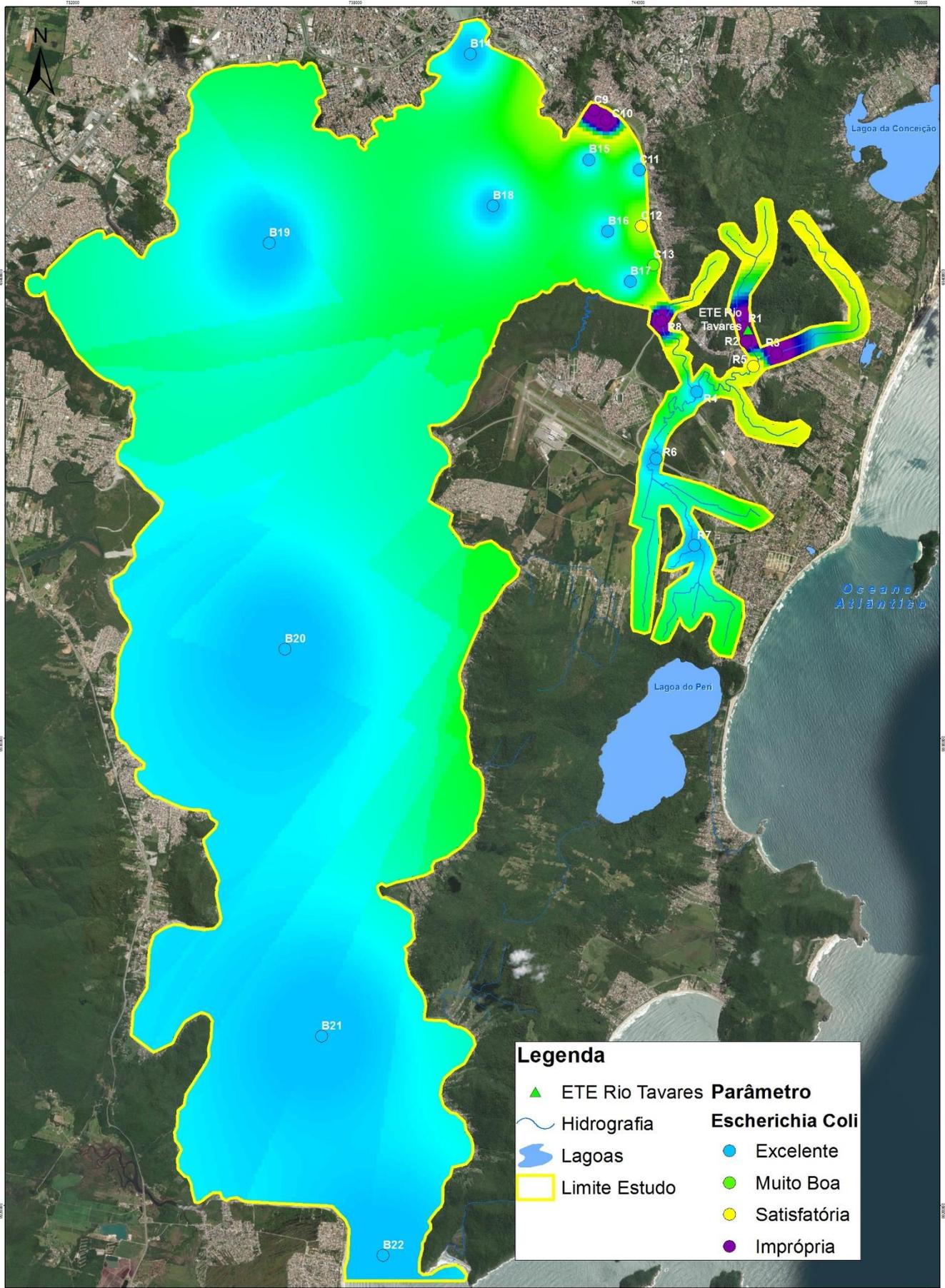


Figura 19 - Zoneamento do Parâmetro Escherichia Coli Campanha 4

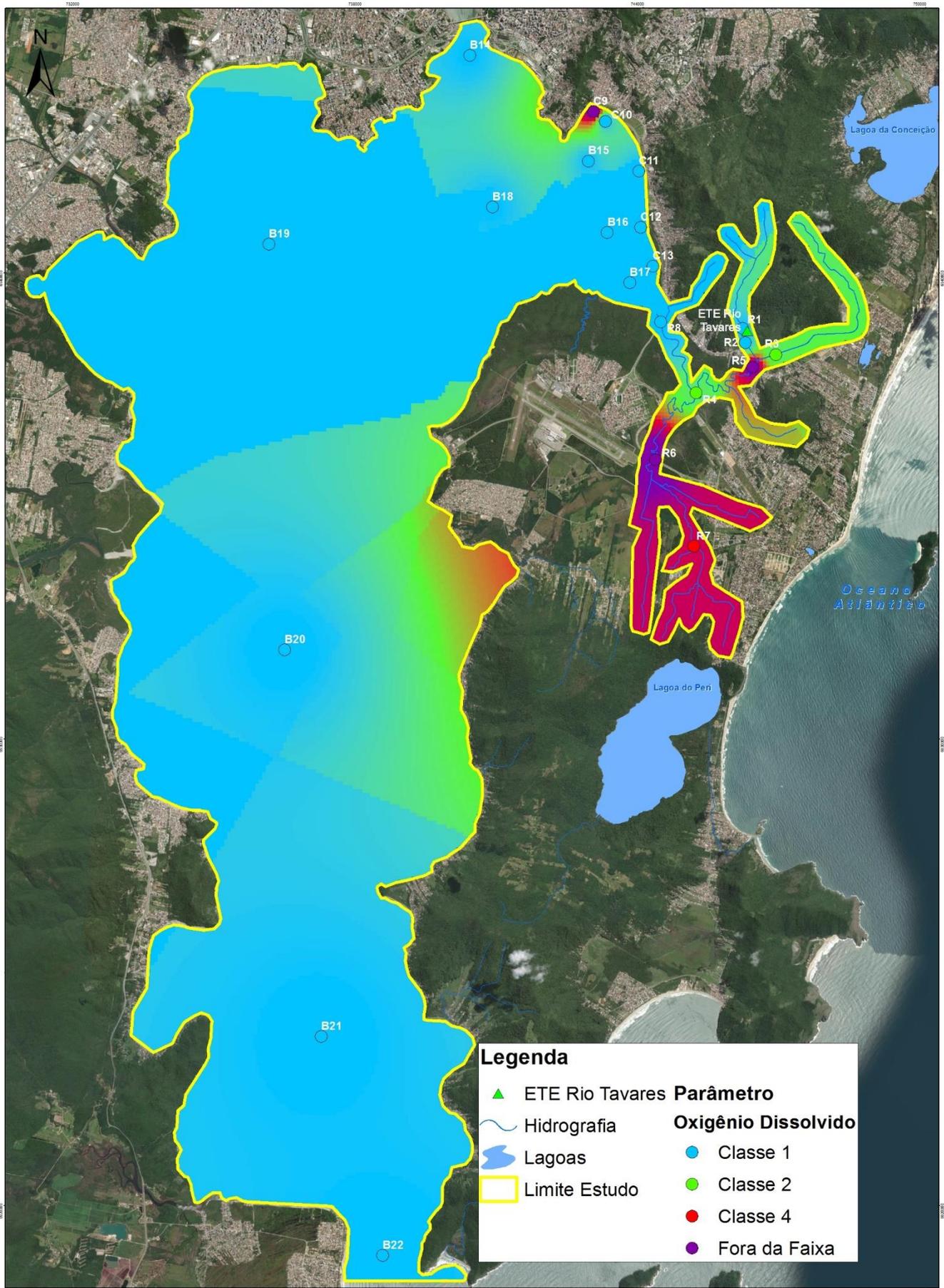


Figura 20 - Zoneamento do Parâmetro Oxigênio Dissolvido Campanha 1

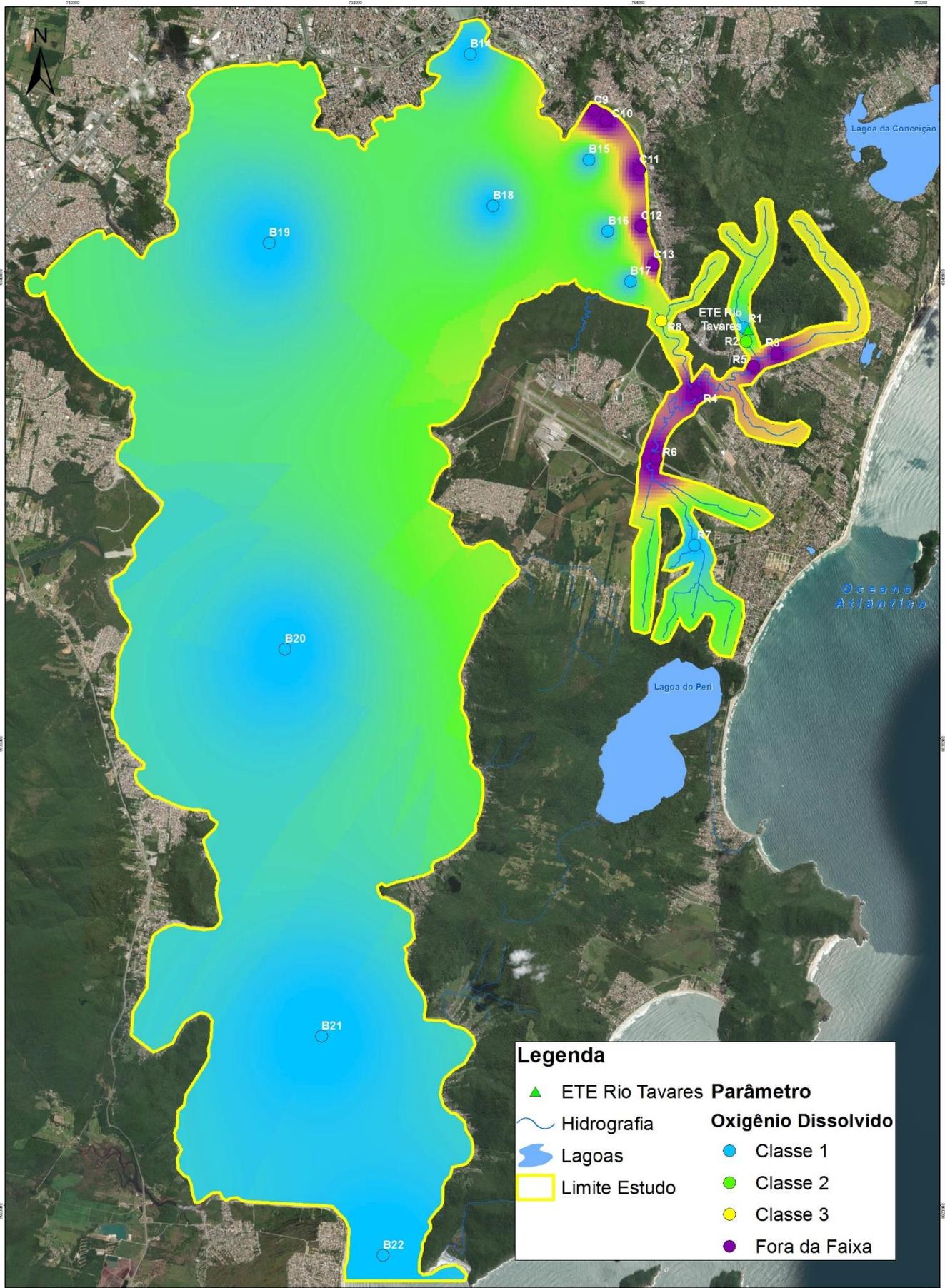


Figura 21 - Zoneamento do Parâmetro Oxigênio Dissolvido Campanha 2

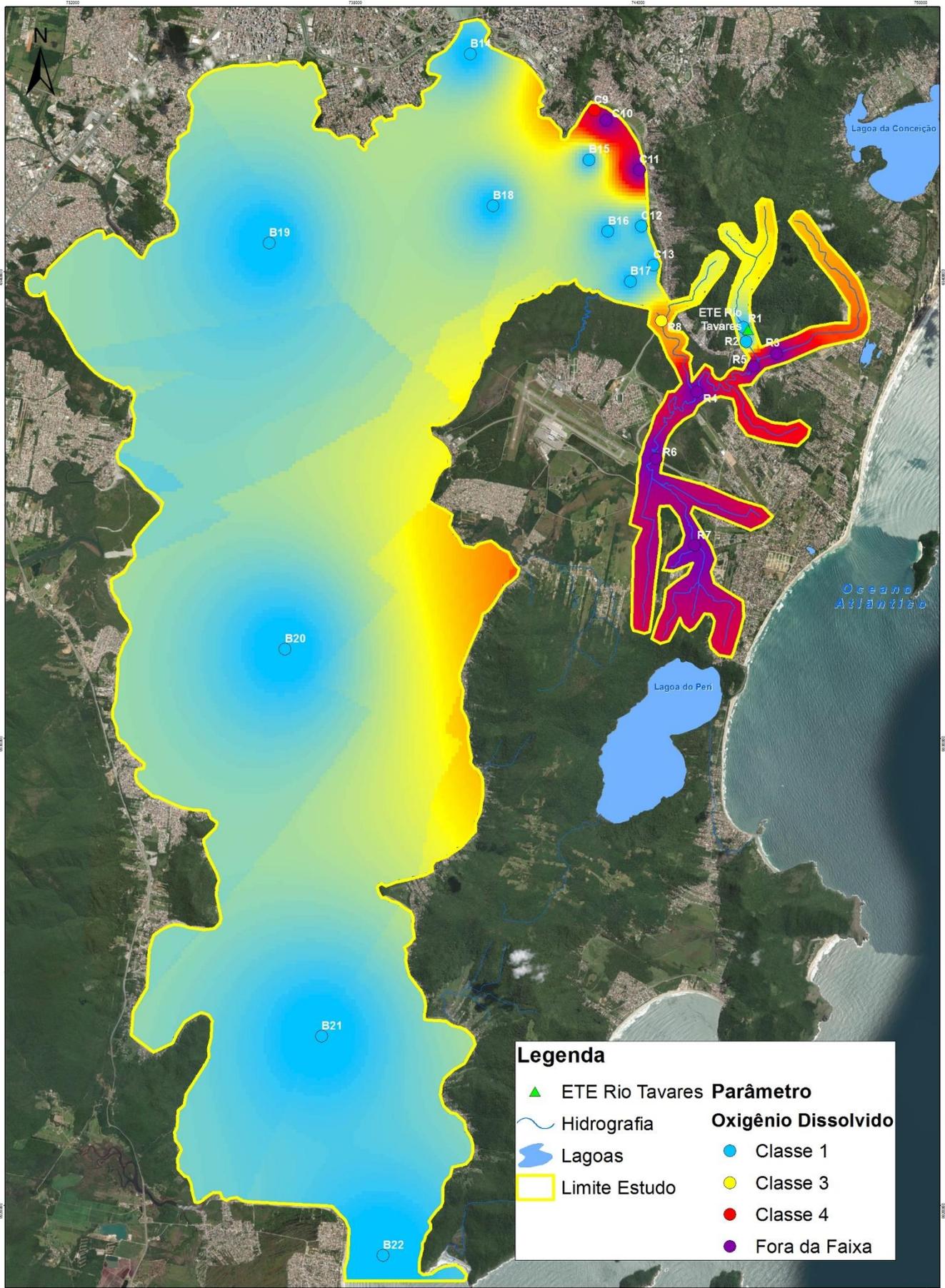


Figura 22 - Zoneamento do Parâmetro Oxigênio Dissolvido Campanha 3

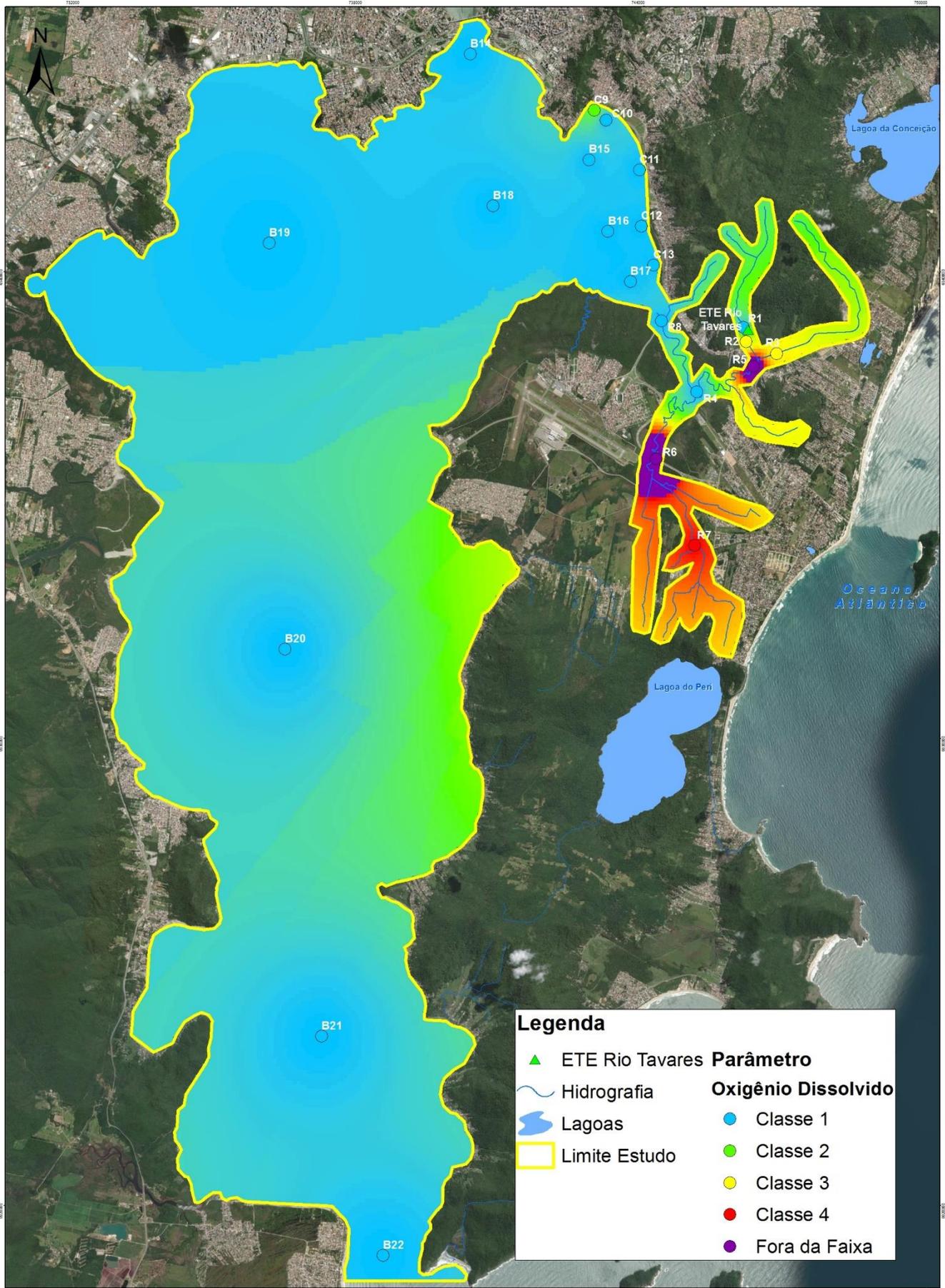


Figura 23 - Zoneamento do Parâmetro Oxigênio Dissolvido Campanha 4

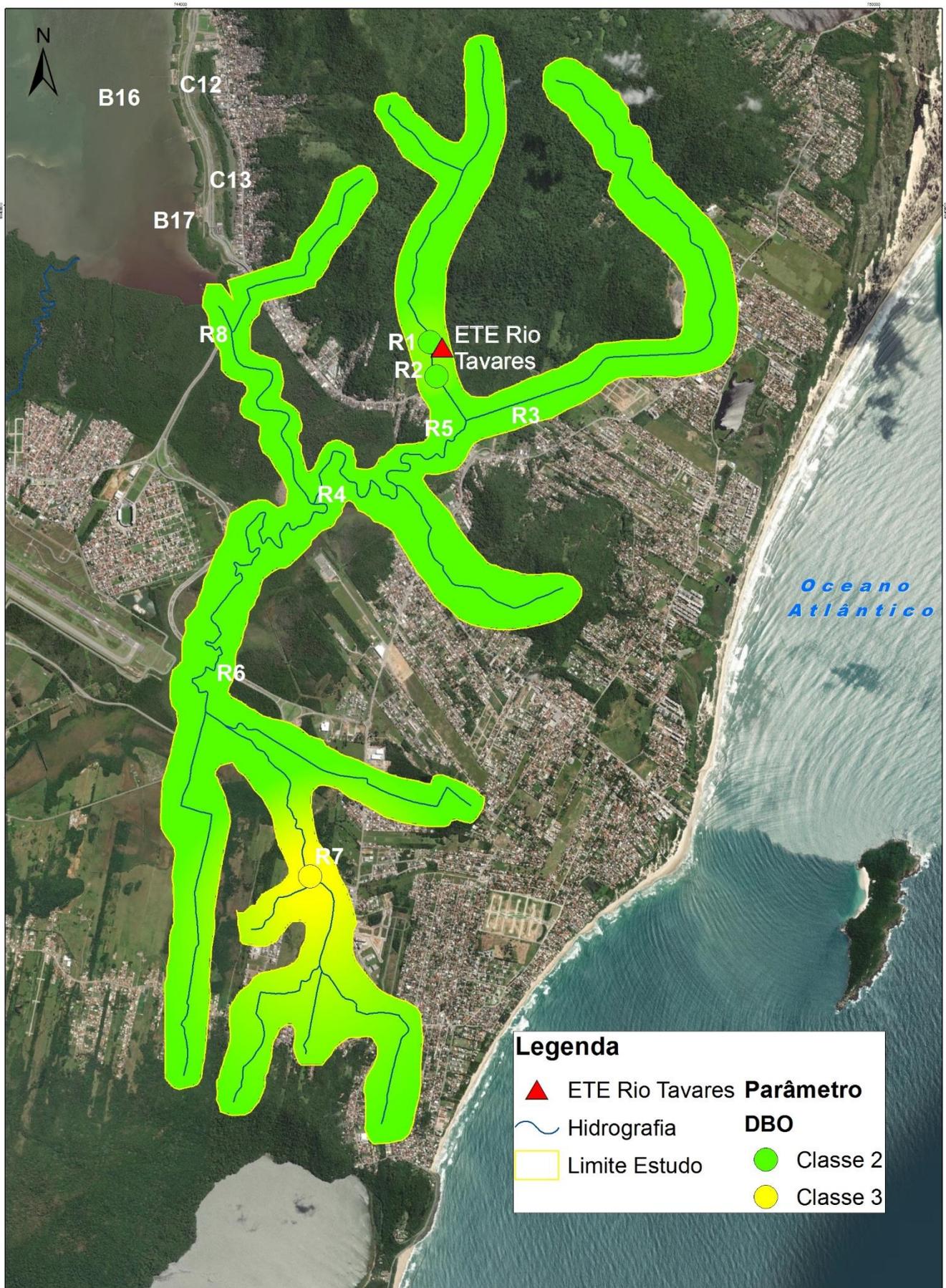


Figura 24 - Zoneamento do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio Campanha 1

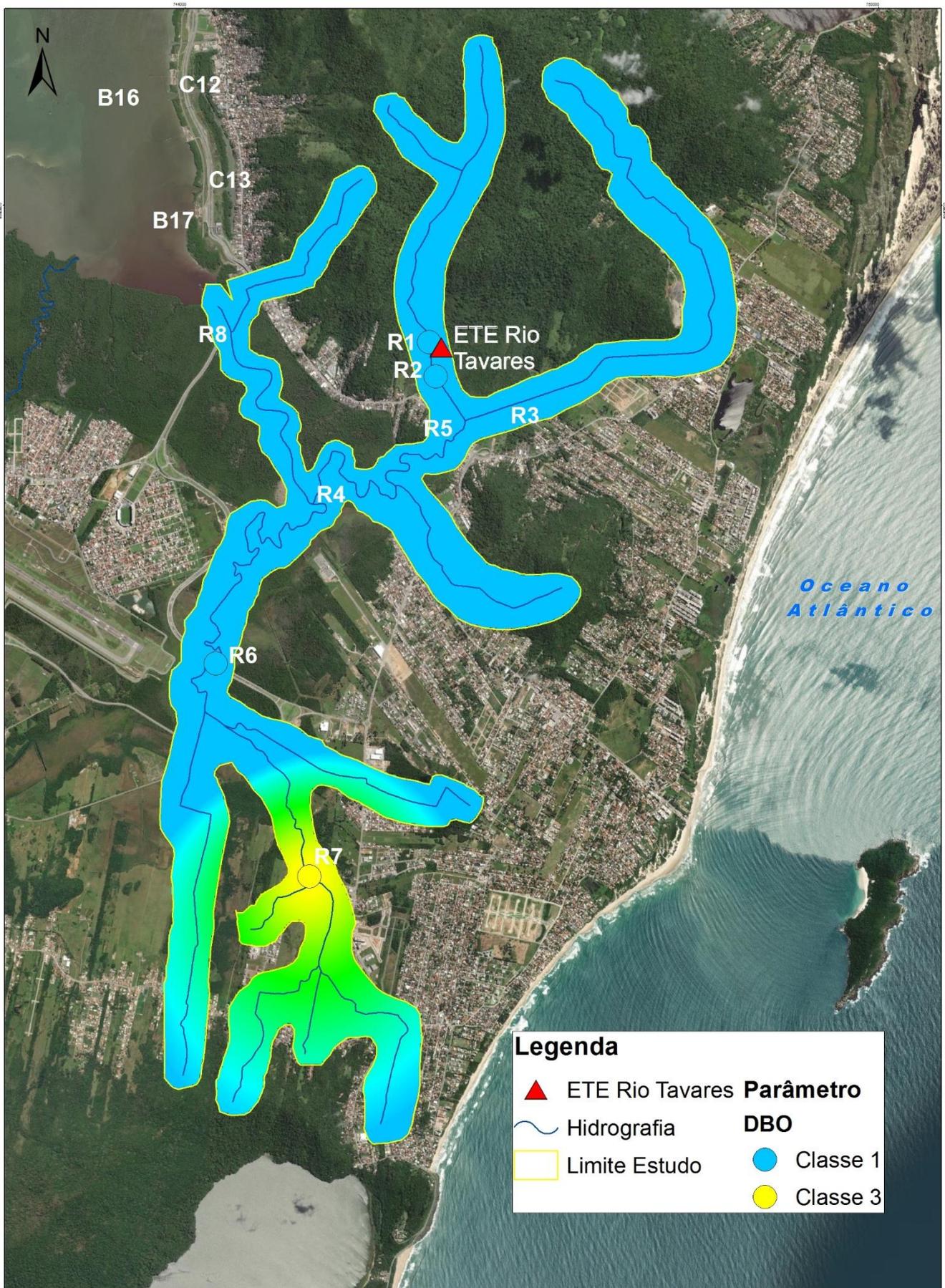


Figura 25 - Zoneamento do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio Campanha 2

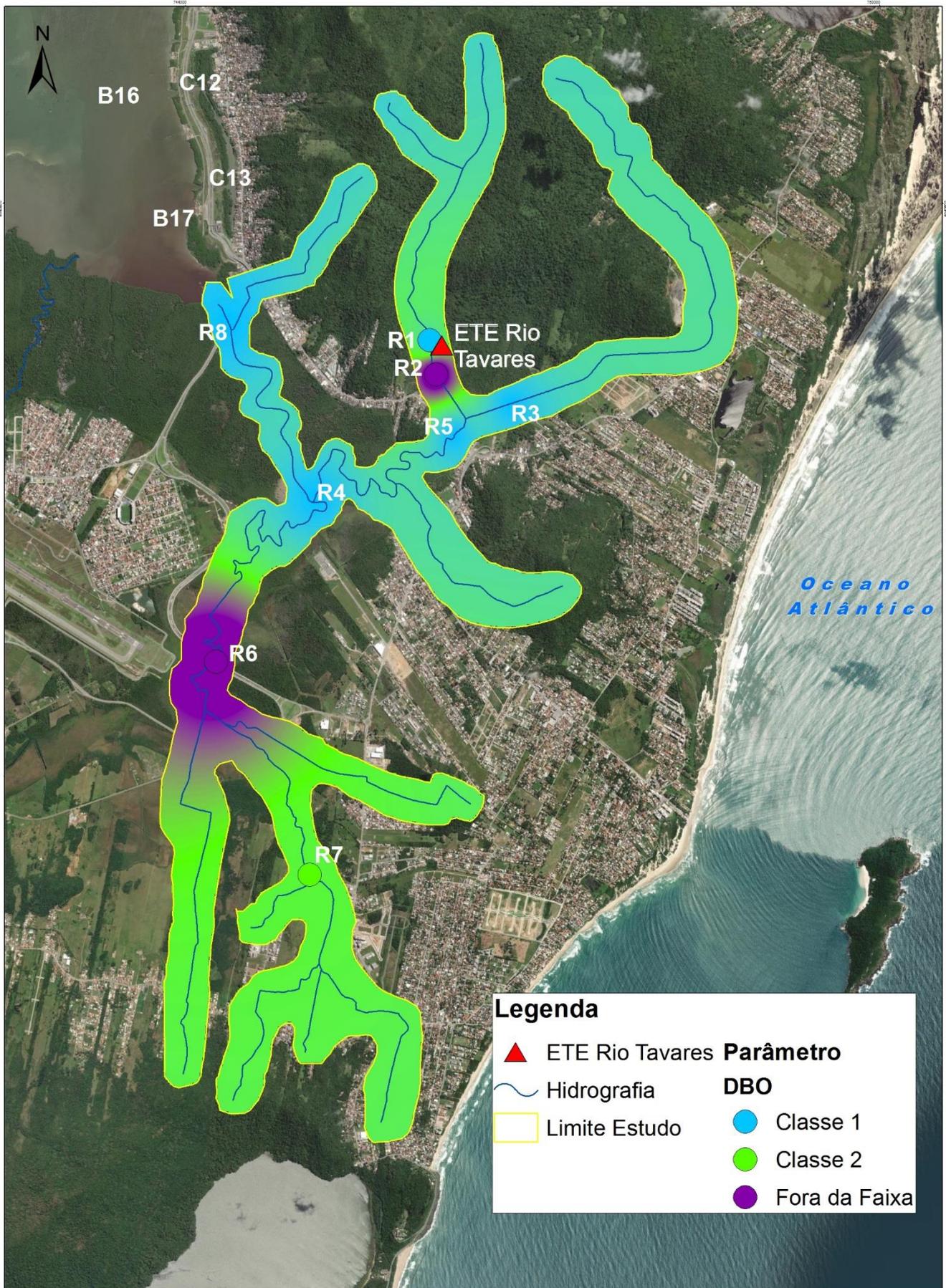


Figura 26 - Zoneamento do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio Campanha 3

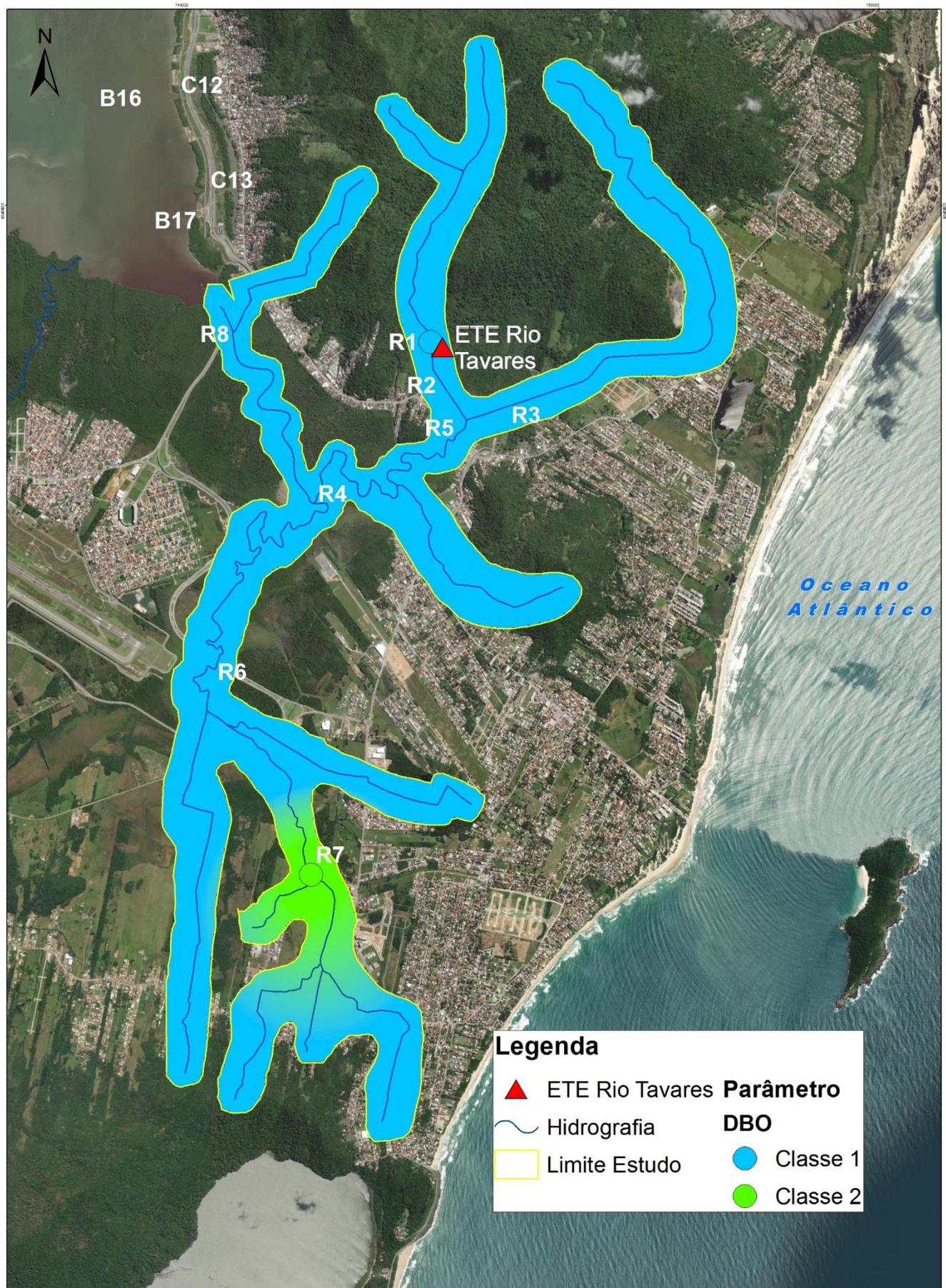


Figura 27 - Zoneamento do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio Campanha 4

#### **4. CONCLUSÃO**

O estudo apresentou a análise de seis parâmetros fundamentais para a avaliação da qualidade e balneabilidade do estuário classificando-os e gerando mapas de interpolação para melhor visualização e esses mostraram que a qualidade da água da região está em sua maioria dos casos com níveis superiores a pior classe definida pelas resoluções vigentes. Posto isso, ficou claro que a instalação de uma estação de tratamento de esgoto na região é extremamente necessária. Entretanto, depositar esse afluente diretamente no Rio Tavares não aparenta ser a melhor medida visto que só iriam aumentar ainda os elevados níveis de poluição detectados.

Os resultados obtidos aqui podem ser utilizados para setorizar a qualidade da água e permitir um melhor juízo dos processos que acontecem na Baía Sul e no Rio Tavares de uma perspectiva macro dos decaimentos das concentrações. Também podem ser usados como via de comparação com estudos mais aprofundados de modelagem. E para a gestão das águas, já que o uso das águas no Brasil se dá em função da classe de qualidade.

Uma alternativa eficiente para o destino final dos efluentes tratados da região seriam emissários submarinos, constituídos por uma tubulação que transporta os efluentes para descarte em alto mar, fazendo que com a autodepuração seja muito mais rápida e não afete os moradores e turistas da região. Para tal solução é necessário que estudos oceanográficos, populacionais e hidráulicos sejam feitos, por isso mais uma vez ressalta-se a importância de uma amostragem com maior frequência de maneira que esses estudos sejam os melhores possíveis.

A péssima qualidade da água, deposição errônea de dejetos e a poluição ambiental são consequências da falta de saneamento e causas para que a proliferação de doenças aumente agredindo a população a qual utiliza esses recursos hídricos para sobreviver. As deficiências dos serviços de saneamento básico causam impactos negativos não apenas na saúde, mas na educação, trabalho, economia e biodiversidade (Garcia & Ferreira, 2017; Oliveira et al., 2015). Investir em saneamento demanda elevados custos, todavia, os retornos oriundos dessa melhoria aumentam a qualidade de vida da população e sem dúvida impactam diretamente no crescimento econômico do país.

Futuramente, estudos e trabalhos sobre o estuário devem ser de modelagem detalhada, a fim de verificar os zoneamentos propostos aqui com interpolação conferindo em uma ferramenta mais robusta e precisa para se verificar a correta destinação do efluente da Estação de Tratamento Rio Tavares

#### **5. REFERÊNCIAS**

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2005, 18 de março). 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília.

BRASIL Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. nº 274, de 29 de novembro de 2000. Estabelece instrumentos para avaliar a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de janeiro de 2001, Seção 1.

BRASIL. Tribunal Regional Federal da 4ª Região. Quarta Turma. Acórdão. Agravo de Instrumento 5024274-66.2015.4.04.0000. AGRAVO DE INSTRUMENTO. NULIDADE DA DECISÃO. Verificada a nulidade da decisão, é cabível a suspensão de seus efeitos. Relator Cândido Alfredo Silva Leal Junior. Julgado em 01 de Setembro de 2015. Publicado aos autos em 05 de Setembro de 2015.

Diaz, R.J.; Breitburg, D.L. (2009). The hypoxic environment. In: Fish physiology series. 1ed, v. 27. England, Elsevier Inc., p. 1-23.

Esteves, F.A. (1998). Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro. Interciencia/Finep, p. 602.

Edmondson, W.T. (1970). Phosphorus, nitrogen, and algae in Lake Washington after diversion of sewage. Science cap. 169, p. 690–691

Fugita, S.R. (2018). Fundamentos do Controle de Poluição das águas. São Paulo, CETESB.

**Impactos da falta de saneamento e zoneamento...**  
**Teixeira, I.M.**

García, M. S. D., & Ferreira, M. de P. (2018). Saneamento Básico: Meio Ambiente E Dignidade Humana – Dignidade Revista, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 12, July 2017. ISSN 2525-698X. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>

Greening, H., and A. Janicki. (2006). Toward reversal of eutrophic conditions in a subtropical estuary: Water quality and seagrass response to nitrogen loading reductions in Tampa Bay, Florida, USA. *Environmental Management* cap. 38, p 163–178.

Maldonado, W., Baldiris, I., Díaz, J. (2011). Evaluación de la calidad del agua en la Ciénaga de la Virgen (Cartagena, Colombia) durante el período 2006-2010 *Revista Científica Guillermo de Ockham*, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 79-87 Universidad de San Buenaventura Cali, Colombia disponível em <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105322389007>

Mallin, M.A., M.R. McIver, H.A. Wells, D.C. Parsons, and V.L. Johnson. (2005). Reversal of eutrophication following sewage treatment upgrades in the New River estuary, North Carolina. *Estuaries* 28: p. 750–760.

Melo, C.R., Silva, A.M, Beskow, S. (2020). 2 ed. *Hidrologia de Superfície: Princípios e Aplicações*. UFLA

Oliveira, J. P. M., Oliveira, J.M.O., Barreto, E.S., Silva, S. S. da, & Silva, S.S. da; Maracajá, P. B. (2015). *Saúde/Doença: As Consequências Da Falta De Saneamento Básico - INTESA – Informativo Técnico Do Semiárido (Pombal-PB)*, v.9, n 2, p 23-29.

Pritchard, D. B., (1967). What is an estuary: Physical view point. In Lauff, GH., ed. *Estuaries*. Washington., Am. Ass. Adv. Sci., p. 3-5.

Silva, N., Junqueira, V.C., A.:Silveira, N.F.A. (2001). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. 2 ed. São Paulo: Varela, 295 p.

Testa, J.M., Kemp, W.M., Boynton, W.R., Hagy III, J.D (2008). Long-Term Changes in Water Quality and Productivity in the Patuxent River Estuary: 1985 to 2003. *Coastal and Estuarine Research Federation. Estuaries and Coasts* (2008) 31:1021–1037. DOI 10.1007/s12237-008-9095-y

Varnier, C.L. (2019), *Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Câmara Técnica de Águas subterrâneas*. São Paulo: SIMA / IG, 128p (versão online)

Von-Ahn, C.M., Filho, J.P. (2015). Diagnóstico da qualidade de água ao longo do estuário do rio Itajaí-Açu, SC. *RBRH* vol. 20 no.2 Porto Alegre abr./jun. 2015 p. 331 – 342, Versão On-line ISSN 2318-0331