



FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

HENRIQUE LUIZ ROESSLER/RS - FEPAM

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL - DQA

DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL – DIPLAN

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL – DIMAM

SERVIÇO DE INTELIGÊNCIA GEOSPACIAL - SIGEO

QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DOS RIOS VACACAÍ-VACACAÍ MIRIM**

RELATÓRIO TÉCNICO

Porto Alegre/RS
Março de 2024



Fepam

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

DIRETORIA TÉCNICA

Renato das Chagas e Silva

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DEPARTAMENTO DE FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL

Vagner Hoffmann

DEPARTAMENTO DE GESTÃO DESCENTRALIZADA

Rafael Volquind

DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Claudia Bos Wolff

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

DIVISÃO DE LABORATÓRIOS

Andrea Cassia de Melo Machado

RELATÓRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS VACACAÍ-VACACAÍ MIRIM

O presente documento relata a análise qualitativa das condições da água superficial na bacia hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim, realizada pela equipe técnica da Divisão de Planejamento Ambiental e da Divisão de Monitoramento Ambiental, vinculadas ao Departamento de Qualidade Ambiental da FEPAM. Os dados apresentados são oriundos da Rede de Monitoramento Básico da Fepam.

Foram utilizados os dados analíticos gerados pela Divisão de Laboratórios da FEPAM até março de 2023, que compõem o banco de dados da FEPAM e o Portal RS Água.

Esta rede, totalmente operada pela FEPAM, envolve as seguintes unidades: Serviço de Amostragem (SAMOST), Gerências Regionais (GERCAM, GERCEL, GERCEN, GERNOR, GERPLA, GERSER e GERSUL), Divisão de Laboratórios (DILAB), Divisão de Planejamento Ambiental (DIPLAN) e Divisão de Monitoramento Ambiental (DIMAM).



EQUIPE TÉCNICA

Equipe de Elaboração do Relatório

Divisão de Monitoramento Ambiental

Eng. Geólogo Me. Rafael Fernandes e Silva
Geóloga Me. Rossana Vicente Goulart
Acadêmico Henrique Lopes Woloczyn

Divisão de Planejamento Ambiental

Geólogo Dr. Rafael Midugno
Eng.^a Agrônoma Claudia Bos Wolff

Serviço de Inteligência Geoespacial

Geógrafa Me. Rejane Maria Valdameri

Departamento de Qualidade Ambiental

Adm. Carolina Marini Steck

Equipe de Amostragem

Serviço de Amostragem

Alessandro Antonio Monteiro
Carlos Alberto Correa Paz
Biólogo esp. Gilson Fortes Rey
Biólogo esp. Manuel Rodrigues Loncan

Gerência Regional Sul

Técnico Quím. Ailton Luis Hyppolito da Silva
Eng. Geólogo Arthur Ziebell
Eng. Quím. Fábio Carvalho Magalhaes
Téc. Agrícola Francisco Carlos Borges Finger
Biólogo Leandro de Oliveira Campelo
Eng. Agrônomo Paulo Anselmi Duarte da Silva

Gerência Regional Campanha

Eng. Ambiental Leandro Nunes Pereira
Eng. Ambiental Roger Andres Machado

Gerência Regional Central

Quím. Erny Lauro Meinhardt Junior
Geógrafo Fernando Antônio Valença Floresta
Geólogo Guilherme Baldissera Tambara
Eng. Civil José Antônio Mallmann
Eng. Ambiental Luiz Alberto Mendonça
Eng. Civil Whashington Luis Marquez Lencina

Gerência Regional Centro Leste

Eng. Florestal Adriana Lisboa Krampe
Eng. Quím. Dr. Eduardo Rodrigo R. de Santana

Gerência Regional Noroeste

Eng. Agrônomo André Luis Andrzejewski
Bióloga Elenir Dahmer Linauer
Eng. Civil Jocielle Borsa Ziani
Eng. Agrônomo Joelton dos Santos Rodrigues
Eng. Químico Me. Leandro Bernardi Werle
Bióloga Lori Ines Rossi da Motta
Geólogo Pedro Carvalho de Mendonça
SEMA
Geógrafo Me. Cícero Zorzi
Bióloga Dr. Melissa Bergmann

Gerência Regional Planalto

Eng. Florestal Dr. Emerson Couto da Rocha
Biólogo Me. Fernando Wons
Eng. Químico Gustavo Trentini Barancelli
Eng. Agrônomo Dr. Ronaldo Zantedeschi

Gerência Regional Serra

Eng. Quím. Fabio La Falce Decorato
Eng. Quím. Márcia Zanini
Eng. Quím. Rudinei Antonio de Souza
Eng. Ambiental Taison Anderson Bortolin
Bióloga Silvia Vedana Costa

Equipe de Análises

Divisão de Laboratórios

Quim., Ma. Andrea Cassia de Melo Machado
Eng. Quím., Ma. Margareth Normann Foernges

Serviço de Análises Biológicas

João Batista Freitas de Oliveira
Bióloga, Ma. Nina Rosa Rodrigues
Biólogo, Me. Rubem Cesar Horn



Serviço de Análises Químicas

Quím. Angela da Silva Barcelos

Quím. Karen Alam Leal

Eng. Química esp. Louise Rodrigues de Oliveira

Dra. Míriam de Freitas Soares

Nara Catarina Moreira

Acad. Quím. Eric Urban Bueno Alves

Acad. Eng. Quím. Higo Robson S. Constantino

Acad. Eng. Quím. Leonardo Soares de Moura

Acad. Eng. Biopr. Biotec. Maria Eduarda M. da Natividade

Acad. Biol. Ronald Souza Rodrigues Maiato

Acad. Téc. Quím. Sara Jeieli Moreira Moraes

Estagiários

Acad. Quím. Ind. Daniela Fanfa da Silva

Acad. Téc. Quím. Débora Shuller da Rosa

Acad. Quím. Ind. Douglas dos Santos

Acad. Eng. Biopr. Biotec. Eduardo Back Sivinski

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Características da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim	10
1.2. Uso e Ocupação do Solo	11
1.3. Estações de Amostragem	15
1.4. Conceitos básicos	16
1.4.1. Bacia Hidrográfica	16
1.4.2. Enquadramento	17
1.4.3. Instrumentos de Gestão	17
1.4.4. Parâmetros Analíticos	18
1.4.4.1 Oxigênio Dissolvido (OD)	18
1.4.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio	18
1.4.4.3 Turbidez	18
1.4.4.4 Fósforo Total	19
1.4.4.5. <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	19
1.4.4.6 Nitrogênio Amoniacal	19
1.4.4.7 Ferro Dissolvido	19
2. OBJETIVO	20
3. MATERIAS E MÉTODOS	20
4. RESULTADOS	23
4.1. Oxigênio Dissolvido (OD)	23
4.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	26
4.3. Razão Demanda Química de Oxigênio/ Demanda Bioquímica de Oxigênio	29
4.4. <i>Escherichia coli</i>	31
4.5. Fósforo Total	34
4.6. Turbidez	37
4.7. Nitrogênio Amoniacal	40
4.8. Ferro Dissolvido	42
5. DISCUSSÃO	45
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
Anexo 1	54
Anexo 2	59



LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Uso e ocupação do solo por UPG.....	14
Tabela 2	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Oxigênio Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2002-2018 na BHVVM.	25
Tabela 3	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Oxigênio Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.	26
Tabela 4	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico DBO para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.....	28
Tabela 5	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico DBO para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.....	29
Tabela 6	Sumário estatístico da razão entre DQO e DBO para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.	31
Tabela 7	Sumário estatístico do parâmetro bacteriológico E. coli para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.....	32
Tabela 8	Sumário estatístico do parâmetro bacteriológico E. coli para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.....	33
Tabela 9	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Fósforo Total para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.	35
Tabela 10	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Fósforo Total para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.	36
Tabela 11	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Turbidez para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.	38
Tabela 12	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Turbidez para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.	39
Tabela 13	Sumário estatístico do parâmetro Nitrogênio amoniacal para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.	40
Tabela 14	Sumário estatístico do parâmetro Nitrogênio amoniacal para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.....	41
Tabela 15	Sumário estatístico do parâmetro Ferro Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.	43
Tabela 16	Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Ferro Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.	44



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Localização dos pontos de monitoramento da Rede Básica da FEPAM na Bacia dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim.	15
Quadro 2 Limites propostos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.	21
Quadro 3 Limites propostos para nitrogênio amoniacal na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.	21
Quadro 4 Representação de classes da Resolução CONAMA nº 357/2005 conforme cores utilizadas no presente relatório.	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, as respectivas bacias hidrográficas e as estações de monitoramento operadas pela FEPAM.	10
Figura 2. Mapa da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim e os limites das Unidades de Planejamento e Gestão da bacia.	11
Figura 3 Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim (BHVVM).	13
Figura 4 Mapa da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim e as estações de monitoramento da rede básica da FEPAM.	16
Figura 5 Classes de enquadramento de qualidade da água e os respectivos usos a que se destinam. ...	17
Figura 6 Distribuição do conjunto de dados do Parâmetro Oxigênio Dissolvido no período 2002-2013.	24
Figura 7 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Oxigênio Dissolvido no período 2018-2022.	25
Figura 8 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro DBO no período 2002-2013.	27
Figura 9 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro DBO no período 2018-2022.	28
Figura 10 Distribuição do conjunto de dados significativos da razão DQO/DBO.	30
Figura 11 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro E. coli para o período 2002-2013.	32
Figura 12 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro E. coli para o período 2018-2022.	33
Figura 13 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Fósforo total para o período 2002-2013. A.	35
Figura 14 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Fósforo total para o período 2018-2022.	36
Figura 15 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro turbidez no período 2002-2013.	38
Figura 16 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro turbidez no período 2018-2022.	39
Figura 17 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Nitrogênio amoniacal para o período 2002-2013.	40



Figura 18 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro físico-químico Nitrogênio amoniacal para o período 2018-2022. A.	41
Figura 19 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro físico-químico Ferro Dissolvido no período 2002-2013. A.	42
Figura 20 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro físico-químico Ferro Dissolvido no período 2018-2022.	43
Figura 21 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2002.	46
Figura 22 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2013..	46
Figura 23 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2018.	47
Figura 24 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2021.	47



1. INTRODUÇÃO

A água é um bem de domínio público, assim como um recurso natural finito e dotado de valor econômico. No art. 2º da Lei Federal nº 9.433/1997 são estabelecidos os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, dentre os quais está a garantia, à atual e às futuras gerações, da disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, bem como a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), instituída pela Lei nº 9.077 de 1990, tem como metas principais efetuar a avaliação, acompanhar e garantir a qualidade do meio ambiente no Estado. Além disso, de acordo com o art. 16º da Portaria FEPAM nº 036/2018, é responsabilidade do Departamento de Qualidade Ambiental (DQA) desse órgão, conduzir e supervisionar iniciativas de planejamento ambiental, e estabelecer orientações para medidas de preservação ambiental, além de elaborar relatórios de monitoramento da qualidade das águas de superfície e preparar boletins para informação pública. A FEPAM opera sua rede básica de monitoramento da qualidade da água superficial no RS desde a década de 90. Desde 2016, o órgão ambiental do RS está reimplementando e ampliando a rede básica de monitoramento da qualidade da água superficial no Estado do RS. Esse processo decorre da adesão do Estado do RS ao Programa Qualiágua da Agência Nacional de Águas – ANA. Essa rede tem por objetivo monitorar a qualidade dos recursos hídricos considerando os usos múltiplos da água. Atualmente, a rede básica conta com 221 estações de monitoramento, distribuídas nas três regiões e 25 bacias hidrográficas do Estado (Fig. 1).

O presente documento aborda a avaliação e caracterização da qualidade das águas superficiais na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim (BHVVM), através da análise da série histórica dos dados da Rede Básica de monitoramento da FEPAM. Essa rede conta com 09 (nove) estações de monitoramento na área de estudo, operada desde o ano de 2018, além de outros dados históricos presentes na mesma base de dados. Os resultados obtidos foram correlacionados com dados de uso e ocupação da bacia hidrográfica, de forma a se verificar potenciais fontes de degradação da qualidade da água.

Além disso, destaca-se que os resultados obtidos pelo monitoramento da FEPAM fornecem informações essenciais para a gestão hídrica, especialmente por se tratar de uma bacia cujo plano está em desenvolvimento. Os Planos de Recursos Hídricos, previstos na PNRH, têm a finalidade de guiar a sociedade e as entidades responsáveis pela gestão no que se refere à utilização, recuperação, proteção e preservação dos recursos hídricos em nosso território. Esses planos são considerados ferramentas para construir uma perspectiva futura em conjunto com os diversos participantes envolvidos e devem se materializar como uma resposta às preocupações, desejos e expectativas da sociedade. O Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS/SEMA), que está confeccionando o plano da BHVVM, estruturou o trabalho em três fases: Diagnóstico (Fase A), Prognóstico (Fase B) e Plano de Ações (Fase C). O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim se encontra na Fase C, onde as ações necessárias para atingir o enquadramento são definidas.

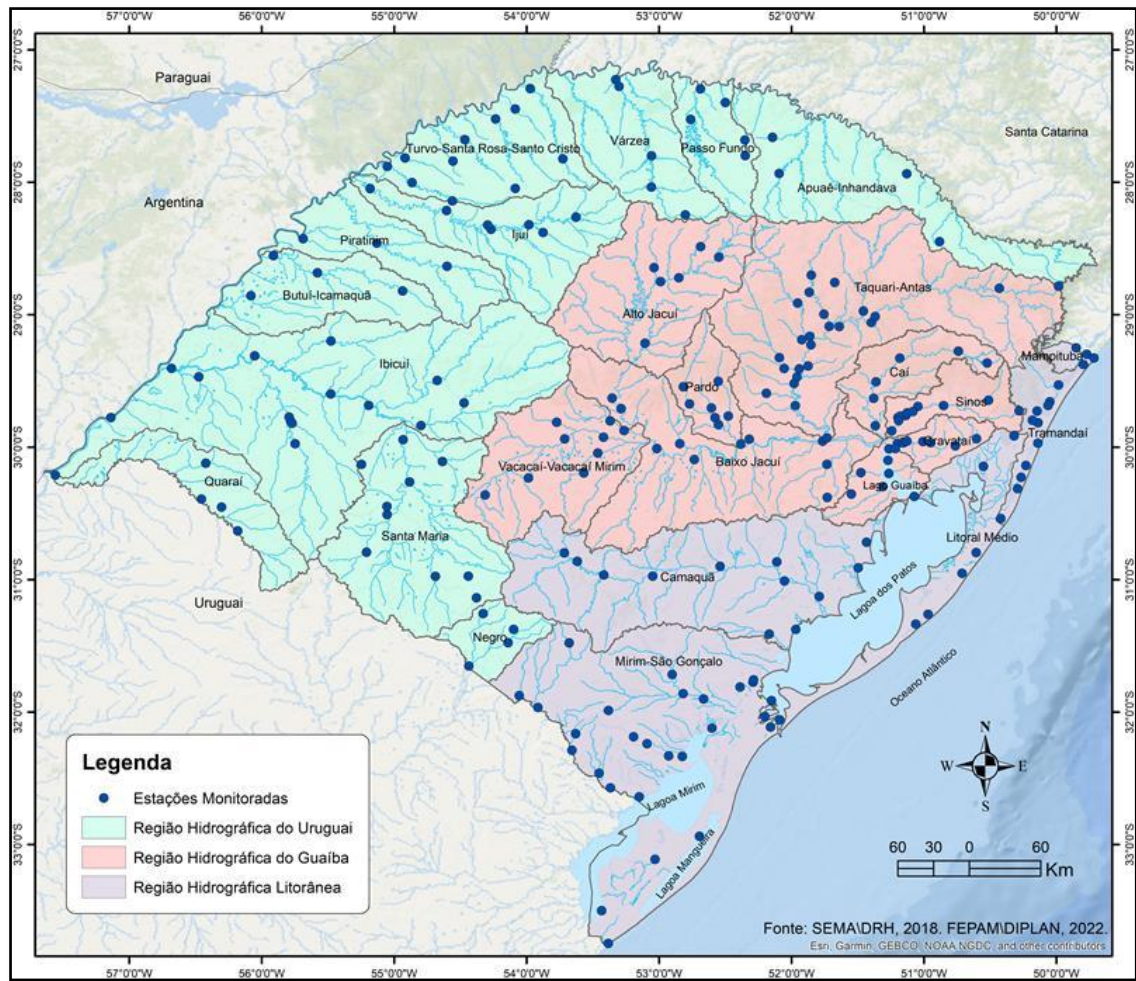


Figura 1. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, as respectivas bacias hidrográficas e as estações de monitoramento operadas pela FEPAM. Fonte: SEMA/DRH, 2013. Modificado por: Divisão de Planejamento Ambiental/FEPAM, 2022.

1.1. Características da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacai-Vacacai Mirim

A BHVVM, localizada na Região Hidrográfica do Guaíba, possui área de drenagem de 11.177 km² e com população estimada de 415 mil habitantes (2020), dentre os quais 370 mil em áreas urbanas e 42 mil em áreas rurais. A bacia abrange o território, parcial ou total de 14 (catorze) municípios, com destaque para Santa Maria, São Sepé, Formigueiro, Santa Margarida do Sul, Vila Nova do Sul, Restinga Seca, Dilermando de Aguiar e Silveira Martins. A BHVVM está localizada na porção centro-oeste do Estado, na confluência dos biomas Mata Atlântica e Pampa. Os rios desaguam no Rio Jacuí e as nascentes afloram principalmente nas porções sul e norte da bacia, onde são registradas as maiores altitudes. A BHVVM se encontra na confluência dos biomas mata atlântica e bioma pampa. As duas bacias que a compõe, se dividem seguindo essa característica, sendo o Rio Vacacai-Mirim com drenagem do bioma mata atlântica e o Rio Vacacai, com drenagem preferencialmente do bioma pampa. Esta particularidade reflete na característica dos usuários da bacia. Há também uma diferença em relação aos usos da água e a posição geográfica da bacia. Apesar de compor a Região Hidrográfica do Guaíba, apresenta características de uso da água e sociais muito mais próximas à Região Hidrográfica do Uruguai.

Para facilitar o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos, o plano de bacia estabeleceu seis unidades, denominadas Unidades de Planejamento e Gestão (UPGs), cada qual com características ambientais e socioeconômicas homogêneas: Alto Vacacaí, Médio Vacacaí, Baixo Vacacaí, Santa Bárbara, São Sepé e Vacacaí Mirim (Figura 2).

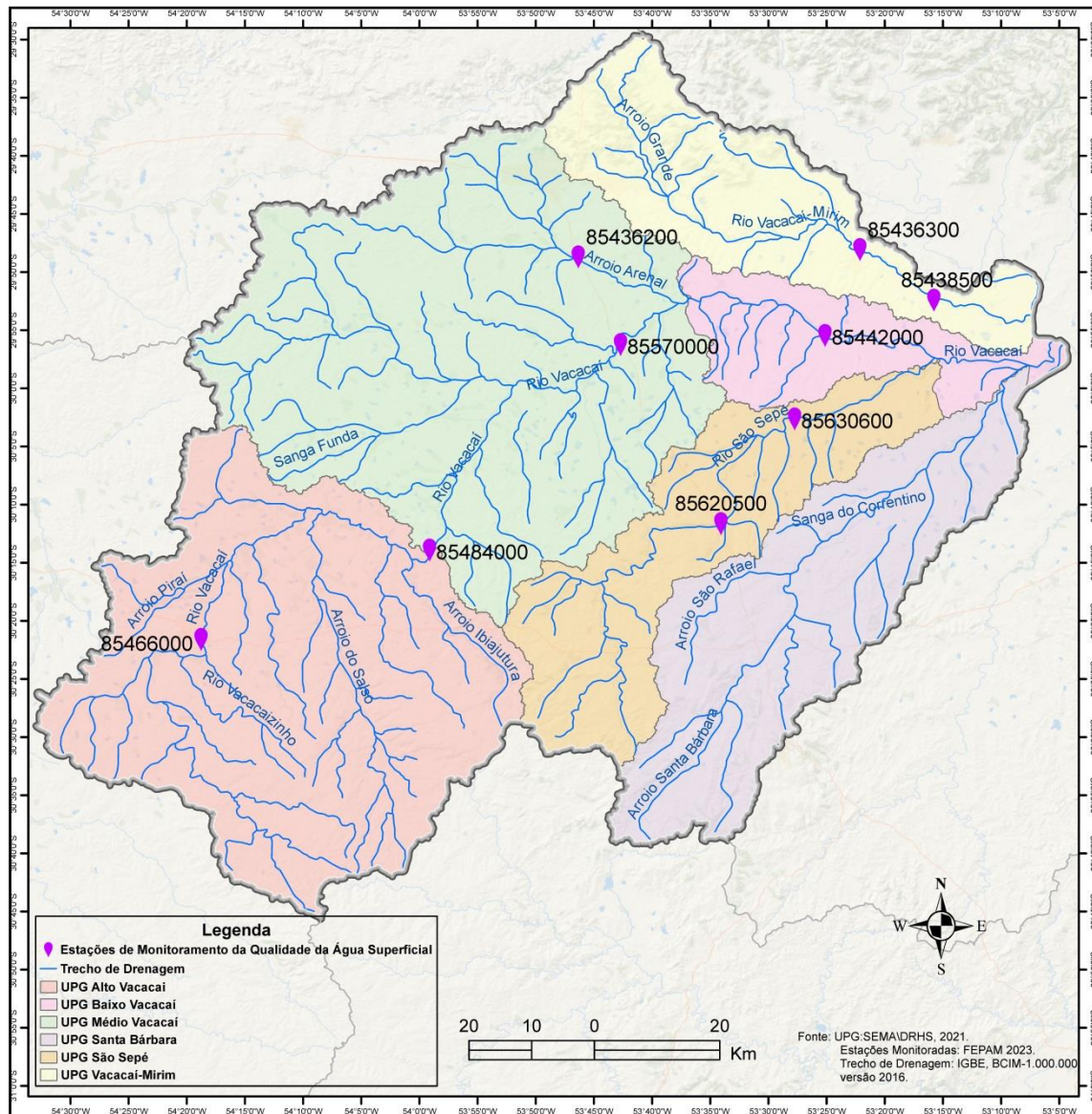


Figura 2. Mapa da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim e os limites das Unidades de Planejamento e Gestão da bacia. Fonte: SEMA/DRHS, 2021.

1.2. Uso e Ocupação do Solo

As atividades e a ocupação do solo têm o poder de causar mudanças significativas nos processos físico-químicos e biológicos dos ecossistemas naturais. A transformação de áreas de florestas e campos nativos, especialmente para fins agrícolas ou urbanos, tem sido relacionada à redução da qualidade da água devido à interferência que causa nesses ecossistemas. Portanto, os corpos d'água de superfície são indicadores dos fenômenos que ocorrem na área da bacia hidrográfica (MENEZES, 2016).



A economia da sub-bacia hidrográfica do rio Vacacaí está baseada na agropecuária, com destaque para a cultura do arroz irrigado, que ocupa 11,3% da área no Estado. Nessa área, 97% dos agricultores confirmaram utilizar agrotóxicos (BASSO, 2012). Durante a década de 1940, o início do processo de desmatamento resultou na perda das matas ciliares, provocando a aceleração dos processos erosivos. Alguns dos banhados como o Santa Catarina foram drenados em excesso para prover água aos arrozais. As conclusões do trabalho de Basso em 2012 apontaram para uma descaracterização das margens e do leito do rio Vacacaí causada principalmente pela retirada da mata ciliar e a extração - muitas vezes clandestina - de areias e argila do leito que comprometem a morfologia da planície aluvial.

Para a fase de diagnóstico do Plano de Bacia, foi utilizado a coleção 5 do projeto MapBiomas em 2018, onde é possível gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite (Figura 3, Tabela 1). A UPG Alto Vacacaí está localizada no sudoeste da bacia e há uma predominância da classe Formação Campestre/Pastagem, cobrindo 41,18% da área, além de outras classes como a significativa extensão da área agrícola (20,13% Soja, 18,19% Outras Lavouras). A UPG Médio Vacacaí possui terras baixas e planas, com 48,05% da área destinada a atividades agrícolas (26,41% Soja, 21,64% Outras Lavouras). A menor UPG da bacia, Baixo Vacacaí, possui extensão até a foz onde o Rio Vacacaí deságua no Rio Jacuí e 54,76% de sua área voltada para uso antrópico rural (22,05% Soja, 32,71% Outras Lavouras). Localizada na região sudeste da BHVVM, a UPG Santa Bárbara apresenta a menor extensão de agricultura (34,15% da área) em relação às demais. Localizada em região de intensa atividade agrícola, a UPG São Sepé possui 25,83% de sua área destinada à plantação de soja e 21,72% para outras lavouras. Já a UPG Vacacaí Mirim, localizada no norte da bacia, possui 49% de sua área voltada para a agricultura.



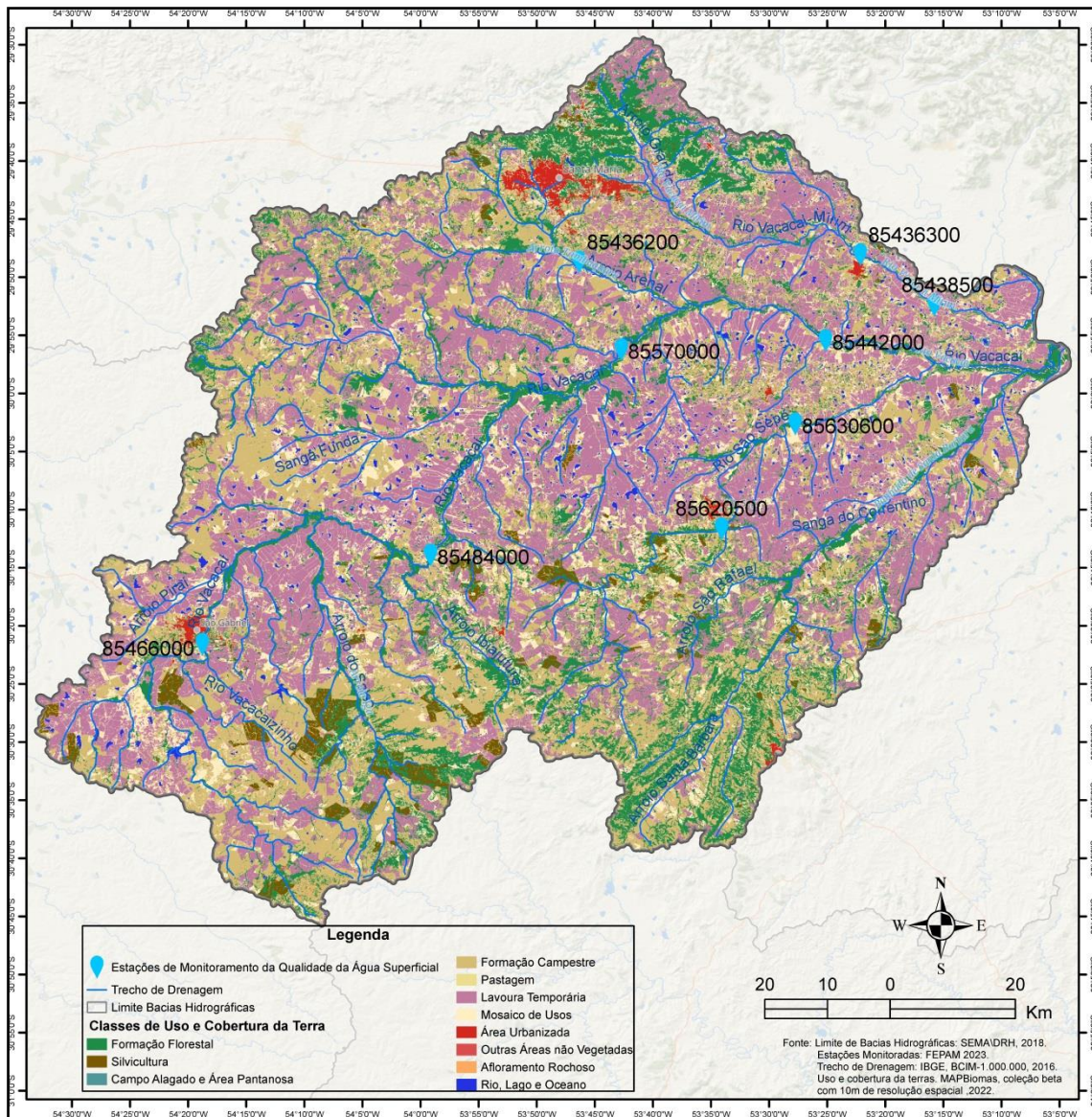


Figura 3 Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim (BHVM). Fonte: MAPBiomias, 2022.

Tabela 1 Uso e ocupação do solo por UPG.

Classe	UPG Alto Vacacaí		UPG Médio Vacacaí		UPG Baixo Vacacaí		UPG Santa Bárbara		UPG São Sepé		UPG Vacacaí-Mirim	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Água	47,41	1,60%	92,92	2,67%	33,12	5,00%	21,21	1,32%	20,89	1,64%	29,59	2,51%
Afloramento rochoso	3,27	0,11%	0,01	0,00%	0,00	0,00%	0,79	0,05%	0,10	0,01%	0,00	0,00%
Agricultura - Outras Lavouras	539,75	18,19%	754,39	21,64%	216,51	32,71%	254,26	15,83%	277,12	21,72%	264,14	22,38%
Agricultura - Soja	597,07	20,13%	920,49	26,41%	145,95	22,05%	294,08	18,31%	329,58	25,83%	312,91	26,51%
Área Úmida Natural não Florestal	0,01	0,00%	0,53	0,02%	0,01	0,00%	0,00	0,00%	0,01	0,00%	0,00	0,00%
Floresta Plantada	94,86	3,20%	20,77	0,60%	2,49	0,38%	16,67	1,04%	23,14	1,81%	5,81	0,49%
Formação Campestre / Pastagem	1221,61	41,18%	1172,27	33,63%	161,02	24,33%	636,61	39,64%	434,72	34,07%	201,21	17,05%
Formação Florestal	441,27	14,87%	473,59	13,59%	99,89	15,09%	378,18	23,55%	182,96	14,34%	293,09	24,83%
Infraestrutura Urbana	12,00	0,40%	38,44	1,10%	0,88	0,13%	1,85	0,12%	5,14	0,40%	15,90	1,35%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,00	0,00%	8,23	0,24%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	54,47	4,61%
Outra Área não Vegetada	9,47	0,32%	4,36	0,13%	2,00	0,30%	2,18	0,14%	2,26	0,18%	3,31	0,28%
Total	2966,73	100,00%	3485,99	100,00%	661,86	100,00%	1605,83	100,00%	1275,92	100,00%	1180,43	100,00%

Fonte: Plano de Bacia dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim (2021).



1.3. Estações de Amostragem

Na Figura 4 e no Quadro 1, apresentados a seguir, são exibidos os códigos das nove estações da rede básica da FEPAM, suas respectivas UPGs e suas coordenadas geográficas no formato latitude e longitude. As estações são ordenadas no sentido montante a jusante. É importante destacar que somente as estações 85570000, 85442000 e 85436300 estavam ativas no período 2002-2013, com frequência de amostragem trimestral.

Quadro 1 Localização dos pontos de monitoramento da Rede Básica da FEPAM na Bacia dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim.

Código da estação	Recurso hídrico	UPG	Latitude (°)	Longitude (°)
85466000	Rio Vacacaí	Alto Vacacaí	-30,3601	-54,3129
85484000	Rio Vacacaí	Alto Vacacaí	-30,232	-53,9855
85570000	Rio Vacacaí	Médio Vacacaí	-29,9374	-53,7119
85436200	Arroio Arenal	Médio Vacacaí	-29,8117	-53,7725
85442000	Rio Vacacaí	Baixo Vacacaí	-29,9243	-53,419
85620500	Rio São Sepé	São Sepé	-30,1941	-53,5681
85630600	Rio São Sepé	São Sepé	-30,044	-53,4625
85436300	Rio Vacacaí-Mirim	Vacacaí Mirim	-29,8012	-53,369
85438500	Rio Vacacaí-Mirim	Vacacaí Mirim	-29,8737	-53,263

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

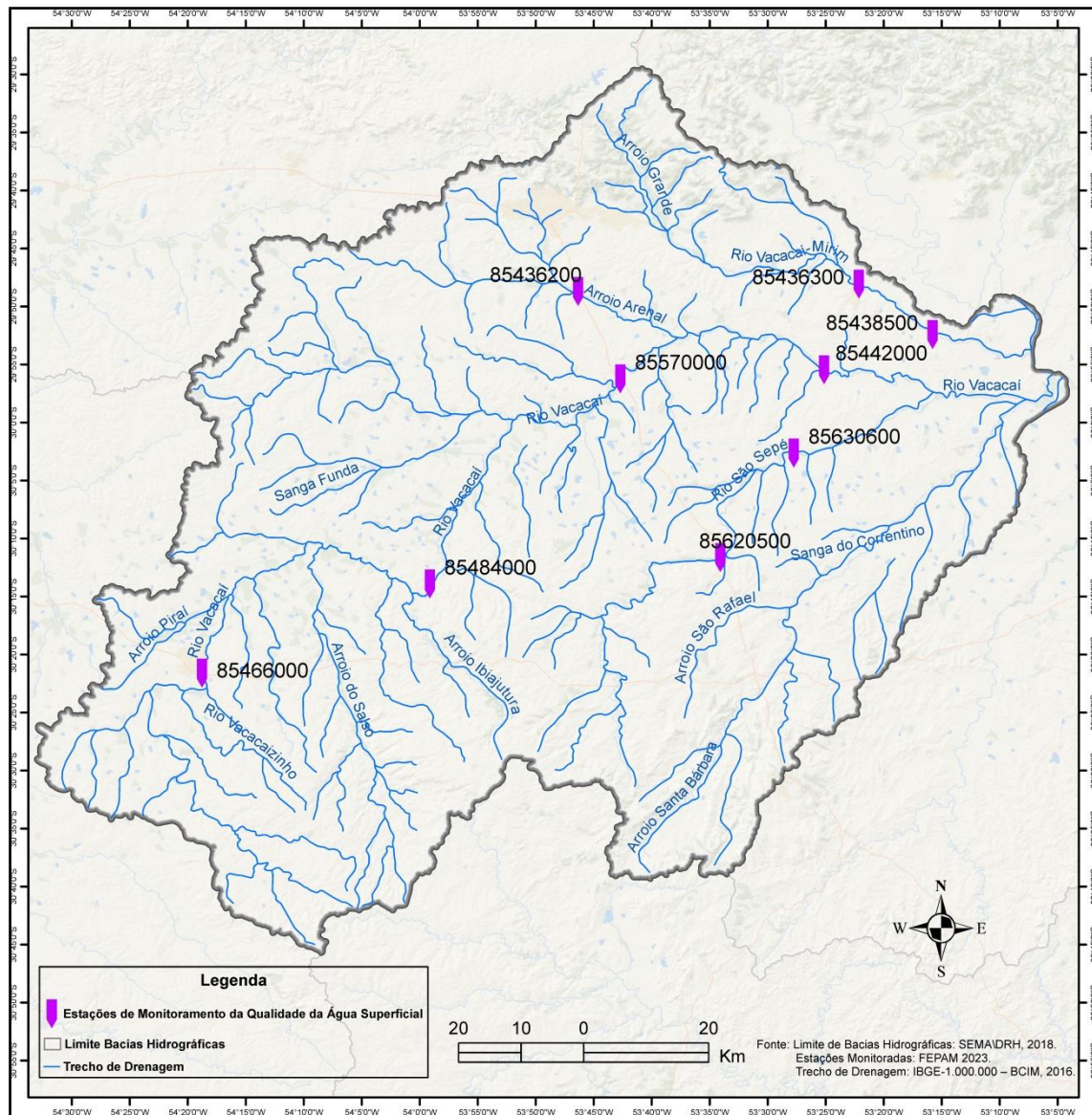


Figura 4 Mapa da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacai-Vacacai Mirim e as estações de monitoramento da rede básica da FEPAM. Fonte: FEPAM, 2023.

1.4. Conceitos básicos

1.4.1. Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a extensão de território onde ocorre a coleta natural das águas pluviais que escoam superficialmente em direção a um corpo d'água principal ou seus afluentes. Essa área desempenha um papel fundamental na administração dos recursos hídricos e no manejo ambiental, uma vez que os componentes físicos da natureza estão interligados por meio do ciclo hidrológico (SEMA, 2023).

Segundo a Lei Estadual nº 10.350/1994, foi determinada a existência de três Regiões Hidrográficas: a região do rio Uruguai que coincide com a bacia nacional do Uruguai, a região do Guaíba

e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste. O Decreto nº 53.885, de 18 de janeiro de 2018, institui a subdivisão dessas regiões em 25 bacias hidrográficas que são agrupadas para fins de gerenciamento.

1.4.2. Enquadramento

Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, o enquadramento é definido como o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

A resolução CONAMA nº 357/2005 aborda a categorização dos corpos de água e fornece orientações ambientais para sua classificação, além de estabelecer as condições e critérios para a descarga de resíduos líquidos e tomar outras medidas relevantes. As águas presentes em rios, lagos e mares são classificadas com base na qualidade necessária para seus usos predominantes. Além disso, essa resolução estabelece diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos hídricos. Em seu art. 2º, inciso XX, é definido o enquadramento como estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo (Figura 5).












USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS			Mandatório em Terras Indígenas			
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO						
AQUICULTURA						
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO						
PESCA						
IRRIGAÇÃO			Hortalças consumidas cruas ou frutas ingeridas com película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS						
NAVEGAÇÃO						
HARMONIA PAISAGÍSTICA						

Figura 5 Classes de enquadramento de qualidade da água e os respectivos usos a que se destinam. Fonte: ANA (2013).

1.4.3. Instrumentos de Gestão

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, instituído pelo Art. 32 da Lei nº 9.433/1997, tem entre seus objetivos coordenar a gestão integrada das águas, implementar a PNRH, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos, bem como promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. O Art. 4º da Lei nº 10.350/1994 estabelece a descentralização das ações do Estado por regiões e bacias hidrográficas, envolvendo a participação

comunitária através dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Esses comitês devem reunir usuários, representantes políticos e entidades envolvidas nas respectivas bacias. Além disso, é responsabilidade dos comitês conhecer, expressar-se e elaborar propostas em relação aos objetivos de qualidade dos corpos d'água, considerando seus múltiplos usos e conservação por meio de planos de bacia.

1.4.4. Parâmetros Analíticos

1.4.4.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

A preservação da vida aquática depende imprescindivelmente de oxigênio dissolvido. Ele representa a concentração (em mg/L) de oxigênio (O_2) presente na água. Pode ser obtido por duas formas: 1) Difusão direta - através do contato e penetração do ar atmosférico na água e 2) Processo de fotossíntese - algas e fitoplânctons liberam oxigênio na água no decorrer do processo fotossintetizante. A baixa concentração de oxigênio dissolvido indica contaminação por excesso de matéria orgânica, comum em esgotos, pois o O_2 é consumido no processo de sua decomposição. (ANA, 2020; EMBRAPA, 2020).

O total de oxigênio nas águas, em condições normais, depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica. A dissolução dos gases aumenta quando a salinidade e a temperatura aumentam. Os níveis de OD possuem oscilações sazonais e diárias, em trechos de maior profundidade podem apresentar estratificação vertical. É fundamental a medição de sua concentração, tendo em vista que o O_2 está presente na maioria dos processos químicos e biológicos. O excesso de poluentes orgânicos pode acarretar o esgotamento do oxigênio no sistema. Concentrações abaixo de 2,0 mg/L de OD podem causar a morte da maioria dos organismos aquáticos. (EMBRAPA, 2020).

1.4.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar (*i.e.* decompor) a matéria orgânica presente na água (TELLES, 2013). O autor também considera que valores elevados da DBO em um corpo de água são geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente de esgotos domésticos.

1.4.4.3 Turbidez

Turbidez é a medida que indica o grau de decréscimo da luz ao atravessar a água, estando associada à presença de partículas em suspensão. As partículas podem ter origem antropogênica, na qual os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático. (CETESB, 2016). A CETESB complementa que a alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação cujas raízes estão submersas, bem como das algas. O declínio de seu crescimento pode anular a produtividade dos peixes, influenciando, destarte, as comunidades biológicas aquáticas.

1.4.4.4 Fósforo Total

O fósforo é um fator limitante na produção vegetal, sua concentração excessiva pode causar a eutrofização nas águas. Os esgotos domésticos constituem a principal fonte de fósforo, devido à presença de detergentes superfosfatados e matéria fecal. Além disso, a drenagem pluvial das áreas agrícolas e urbanas, bem como efluentes industriais (indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros) também são fontes relevantes desse parâmetro (ANA, 2020).

1.4.4.5. Escherichia coli (E. coli)

A *E. coli* principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sua origem é unicamente fecal. É considerada como o parâmetro mais apropriado para análise de contaminação fecal nas águas. Por estar presente nas fezes de humanos, mamíferos e aves, dificilmente é observada quando não há poluição fecal. Pode indicar áreas em que o esgoto não é tratado ou que há grande aporte de dejetos oriundos da pecuária (CETESB, 2016).

1.4.4.6 Nitrogênio Amoniacal

A emissão de nitrogênio pode ter diferentes origens, tanto naturais quanto antrópicas. A principal delas é oriunda de esgotos sanitários, os quais lançam na água o nitrogênio orgânico, relativo à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, referente à hidrólise da ureia na água. Além disso, outras fontes potenciais dos diferentes tipos de nitrogênio são indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes (CETESB, 2016). Levando em consideração que os compostos de nitrogênio são nutrientes nos processos biológicos, sua emissão em grandes quantidades nos corpos de água em consonância ao fósforo pode ocasionar o crescimento demasiado de algas. O processo ocasionado pelo excesso de nutrientes num corpo d'água é denominado de eutrofização e pode afetar negativamente o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2020). A eutrofização dificulta a entrada de luz solar no corpo hídrico, ocasionando diminuição das taxas de fotossíntese e redução na produção de oxigênio, resultando em baixa capacidade de suprir as necessidades dos peixes e demais organismos aeróbicos (RIBEIRO, 2020).

1.4.4.7 Ferro Dissolvido

Em águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais (CETESB, 2016). O emprego de coagulantes a base de ferro para o tratamento de águas destinadas ao abastecimento público provoca elevação em seu teor. O ferro traz diversos problemas para o abastecimento público, confere cor e sabor à água e provoca manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

2. OBJETIVO

Avaliar e determinar as condições de qualidade da água superficial na bacia hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim nos períodos 2002-2013 e 2018-2022, de forma a produzir um diagnóstico ambiental dos recursos hídricos monitorados dessa bacia. A avaliação é baseada na comparação entre os dados e os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357 de 2005, bem como confrontando os resultados obtidos com os dados de uso e ocupação do território, de forma a identificar as tendências de condições de qualidade através da evolução temporal e apontar as possíveis causas.

3. MATERIAS E MÉTODOS

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos são analisados com a finalidade de obter informações a respeito da qualidade dos recursos hídricos e servem como auxílio para encontrar e monitorar possíveis efeitos prejudiciais à saúde dos seres vivos que dependem de um determinado recurso hídrico. Foram analisados 9 parâmetros em 194 amostras da Rede Básica de Monitoramento da FEPAM. No presente relatório é feita uma análise dos parâmetros apresentados a seguir. A escolha dos mesmos se baseia nas práticas adotadas em Planos de Bacia para estabelecer enquadramentos e gerar diagnósticos confiáveis sobre a qualidade da água, indicando potenciais fontes poluidoras.

1. Oxigênio dissolvido (mg/L de O₂)
2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5d, 20°C, mg/L de O₂)
3. Razão Demanda Química e Bioquímica de Oxigênio (DQO/DBO)
4. Fósforo Total (mg/L de P)
5. *Escherichia coli* (NMP/100mL)
6. Turbidez (UNT)
7. Nitrogênio Amoniacal (mg/L de NH_x)
8. Ferro Dissolvido (mg/L de Fe)

Os dados analíticos foram extraídos do sistema RS Água da FEPAM no formato planilha de dados, tendo sido processados no *software Microsoft Excel* em março de 2023. Os resultados foram classificados de acordo com os limites propostos pela resolução n° 357/2005 do CONAMA (Quadros 1 e 2). A Estatística descritiva foi utilizada para analisar e reunir, de maneira resumida, os dados de qualidade da água obtidos nos períodos de 2002 a 2013 e de 2018 a 2022, calculando-se a média, mediana, valores máximos, mínimos e percentis 20 e 80.

A Média Aritmética de um conjunto de dados é obtida somando todos os valores e dividindo o valor encontrado pelo número de dados desse conjunto. É a medida de tendência central mais conhecida. Porém, os valores destoantes influenciam no resultado, de forma a não representar o perfil completo do grupo (DANTE, 2013).

Quadro 2 Limites propostos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Parâmetro	Unidade	Padrões Resolução nº 357/2005 CONAMA			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	≤3	≤5	≤10	-
Turbidez	UNT	≤40	-	≤100	-
<i>E. coli</i>	NMP/100mL	≤200	≤1000	≤4000	-
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	≤3,7	-	≤13,3	-
Fósforo total	mg/L P	≤0,10	-	≤0,15	-
Ferro Dissolvido	mg/L Fe	≤0,3	-	≤5,0	-

Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

Quadro 3 Limites propostos para nitrogênio amoniacal na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Nitrogênio amoniacal total - Classe 1	3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para > 8,5
Nitrogênio amoniacal total - Classe 3	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5

Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

A Mediana indica qual é o valor que está exatamente no meio de um conjunto de dados, quando eles estão ordenados. A Mediana nos diz que metade (50%) dos valores do conjunto de dados está abaixo dela e a outra metade está acima dela. (IBGE).

A Moda representa o valor mais frequente de um conjunto de dados, sendo assim, é a moda pode ser definida observando a frequência com que os valores aparecem. (DANTE, 2013)

Percentil é um valor que divide um conjunto de observações ordenadas de forma crescente em 100 (cem) partes iguais. O percentil 80 (P80) é um valor que divide a amostra em duas partes, deixando 80% das informações abaixo dele e 20% acima. Por outro lado, a frequência acumulada representa a quantidade de dados que pertencem a uma determinada classe e/ou que estão abaixo dela (CARVALHO,



2018). A frequência acumulada até o percentil 80 corresponde à soma, em ordem crescente, das ocorrências das classes de dados, até que se atinja 80% da população amostral.

O *Boxplot* (Figuras 6 a 20) é um tipo de gráfico que exhibe múltiplas informações a respeito do comportamento dos dados de maneira sintética. A mediana é retratada pela linha horizontal mais espessa no centro da caixa (box), os quartis inferior (Q1) e superior (Q3) são as linhas que demarcam a caixa. A variabilidade dos dados é evidente através da altura da caixa, ou seja, da amplitude interquartilica ($AIQ = Q3 - Q1$). As linhas verticais pontilhadas representam valores mínimos e máximos. Os valores discrepantes são aqueles pontos que extrapolam essas linhas.



4. RESULTADOS

A estatística descritiva foi calculada para as amostras coletadas nas nove estações de monitoramento selecionadas da bacia hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim, no período 2002-2013 e 2018-2022. No período 2002-2013, estavam ativas apenas as estações 85570000, 85442000 e 85436300. As tabelas (2 a 18) foram elaboradas a partir dos dados históricos dispostos conforme estação e período. A totalidade dos dados processados se encontra no Anexo I e II.

A coloração utilizada nas tabelas é oriunda da classificação realizada de acordo com os valores de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005. As figuras 6 a 20 apresentam os gráficos *boxplot* da base de dados analisada. Os campos coloridos em azul, verde, amarelo e vermelho indicam, respectivamente, os valores limites estabelecidos para cada parâmetro pela Resolução nº 357/2005 para as classes 1, 2, 3 e 4. O campo em roxo, denominado "Pior Classe", indica os valores que extrapolam o limite da pior classe de cada parâmetro (Quadro 4).

Quadro 4 Representação de classes da Resolução CONAMA nº 357/2005 conforme cores utilizadas no presente relatório.

Legenda:	
	Classe 1
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4
	Pior Classe

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.1. Oxigênio Dissolvido (OD)

No período 2002-2013 foram analisadas 100 amostras para os parâmetros Oxigênio Dissolvido e pH. Nota-se que houve uma redução nos valores de OD a cada virada de ano (Tabela 3), durante o verão, estação caracterizada por altas temperaturas e elevados índices pluviométricos. A linha de tendência indica uma queda na qualidade do parâmetro no sentido montante à jusante da bacia.

Entre novembro de 2003 e janeiro de 2004, os valores de oxigênio dissolvido tiveram uma redução média de 10%, aproximadamente. Entre outubro de 2004 e janeiro de 2005, a redução média dos valores foi de 38%. De outubro de 2005 a janeiro de 2006, a queda dos valores foi de aproximadamente 11,5%. Por fim, no período que vai de outubro de 2011 a janeiro de 2012, os valores de OD reduziram em aproximadamente 17%.

Entre junho de 2018 e junho de 2022 foram coletadas 81 amostras apresentando valores de Oxigênio Dissolvido, com predominância dos resultados na classe 1. No entanto, todas as estações apresentaram, nos dias 17 e 18 de dezembro de 2018, resultados nas piores classes tanto para OD (abaixo de 2,00 mg/L) quanto para pH (abaixo de 6,00), havendo melhora na qualidade nos meses



seguintes. A mediana dos valores da estação 85436200 pertence maioritariamente à classe 2 (entre 5 mg/L e 6 mg/L) e o primeiro quartil à classe 3 (entre 4 mg/L e 5 mg/L).

Entre os meses de dezembro de 2019 e março de 2020, em todas as estações, houve uma queda na qualidade da água apenas para o parâmetro OD em uma média de 30,85%, sendo a estação 85620500 com a menor queda (7,57%) e a estação 85570000 com a maior queda (53,33%). Não há dados para determinar se houve alteração na qualidade entre os anos 2020 e 2021, porém, os dados de junho de 2022 indicam uma melhora significativa. Essa queda também ocorre nos resultados dos anos anteriores. Ainda no período 2018-2022, observa-se um aumento da concentração de OD no sentido montante a jusante da bacia.

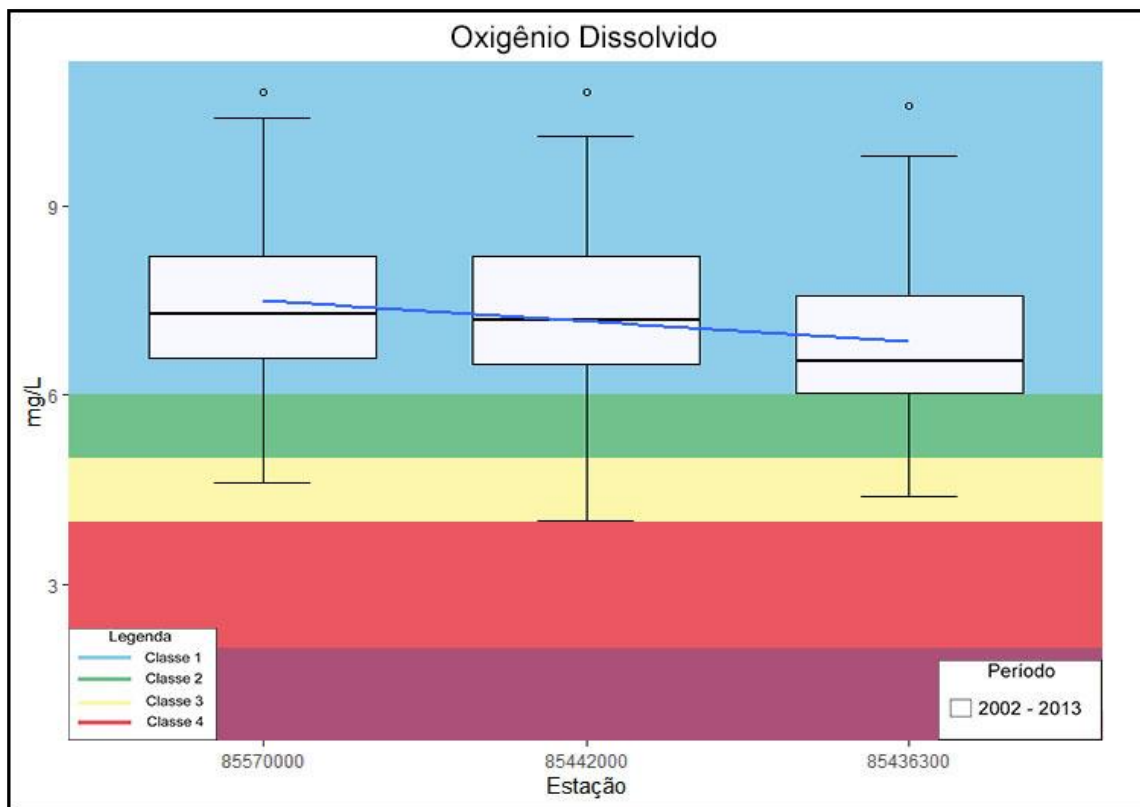


Figura 6 Distribuição do conjunto de dados do Parâmetro Oxigênio Dissolvido no período 2002-2013. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim. O campo azul representa o intervalo da classe 1 (>6,00 mg/L), o campo verde corresponde ao limite da classe 2 (>5,00 mg/L), o amarelo simboliza campo da classe 3 (>4,00 mg/L) e o campo roxo representa a pior classe para o OD, ou seja, abaixo do limite da Classe 4 (< 2 mg/L). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 2 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Oxigênio Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2002-2018 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	10,80	10,80	10,60
P80	8,42	8,26	7,60
Mediana	7,30	7,20	6,55
Média	7,42	7,33	6,76
P20	6,34	6,22	5,76
Valor Mín.:	4,60	4,00	4,40
n° amostras	33	33	34

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

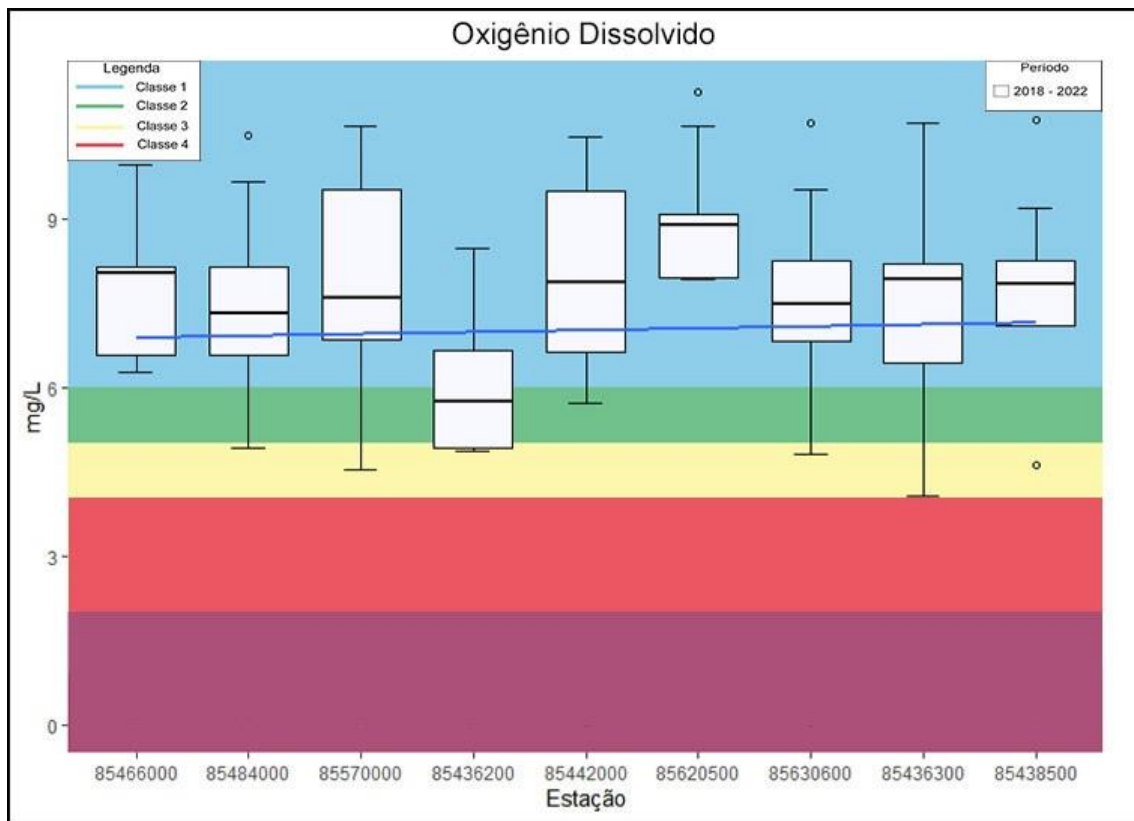


Figura 7 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Oxigênio Dissolvido no período 2018-2022. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim. O campo azul representa o intervalo da classe 1 (>6,00 mg/L), o campo verde corresponde ao limite da classe 2 (>5,00 mg/L), o amarelo simboliza campo da classe 3 (>4,00 mg/L) e o campo roxo representa a pior classe para o OD, ou seja, abaixo do limite da Classe 4 (< 2 mg/L). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Oxigênio Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	9,96	10,48	10,64	8,47	10,44	11,23	10,68	10,69	10,75
P80	8,62	8,74	9,61	7,32	9,54	9,69	8,75	8,58	8,62
Mediana	8,04	7,30	7,59	5,76	7,85	8,87	7,48	7,92	7,84
Média	7,05	6,88	7,18	5,63	7,29	8,15	7,02	6,88	7,00
P20	6,46	5,91	5,92	4,90	6,27	7,94	6,02	5,49	6,10
Valor Mín.:	6,27	4,92	4,55	4,88	5,72	7,93	4,81	4,06	4,63
n° amostras	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

No período 2002-2013, foram coletadas 113 amostras. Dentre todas as amostras, apenas duas apresentaram valores acima dos limites estabelecidos para a classe 1. No dia 24/01/2012, o resultado da estação 85436300 está dentro do intervalo da classe 2 e no dia 07/07/2010 a estação 85570000 teve resultado que se encontra nos limites da classe 3. No período 2018-2022, coletaram-se 79 amostras apresentando valores de DBO dentro dos limites estabelecidos para a classe 1. Porém, apenas uma amostra da estação 85436200 no dia 16/03/2020 apresentou o valor de DBO que se enquadra na classe 2.

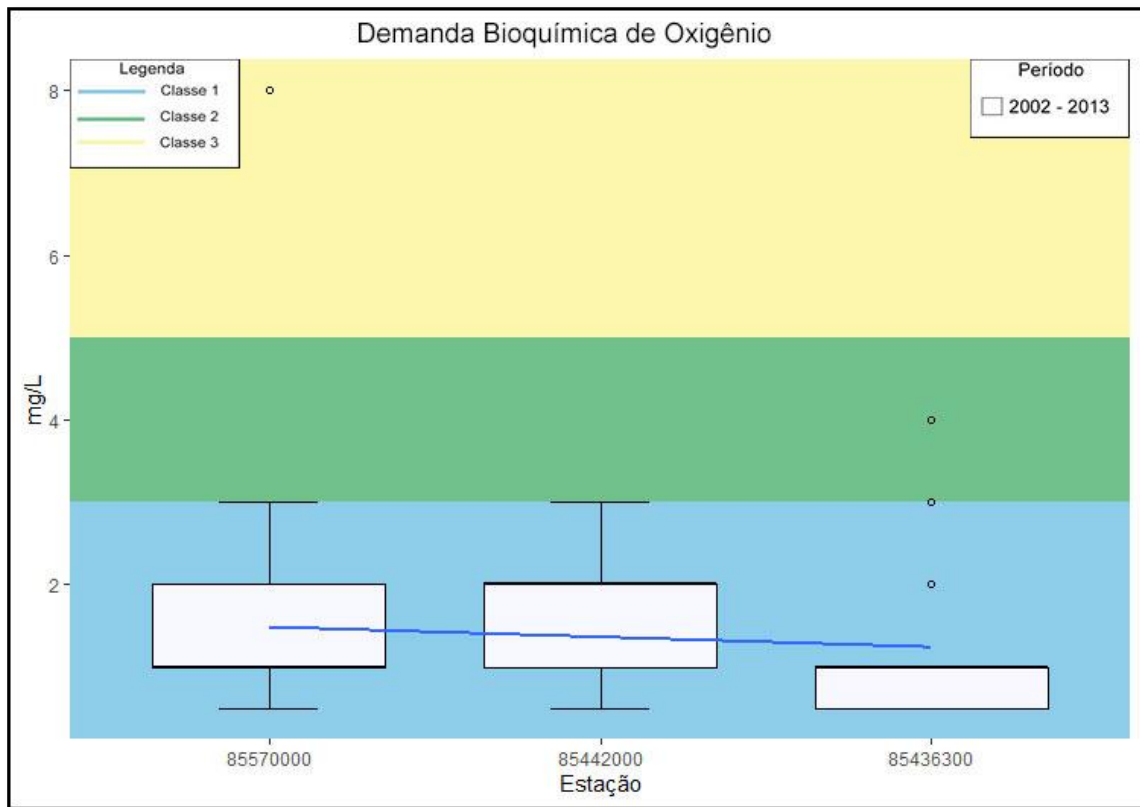


Figura 8 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro DBO no período 2002-2013. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 ($< 3,00 \text{ mg/L}$), o campo em verde a Classe 2 ($< 5,00 \text{ mg/L}$), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 ($< 10,00 \text{ mg/L}$) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 ($> 10,00 \text{ mg/L}$). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 4 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico DBO para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	8,00	3,00	4,00
P80	2,00	2,00	2,00
Mediana	1,00	2,00	1,00
Média	1,39	1,54	1,15
P20	0,50	1,00	0,50
Valor Mín.:	0,50	0,50	0,50
n° amostras	37	37	39

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

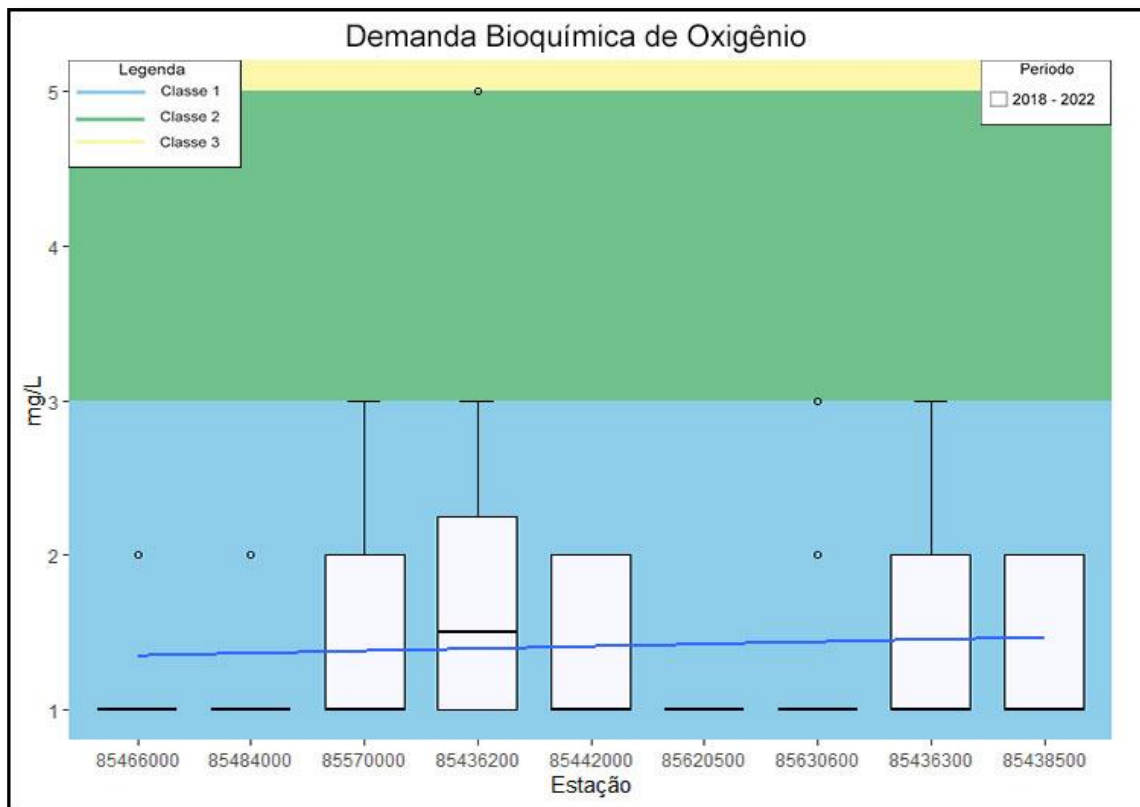


Figura 9 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro DBO no período 2018-2022. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<math>< 3,00 \text{ mg/L}</math>), o campo em verde a Classe 2 (<math>< 5,00 \text{ mg/L}</math>), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<math>< 10,00 \text{ mg/L}</math>) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 ($> 10,00 \text{ mg/L}$). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico DBO para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	2,00	2,00	3,00	5,00	2,00	1,00	3,00	3,00	2,00
P80	1,40	1,00	2,00	2,60	2,00	1,00	1,40	2,00	2,00
Mediana	1,00	1,00	1,00	1,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Média	1,22	1,11	1,56	2,00	1,44	1,00	1,33	1,56	1,44
P20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Valor Mín.:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
n° amostras	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.3. Razão Demanda Química de Oxigênio/ Demanda Bioquímica de Oxigênio

Não existe um padrão estipulado na Resolução N° 357/05 do CONAMA para DQO. Entretanto, adotou-se como referência o intervalo 3:1 e 10:1 da razão DQO/DBO, considerado típico para rios submetidos à influência/contribuição de lançamentos de esgotos domésticos (WHO, 1996). É possível correlacionar os valores de DQO e DBO no intuito de avaliar a biodegradabilidade do esgoto. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO (razão abaixo de 3:1) significa que mais biodegradável será o efluente. Mas valores muito elevados desta relação (razão acima de 10:1) indicam uma baixa biodegradabilidade devida a presença de matéria inorgânica. Dessa forma é comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes que apresentam a razão DQO/DBO abaixo de 3:1. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2016).

No período 2002-2013 foram coletadas 111 amostras nas estações 85570000, 85442000 e 85436300. Para a estação 85570000 foram coletadas 36 amostras. A média e mediana dos valores da razão DQO/DBO foi de 25,95 e 19,50, respectivamente. O Percentil 80 (P80) foi de 35,00 e o Percentil 20 (P20) de 14,00. Há 2 outliers neste período, um deles igual a 78,00 e o outro igual a 64,00, valores ligeiramente maiores que o limite superior (60,00). O limite inferior dos valores foi 2,38. A estação 85442000 teve 37 amostras coletadas. A média foi de 18,90 e a mediana 16,00. Os valores para Percentil 80 e Percentil 20 foram 23,60 e 10,20, respectivamente. Há 4 outliers acima do limite superior, onde o valor máximo foi igual a 52,00 e o valor mínimo coincidindo com o limite inferior igual a 6,00. Na estação 85436300 coletaram-se 38 amostras. A média foi de 17,83 e a mediana 15,50. Os valores para Percentil 80 e Percentil 20 foram 23,60 e 10,00, respectivamente. Há apenas um outlier no período, cujo valor é de 62,00. O limite inferior configura-se como o valor mínimo igual a 4,67. No período 2018-2022, para ambas as estações 85484000 e 85570000 foram coletadas 7 amostras em cada uma. A média e a mediana da razão DQO/DBO em ambas foram de 22,29 e 23,00, respectivamente, sendo a estação 85570000 com o maior valor para o limite superior dentre todas as estações no período (34,00). O P80 e P20 da estação 85484000 foram iguais a 29,20 e 18,20, respectivamente. O P80 da estação 85570000 foi igual a 29,00 e o P20 13,40. Na estação 85436200 coletaram-se 6 amostras. A média e mediana foram de 19,50 e 18,50,

respectivamente, com o limite inferior igual a 9,50 e o superior igual a 31,00. O P80 das amostras foi igual a 26,00, enquanto o P20 foi de 13,50. A estação 85442000 teve 7 amostras coletadas. Os valores das amostras tiveram média e mediana iguais a 18,50 e 20,00, respectivamente, com o limite inferior igual a 5,00 e o superior igual a 33,00. O P80 das amostras foi igual a 24,00, enquanto o P20 foi de 11,90. Para a estação 85620500 foram coletadas 5 amostras. A média, mediana, limites inferior e superior foram iguais a 8,80, 9,00, 3,00 e 12,00, respectivamente. O P80 das amostras foi igual a 12,00, enquanto o P20 foi de 7,00. Na estação 85630600 coletaram-se 7 amostras. A média e mediana foram 11,86 e 9,00, respectivamente. O percentil 80 (P80) foi de 16,20, enquanto o Percentil 20 (P20) foi de 7,20. Os valores máximo e mínimo tiveram valores iguais a 23,00 e 6,00, respectivamente. A estação 85436300 teve 7 amostras coletadas. A média de seus valores foi de 15,57 e mediana igual a 14,50. O Percentil 80 (P80) das amostras foi igual a 20,60, enquanto o Percentil 20 (P20) foi de 8,00. O limite superior dos valores foi igual a 26,00 e o limite inferior igual a 8,00. Para a estação 85438500 teve 7 amostras coletadas. Os valores da média e mediana foram iguais a 16,50 e 18,00, respectivamente. O Percentil 80 foi igual a 22,80, enquanto o Percentil 20 foi de 8,80. O valor máximo foi de 26,00 e o valor mínimo igual a 5,00.

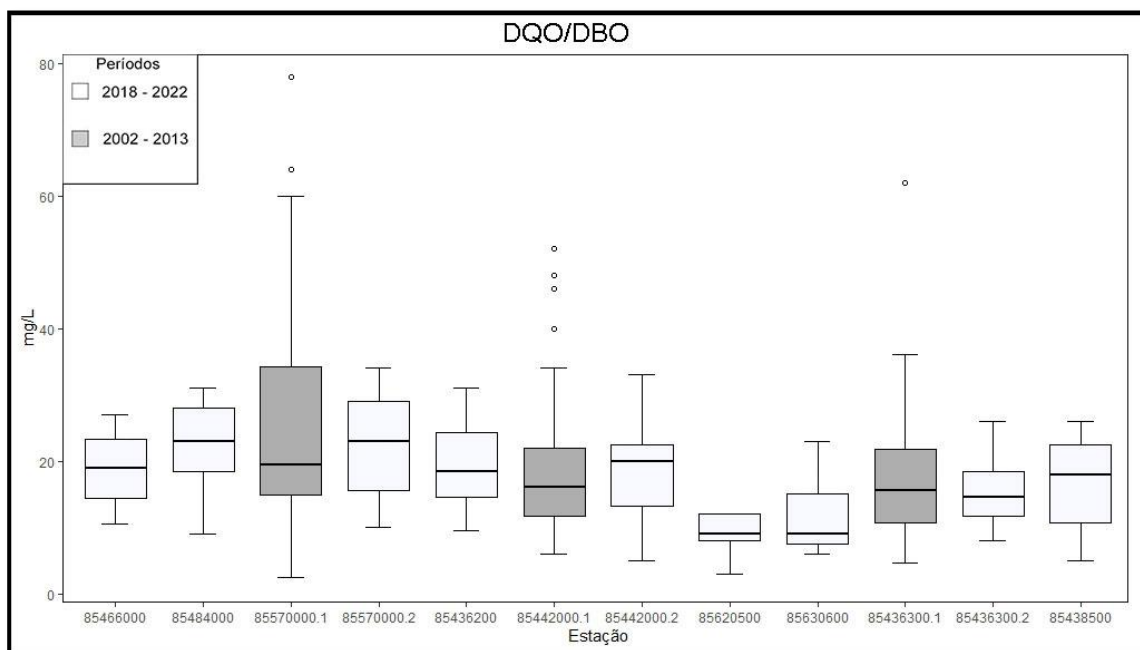


Figura 10 Distribuição do conjunto de dados significativos da razão DQO/DBO. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 6 Sumário estatístico da razão entre DQO e DBO para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	27,00	31,00	34,00	40,00	33,00	21,00	24,00	29,00	26,00
P80	26,20	29,20	29,00	30,20	29,80	12,00	21,80	25,20	22,80
Mediana	21,50	23,00	24,00	26,00	22,00	10,50	13,00	21,00	18,00
Média	21,88	23,57	25,43	25,71	23,14	10,83	15,00	19,14	18,29
P20	18,60	18,20	20,60	19,00	20,00	8,00	9,60	13,40	14,20
Valor Mín.:	15,00	18,00	19,00	19,00	11,00	8,00	7,00	8,00	10,00
n° amostras	8	7	7	7	7	6	7	7	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.4. Escherichia coli

Em relação ao parâmetro *E. Coli.*, constatou-se uma variação nos parâmetros estatísticos entre Classe 1 até acima do limite da pior classe, com os valores mais altos pertencentes às estações próximas ao Arroio Arenal (85436200) e Rio Jacuí (85436300). A estação 85436200 que monitora o Arroio Arenal em Santa Maria apresentou os piores resultados. Com 9 amostras coletadas, teve a média dos valores pertencentes à classe 3 (2.050,88 NMP/100mL), valor mínimo em condição de classe 2 (637,00 NMP/100mL), valor máximo igual a 5.475,00 NMP/100mL (pior classe), P20 dentro dos limites da classe 2 e P80 em condições de pior classe. Para a estação 85436300, em Restinga Seca, também foram coletadas 9 amostras que apresentaram resultados ruins. O valor mínimo medido ficou na classe 1, sendo os demais na classe 2 (P20 e Mediana), classe 3 (Média) e acima do limite da classe 3 (P80 e Valor Máximo). Para a estação 85570000 no período 2018-2022 predominam os valores de classe 2 (Média, Mediana e P80) em relação aos de classe 1 (P20 e Valor Mínimo) e classe 3 (dois *outliers* acima do limite superior). No período 2002-2013 foram coletadas 24 amostras, com predominância dos valores na classe 2 (Média, Mediana e P80) em relação à classe 1 (P20 e Valor Mínimo) e à valores acima dos limites para classe 3 (Valor Máximo). Na estação 85442000, pertencem à classe 1 os valores de Mínimo e P20, à classe 2 os valores de Média e Mediana e, por fim, à classe 3 os valores de P80 e Máximo. No período 2002-2013 foram coletadas 25 amostras, com predominância dos valores na classe 1 (Mediana, P20 e Valor Mínimo) em relação à classe 2 (Média e P80) e à classe 3 (Valor Máximo). A estação 85466000 apresentou dois *outliers* que se encontram acima do Limite Superior (classe 3). O valor mínimo está dentro dos limites para classe 1, enquanto que a média, mediana e P80 encontram-se no intervalo da classe 2. A linha de tendência indica o aumento da concentração do parâmetro em ambos os períodos no sentido de montante para jusante da bacia.

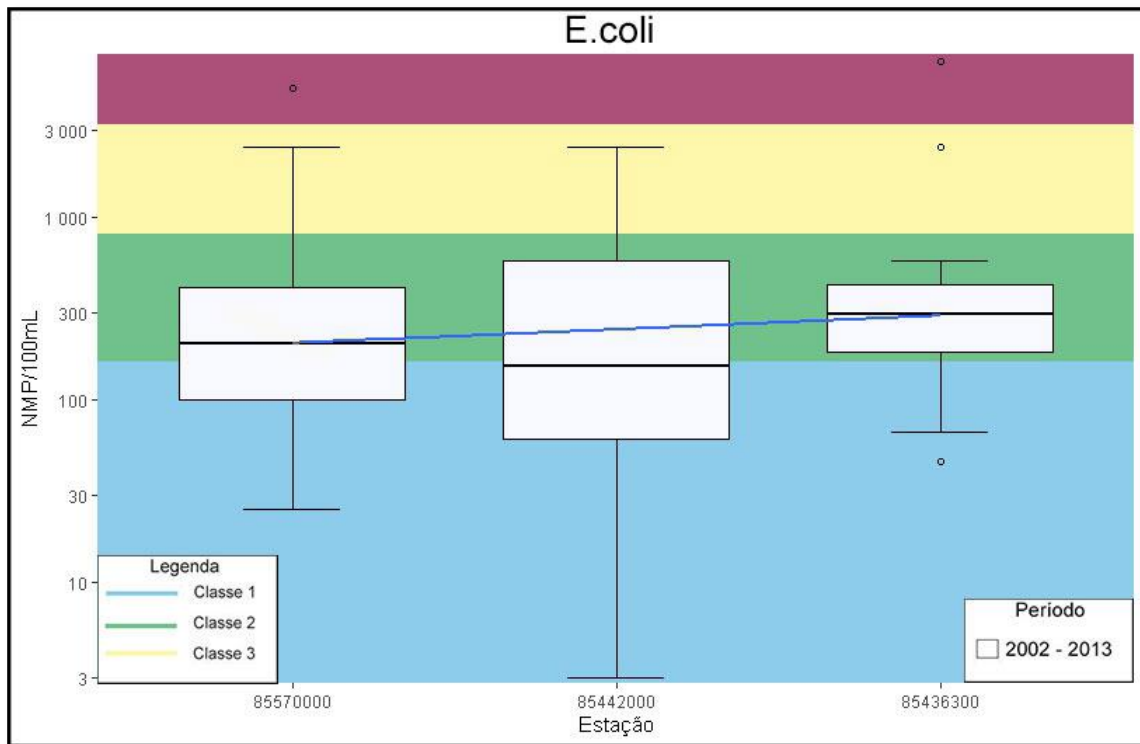


Figura 11 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro *E. coli* para o período 2002-2013. Obs: os limites de classe de qualidade foram recalculados considerando a razão 0,8:1 entre *E. coli* e Coliformes Termotolerantes. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí Mirim. O campo em azul representa o intervalo limite da classe 1 (<160 NMP/100mL), o campo em verde corresponde ao limite da classe 2 (<800 NMP/100mL), em amarelo simbolizado o campo a classe 3 (<3200 NMP/100mL) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (>3200 NMP/100mL). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 Sumário estatístico do parâmetro bacteriológico *E. coli* para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	5100	2420	7200
P80	587,40	729,20	554,00
Mediana	201,50	152,00	295,50
Média	648,46	493,48	776,19
P20	97,20	59,20	170,00
Valor Mín.:	25,00	3,00	46,00
n° amostras	24	25	26

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

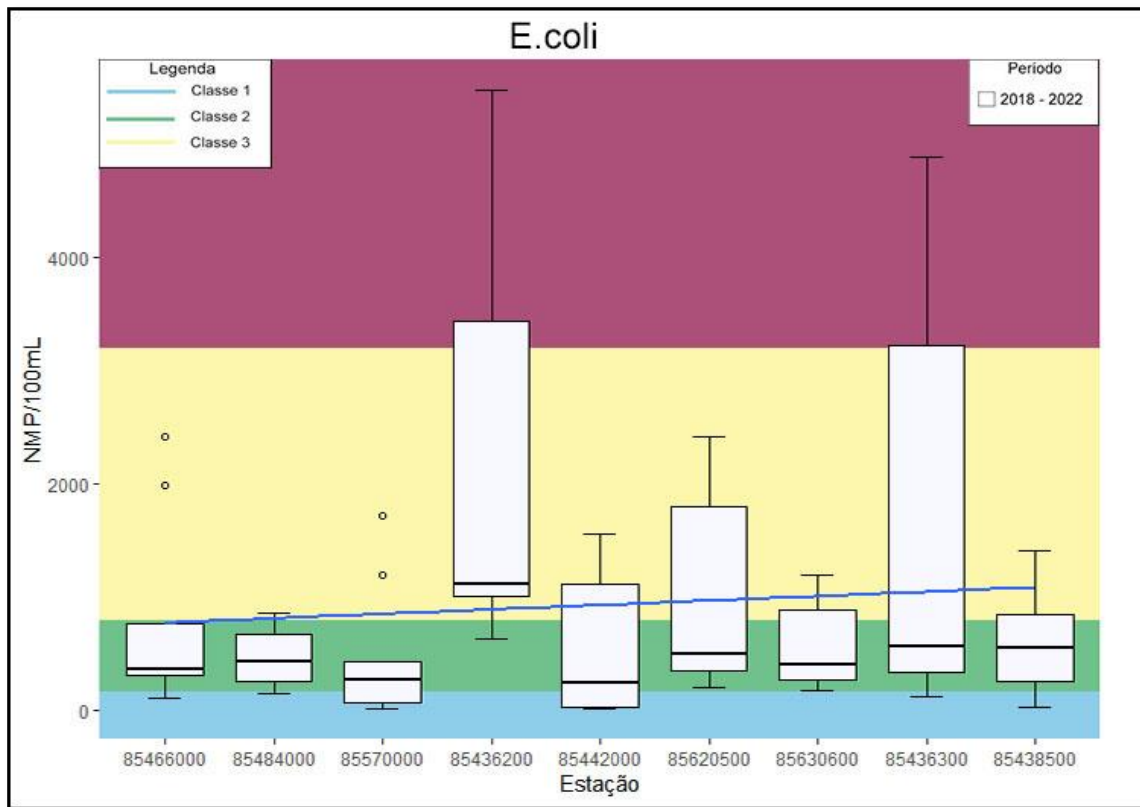


Figura 12 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro *E. coli* para o período 2018-2022. Obs: os limites de classe de qualidade foram recalculados considerando a razão 0,8:1 entre *E. coli* e Coliformes Termotolerantes. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí Mirim. O campo em azul representa o intervalo limite da classe 1 (<160 NMP/100mL), o campo em verde corresponde ao limite da classe 2 (<800 NMP/100mL), em amarelo simbolizado o campo a classe 3 (<3200 NMP/100mL) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (>3200 NMP/100mL). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 Sumário estatístico do parâmetro bacteriológico *E. coli* para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	4030,67	4030,67	1723,90	5475,00	1553,10	4030,67	4030,67	4884,00	4030,67
P80	1.256,58	782,76	738,40	3.526,20	1.235,04	2.159,62	1.153,26	3.422,80	1.240,32
Mediana	364,00	488,40	275,00	1.119,00	248,10	517,20	435,20	571,50	637,25
Média	944,63	862,70	473,99	2.050,88	624,83	1333,52	960,05	1.686,79	1029,46
P20	264,28	245,74	54,20	970,40	34,14	502,80	257,10	298,18	229,08
Valor Mín.:	107,60	153,90	20,00	637,00	21,30	199,30	172,30	122,00	25,60
n° amostras	9	9	9	9	9	9	9	8	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.5. Fósforo Total

No período 2018-2022 foram coletadas 70 amostras em relação ao parâmetro Fósforo Total. Todas as estações apresentaram valores mínimos e Percentil 20 (P20) dentro dos limites da classe 1, com exceção das estações 85442000 e 85436300, que tiveram o P20 no intervalo da classe 3. Há uma queda na qualidade no sentido montante a jusante entre as estações 85466000 (São Gabriel) à 85442000 (formigueiro).

A estação 85620500 que monitora o Rio São Sepé em Santa Maria possui os menores valores entre todas as amostras medidas para Fósforo Total, com todos os valores dentro da classe 1 (Valor Máximo, P80, Mediana, Média, P20 e Valor Mínimo).

Nas estações que monitoram o Rio Vacacaí, 85466000 e 85484000, houve predomínio dos parâmetros estatísticos dentro da classe 3 (P80, Mediana e Média) em relação à classe 1 (P20 e Valor Mínimo). A diferença da qualidade das estações se dá pelo Valor Máximo que se encontra na classe 3 na estação 85484000, enquanto que na estação 85466000 (mais a montante) o Valor Máximo se encontra acima dos limites da pior classe.

Na estação 8557000 foram coletadas 33 amostras no período 2002-2013 e 8 no período 2018-2022. No primeiro período há um predomínio de valores que se encontram acima dos limites da pior classe (Valor Máximo, P80 e Média), enquanto que no segundo período estão na pior classe apenas o Valor Máximo e o Percentil 80. Em ambos os períodos encontram-se parâmetros estatísticos na classe 1 (Percentil 20 e Valor Mínimo) e na classe 3 (Mediana).

As estações que apresentam os piores resultados para Fósforo Total são a 85436200 (Arroio Arenal) e a 85442000 (Rio Vacacaí). Em ambas as estações, no período 2018-2022, foram coletadas 8 amostras cujos resultados demonstraram predominância da qualidade na pior classe (Valor Máximo, P80, Mediana e Média). A diferença se dá pelo parâmetro Percentil 20 que está dentro dos limites da classe 1 na primeira e no intervalo da classe 3 na segunda. No período 2002-2013 foram coletadas 33 amostras para o parâmetro Fósforo Total na estação 85442000, apresentando valores acima dos limites da pior classe (Valor Máximo, P80 e Média) e no intervalo da classe 3 (Mediana).

A estação 85630600 que monitora o Rio São Sepé (mais a jusante em relação a estação 85620500) indica uma queda na qualidade quando o rio se aproxima da foz (Rio Vacacaí). Os parâmetros estatísticos ainda predominam na classe 1 (Mediana, P20, Valor Mínimo), porém a média e P80 se encontram na classe 3, enquanto que o valor máximo se encontra acima dos limites da pior classe.

Nas estações 85436300 e 85438500 que operam o Rio Vacacaí-Mirim há uma queda na qualidade em relação ao parâmetro Fósforo Total conforme o rio se aproxima à sua foz no Rio Jacuí. Na estação 85436300, somente para o cálculo do Valor Mínimo medido a amostra ficou dentro da Classe 1, sendo para o Valor Máximo obtido acima do limite da pior classe e para os demais valores (Média, Mediana, P80 e P20) os valores se encontravam no intervalo da classe 3. Na estação 85438500 (período 2018-2022), a média e mediana estão dentro do intervalo da classe 3, enquanto que o Percentil 80 e Valor Máximo se encontram acima dos limites da pior classe. Na mesma estação (período 2002-2013), os parâmetros estatísticos se encontram nas mesmas condições de qualidade, com exceção do Percentil 80 que está no intervalo da classe 3. A linha de tendência ligeiramente decrescente em ambos os períodos indica a diminuição da concentração de fósforo total no sentido montante a jusante da bacia.

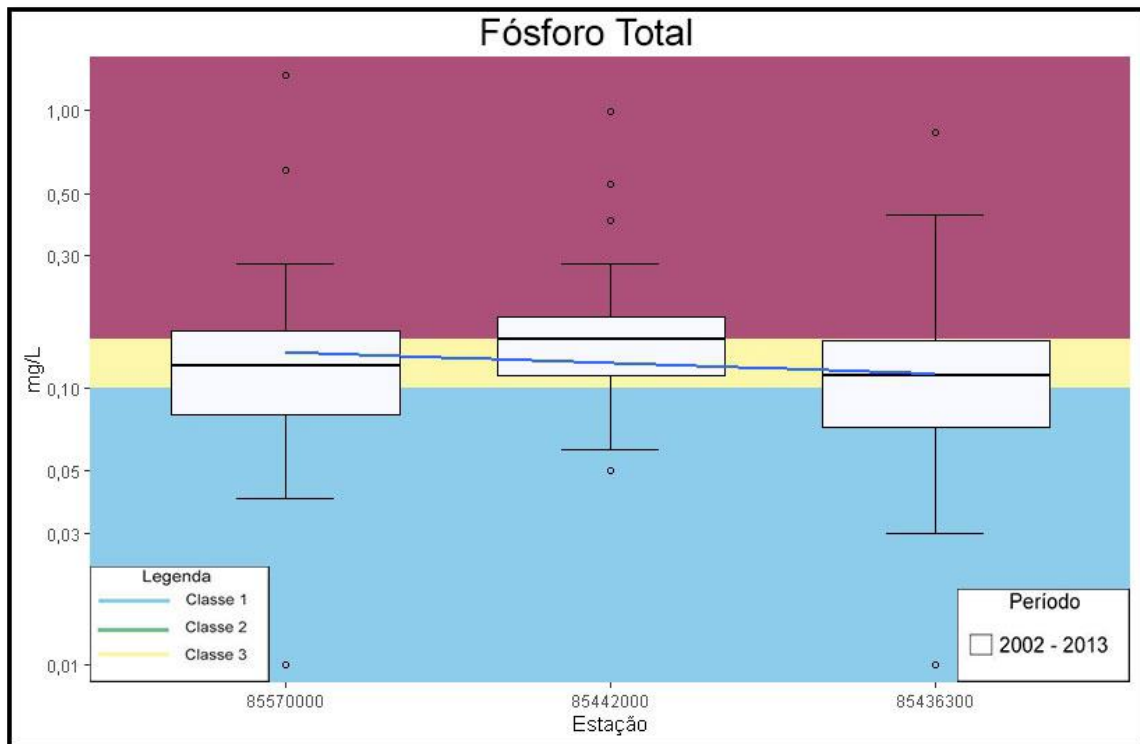


Figura 13 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Fósforo total para o período 2002-2013. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<0,1 mg/L), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<0,15 mg/L) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (>0,15 mg/L). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Fósforo Total para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	1,34	0,99	0,83
P80	0,18	0,24	0,15
Mediana	0,12	0,15	0,11
Média	0,17	0,19	0,14
P20	0,07	0,10	0,06
Valor Mín.:	0,01	0,05	0,01
n° amostras	33	33	34

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

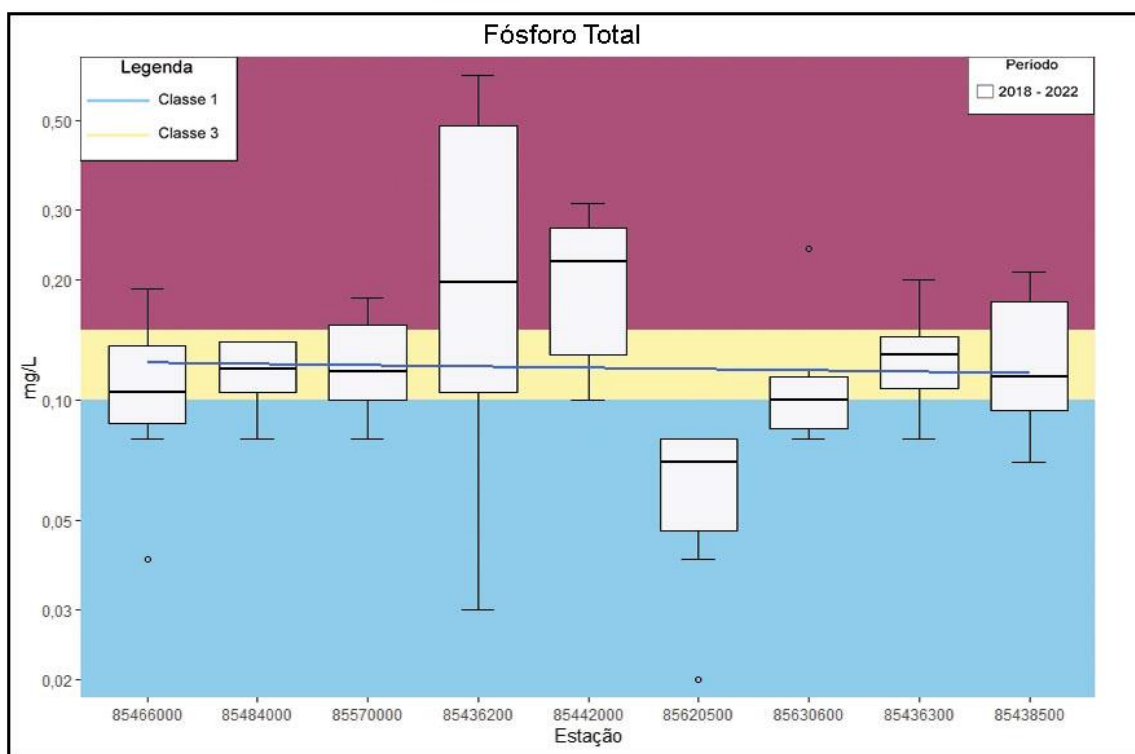


Figura 14 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Fósforo total para o período 2018-2022. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<0,1 mg/L), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<0,15 mg/L) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (>0,15 mg/L). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Fósforo Total para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	0,19	0,14	0,18	0,65	0,31	0,08	0,24	0,20	0,21
P80	0,14	0,14	0,16	0,52	0,28	0,08	0,12	0,15	0,19
Mediana	0,11	0,12	0,12	0,20	0,23	0,07	0,10	0,13	0,12
Média	0,11	0,12	0,13	0,29	0,21	0,06	0,12	0,13	0,13
P20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,05	0,08	0,11	0,09
Valor Mín.:	0,04	0,08	0,08	0,03	0,10	0,02	0,08	0,08	0,07
n° amostras	8	8	8	8	8	8	6	8	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.6. Turbidez

No período 2018-2022 foram coletadas 9 amostras em cada estação para o parâmetro Turbidez. Embora haja um predomínio dos valores dentro da classe 1, ainda há muitas amostras no intervalo da classe 2 e alguns valores máximos acima dos limites da pior classe (Tabela 12). Na estação 85466000 somente o Valor Máximo e P80 ficaram dentro da classe 2; todos os demais parâmetros estatísticos calculados estão na classe 1. As estações 85484000 e 85570000, ambas monitorando o Rio Vacacaí, apresentaram os parâmetros estatísticos com valores dentro do intervalo da classe 2 (Média, Mediana e Percentil 80), diferenciando-se apenas pelo Valor Máximo que está acima dos limites da pior classe na estação mais a jusante (85570000). No período 2002-2013, coletaram-se 31 amostras para a estação 85570000 em relação ao parâmetro Turbidez. Os parâmetros estatísticos tiveram predominância na classe 2 (Média, Mediana, P80) em relação à classe 1 (Valor Mínimo) e valores acima dos limites da pior classe (Valor Máximo e P80). A estação 85436200 que monitora o Arroio Arenal no município de Santa Maria teve os melhores resultados para Turbidez entre as outras. Apenas o Valor Máximo dentre as amostras está no intervalo da classe 2, os demais parâmetros estatísticos estão dentro dos limites da classe 1 (Mediana, Média, P80, P20 e Valor Mínimo). No período 2018-2022, a estação 85442000 apresentou apenas o Valor Máximo acima dos limites da pior classe, enquanto que os outros parâmetros estatísticos (Média, Mediana e P80) estão na Classe 2. No período 2002-2013, na mesma estação, foram coletadas 31 amostras que tiveram o Valor Máximo e P80 acima dos limites da pior classe, enquanto que outros parâmetros estão na classe 2 (Mediana, Média e P20) e na classe 1 (Valor Mínimo).

Os resultados das amostras nas estações que monitoram o Rio São Sepé, 85620500 e 85630600, mostraram que houve uma queda na qualidade das águas em relação à turbidez conforme o rio se aproxima da foz. Ambas as estações apresentam valores na classe 2 (Valor Máximo e P80) e na classe 1 (Mediana, P20 e Valor Mínimo). A diferença se dá na Média dos valores, que demonstra um aumento de unidades nefelométricas de turbidez no sentido jusante do rio (classe 1 para a primeira estação e classe 2 para a segunda). As estações que monitoram o Rio Vacacaí-Mirim, 85436300 e 85438500, apresentaram os parâmetros estatísticos na classe 1 (Mediana, P20 e Valor mínimo), classe 2 (P80 e Média) e Valores Máximos acima do limite da pior classe. Apesar da classificação, analisando os valores de ambas estações, é possível constatar que houve um leve aumento de unidades nefelométricas de turbidez no sentido jusante do rio. No período 2002-2013, foram coletadas 33 amostras para a estação 85436300. Houve predomínio dos parâmetros estatísticos na classe 2 (P80, Mediana e Média) em relação à classe 1 (P20 e Valor Mínimo) e acima dos limites da pior classe (Valor Máximo). Os resultados nesse período indicam uma melhora na qualidade das águas em relação às outras estações (85570000 e 85442000). No sentido de montante para jusante da bacia, houve uma diminuição dos valores do parâmetro para o período 2002-2013 e um leve aumento dos valores para o período 2018-2022.

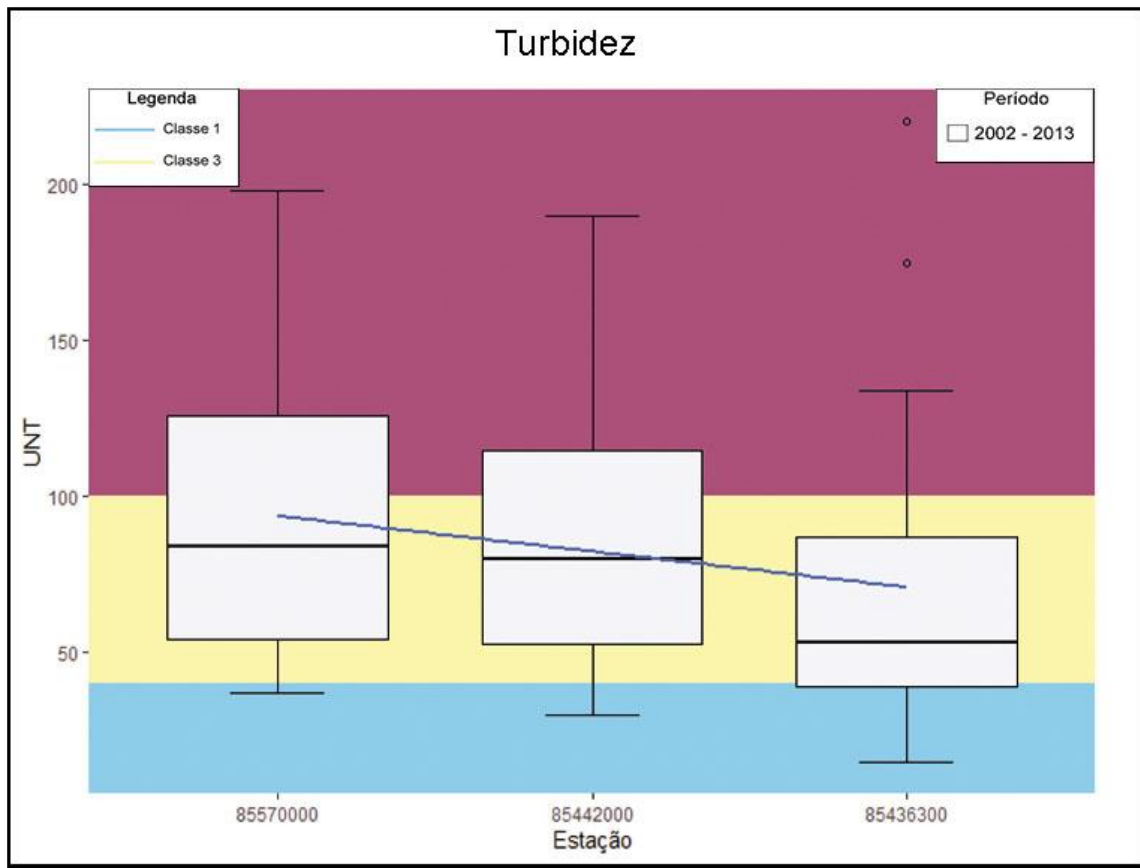


Figura 15 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro turbidez no período 2002-2013. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo em azul representa o limite da classe 1 (<40,00 UNT), o campo em amarelo simboliza o limite da classe 3 (≤100,00 UNT) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (>100,00 UNT). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Turbidez para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	190	198	220
P80	127	135	93,6
Mediana	80	84	53
Média	86,2	91,8	69
P20	51	42	38,4
Valor Mín.:	30	37	15
n° amostras	31	31	33

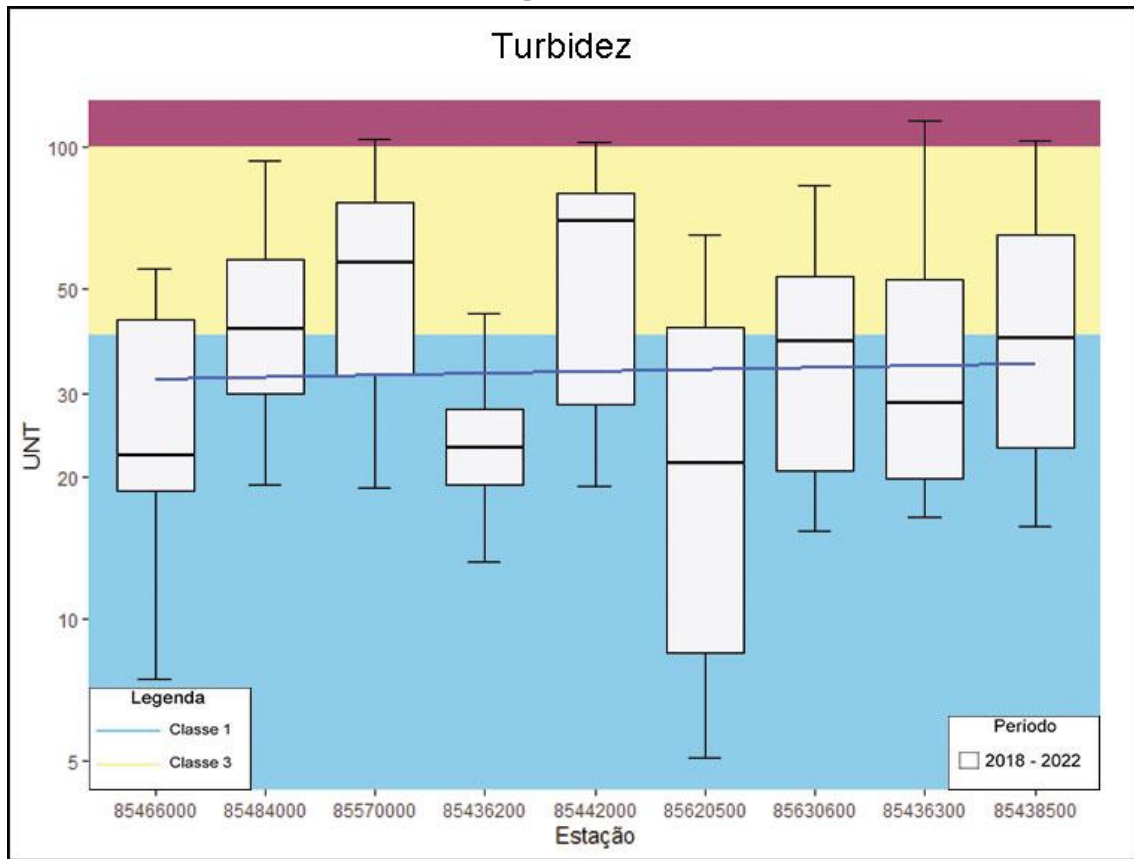


Figura 16 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro turbidez no período 2018-2022. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo em azul representa o limite da classe 1 (<40,00 UNT), o campo em amarelo simboliza o limite da classe 3 (≤100,00 UNT) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (>100,00 UNT). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Turbidez para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	55,26	93,40	104,13	44,44	102,10	65,14	82,91	114,17	102,80
P80	43,32	63,85	78,09	33,04	82,11	41,62	54,72	59,20	65,30
Mediana	22,20	41,31	57,00	23,01	69,91	21,38	38,90	28,79	39,32
Média	28,23	46,38	56,07	25,17	59,29	25,94	40,75	43,30	46,85
P20	17,73	28,24	29,10	17,18	25,28	7,90	19,90	18,80	22,31
Valor Mín.:	7,46	19,20	19,00	13,18	19,10	5,07	15,41	16,40	15,70
n° amostras	9	9	9	9	9	9	9	9	9

4.7. Nitrogênio Amoniacal

No período 2018-2022, foi determinada a concentração de Nitrogênio Amoniacal em 62 amostras. Todas as estações apresentaram valores dentro dos limites da classe 1. A estação 85436200 apresentou as maiores quantidades de nitrogênio amoniacal, porém, não ultrapassou o intervalo da classe 1. O mesmo pode ser dito das 99 amostras coletadas no período 2002-2013 que apresentaram os parâmetros estatísticos na classe 1, com ligeira diminuição da quantidade no sentido jusante.

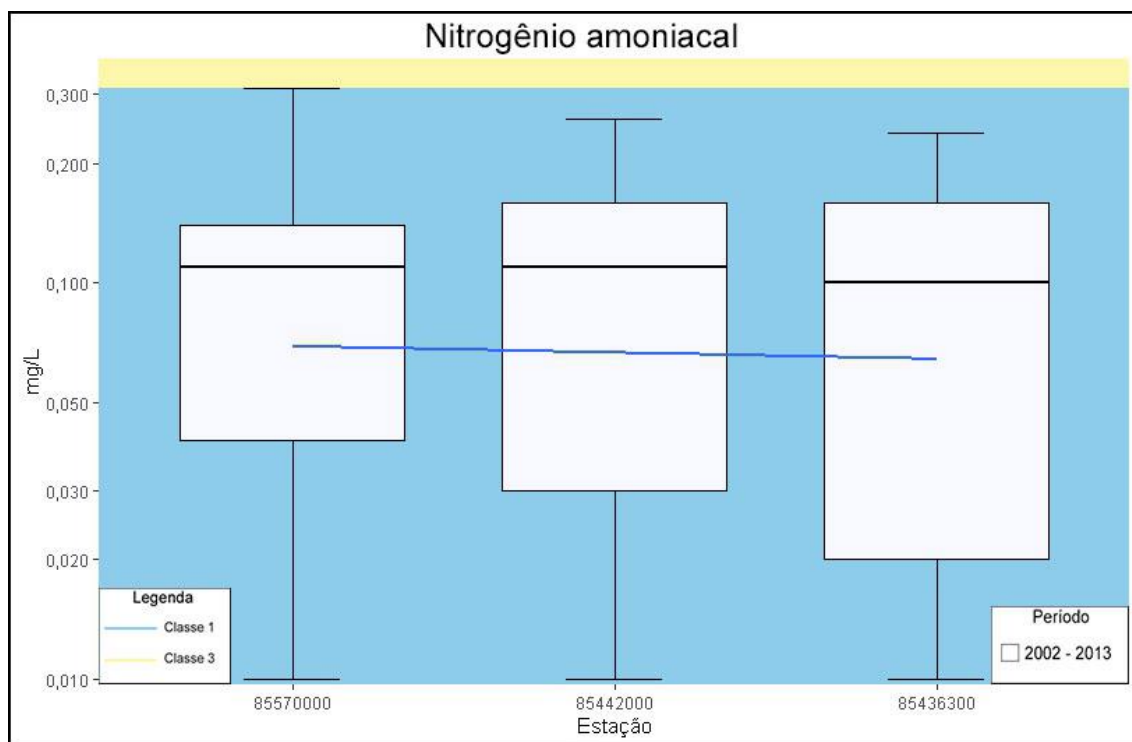


Figura 17 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Nitrogênio amoniacal para o período 2002-2013. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<3,7 mg/L), o campo amarelo Classe 3 (<13,3 mg/L). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 Sumário estatístico do parâmetro Nitrogênio amoniacal para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	0.31	0.26	0.23
P80	0.17	0.17	0.18
Mediana	0.11	0.11	0.10
Média	0.10	0.11	0.10
P20	0.02	0.02	0.01
Valor Mín.:	0.01	0.01	0.01
n° amostras	33	33	33

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

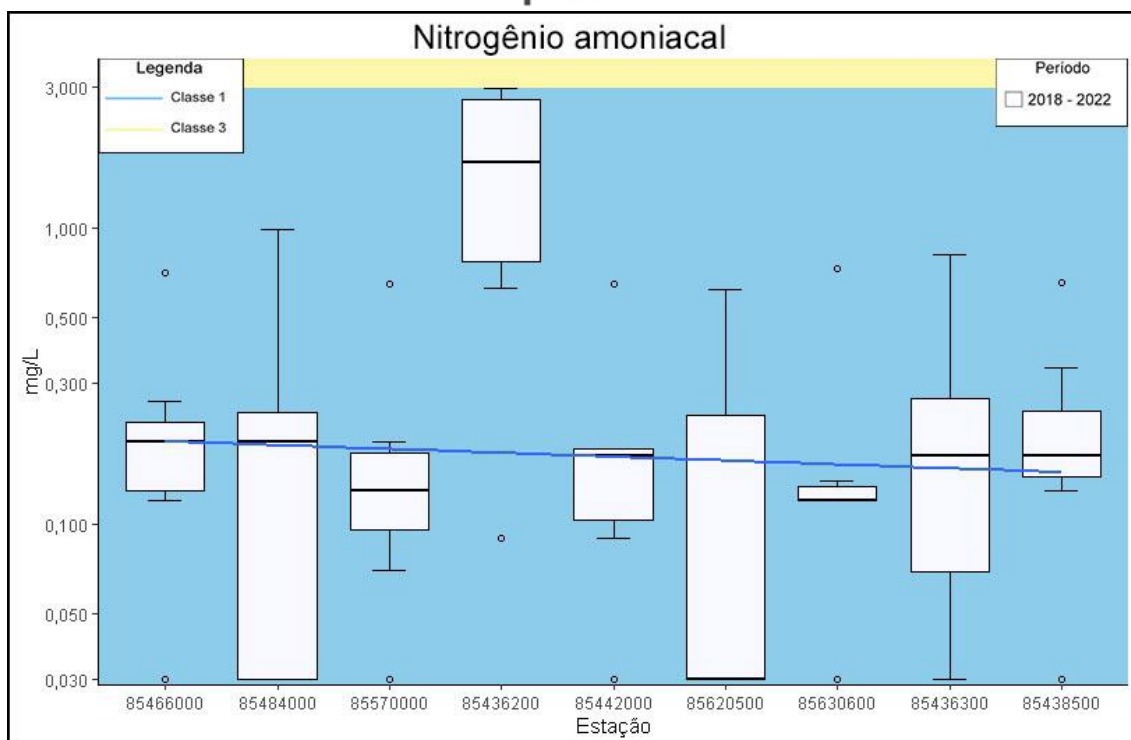


Figura 18 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro físico-químico Nitrogênio amoniacal para o período 2018-2022. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<math>< 3,7 \text{ mg/L}</math>), o campo amarelo Classe 3 (<math>< 13,3 \text{ mg/L}</math>). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14 Sumário estatístico do parâmetro Nitrogênio amoniacal para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	0,71	0,99	0,65	2,97	0,65	0,62	0,73	0,82	0,66
P80	0,25	0,25	0,19	2,81	0,18	0,25	0,14	0,26	0,31
Mediana	0,19	0,19	0,13	1,67	0,17	0,03	0,12	0,17	0,17
Média	0,23	0,25	0,20	1,68	0,21	0,17	0,20	0,25	0,24
P20	0,12	0,03	0,08	0,69	0,09	0,03	0,12	0,06	0,13
Valor Mín.:	0,03	0,03	0,03	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
n° amostras	7	7	7	7	6	7	7	7	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.8. Ferro Dissolvido

No período 2018-2022, foi determinada a concentração de Ferro Dissolvido em 54 amostras. A estação 85442000 apresentou os piores resultados, com o Valor Máximo acima dos limites da pior classe (acima de 5 mg/L) e os demais parâmetros estatísticos na classe 3 (P80, Mediana, Média, P20 e Valor Mínimo). As demais estações apresentaram todos valores dentro do intervalo da classe 3 (acima de 0,3 mg/L), com destaque às estações 85570000 e 85438500 que tiveram médias ligeiramente maiores que as outras.

No período 2002-2013 os valores para Ferro Dissolvido foram maiores, onde as estações 85570000, 85442000 e 85438500 apresentaram Valor Máximo acima dos limites da pior classe e os demais parâmetros estatísticos na classe 3 (P80, Mediana, Média, P20 e Valor Mínimo), com exceção da última estação que teve o Valor Mínimo dentro do limite da classe 1.

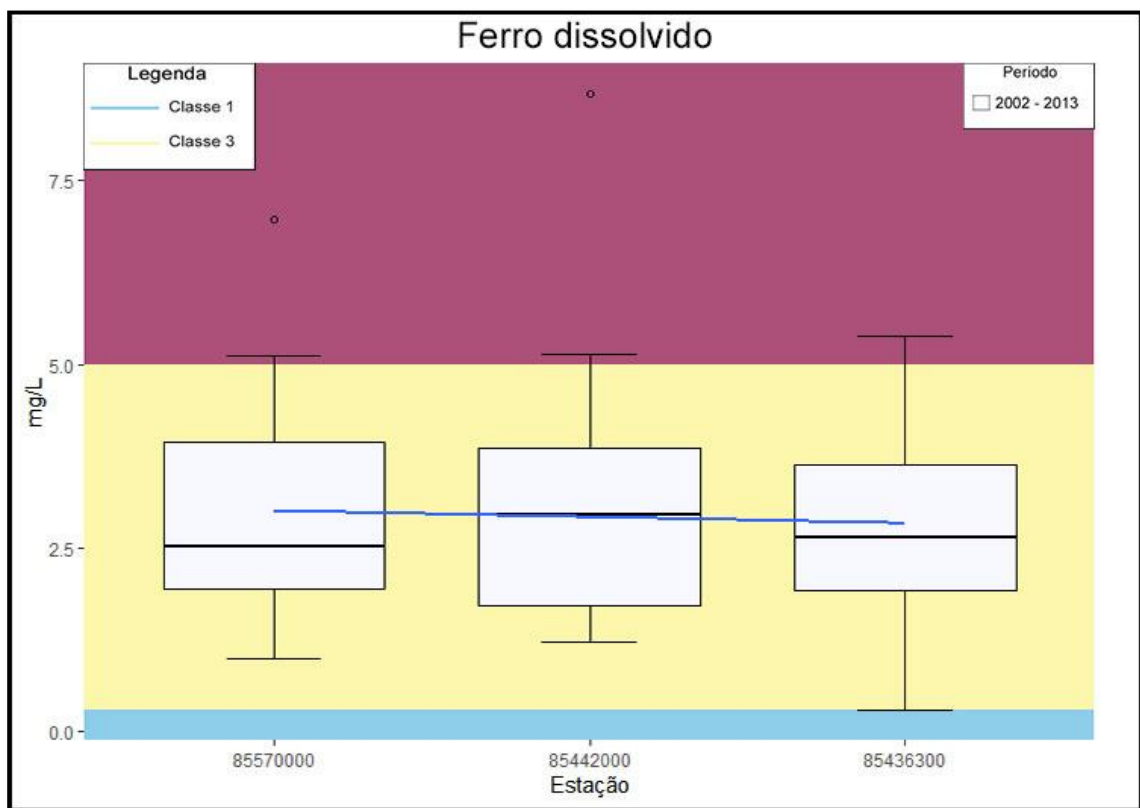


Figura 19 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro físico-químico Ferro Dissolvido no período 2002-2013. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (< 0,3 mg/L), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<5,00 mg/L) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (> 5,00 mg/L). A linha azul indica a tendência decrescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 15 Sumário estatístico do parâmetro Ferro Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2002-2013 na BHVVM.

Estação	85570000	85442000	85436300
Valor máx	6,97	8,67	5,39
P80	4,35	3,94	3,80
Mediana	2,51	2,95	2,64
Média	2,97	2,97	2,81
P20	1,77	1,51	1,80
Valor Mín.:	1,00	1,22	0,298
n° amostras	34	33	36

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

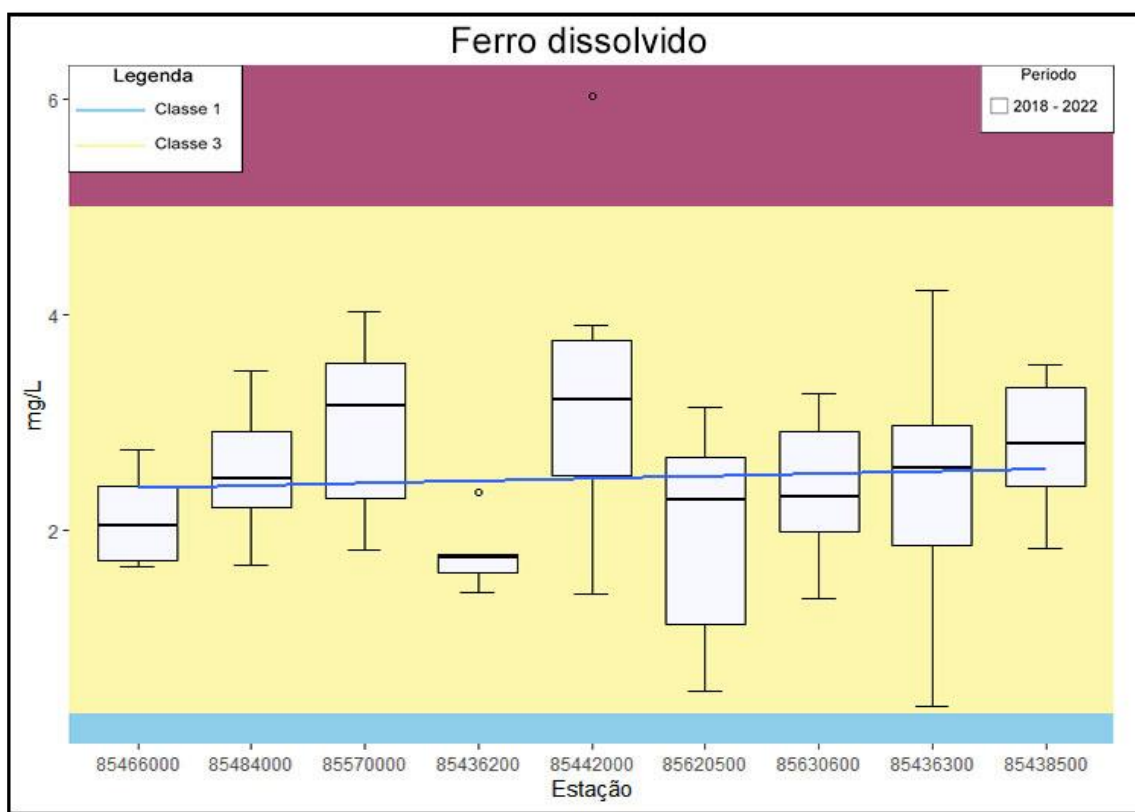


Figura 20 Distribuição do conjunto de dados do parâmetro físico-químico Ferro Dissolvido no período 2018-2022. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim. O campo azul representa o limite da Classe 1 (< 0,3 mg/L), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<5,00 mg/L) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 (> 5,00 mg/L). A linha azul indica a tendência crescente dos valores no gráfico no sentido montante a jusante da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 16 Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Ferro Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2018-2022 na BHVVM.

Estação	85466000	85484000	85570000	85436200	85442000	85620500	85630600	85436300	85438500
Valor máx	2,75	3,48	4,02	2,35	6,02	3,14	3,27	4,23	3,53
P80	2,43	3,03	3,62	1,77	3,90	2,69	3,08	3,08	3,43
Mediana	2,05	2,48	3,16	1,74	3,21	2,28	2,31	2,58	2,80
Média	2,11	2,55	2,97	1,77	3,35	1,96	2,38	2,41	2,79
P20	1,71	2,14	2,06	1,57	2,32	0,87	1,91	1,64	2,34
Valor Mín.:	1,66	1,68	1,81	1,42	1,41	0,51	1,37	0,37	1,83
n° amostras	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados expostos, a BHVVM apresentou uma média dos valores para OD, DBO, Nitrogênio Amoniacal dentro dos limites da classe 1.

De modo geral, os parâmetros mais preocupantes são fósforo total, *E. coli*, turbidez e a razão entre a demanda química de oxigênio e a demanda bioquímica de oxigênio (DQO/DBO), pois apresentaram a maioria dos valores na classe 3 e acima dos limites da pior classe, comprometendo os usos múltiplos da água, como a proteção do ecossistema aquático, contato primário e aquicultura. Para os parâmetros *E. coli* e Turbidez, há indício de decaimento na qualidade da água no sentido montante a jusante da bacia, porém, os valores mais altos ocorrem em estações mais ao centro e a leste da bacia - 85436200 e 85442000 - com influência do município de Santa Maria e Restinga Seca, respectivamente. As estações mais próximas aos municípios Formigueiro (85630600) e São Sepé (85620500) - que monitoram o Rio São Sepé - apresentaram bons resultados, contudo, houve uma piora na qualidade conforme se aproxima a sua foz no Rio Vacacaí.

A figura 13 apresenta uma linha de tendência ligeiramente decrescente em relação aos valores de Fósforo total no sentido montante jusante da bacia, porém, as estações 85442000 (Formigueiro) e 85436200 (Santa Maria) foram as que apresentaram os piores resultados para esse parâmetro. As estações monitoram os Rios Vacacaí e Arroio Arenal, respectivamente, onde a estação 85442000 tem maior influência agrícola (*i.e.* predominância de produção de soja aos arredores da estação) e está bem próxima a um vilarejo, enquanto que a estação 85436200 tem maior influência da área urbana de Santa Maria. Dessa forma, os níveis de concentração excessiva desse elemento pode indicar a presença de fertilizantes utilizados na agricultura, que possuem o fósforo como um dos principais compostos. Além disso, podem indicar também a presença de detergentes superfosfatados e matéria fecal, provenientes de esgotos sanitários.

Essas mesmas estações também apresentaram valores altos para *Escherichia coli* e Turbidez, juntamente com as estações 85436300 (Vacacaí-Mirim) e 85570000 (Rio Vacacaí). Considerando as ações antrópicas, as elevações da turbidez das águas podem ter sido provocadas por efluentes industriais. Contudo, a presença de *E. coli*, que possui origem unicamente fecal, indica áreas em que o esgoto não é tratado ou em que há grande aporte de dejetos oriundos da pecuária. Com relação à razão DQO/DBO, todas as estações apresentaram valores acima do intervalo 10:1, ou seja, a fração inerte (não biodegradável) é alta, indicando maior estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Haver mais demanda química do que bioquímica é um indício de que o efluente seria menos biodegradável, indicando despejos de origem industrial (CETESB, 2016).

Em relação ao Ferro Dissolvido, todas as estações em ambos os períodos apresentaram valores dentro dos limites da classe 3 e algumas amostras com valores acima da mesma. Segundo a CETESB, em 2005, o nível de ferro pode aumentar em regiões com chuvas frequentes devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos erosivos das margens (MENEZES, 2010).

Para fazer uma representação gráfica dos usos e coberturas do solo, foi utilizada a coleção 7.1 do Projeto MapBiomass para os anos de 2002, 2013, 2018 e 2021 (Figuras 21 a 24). O Projeto MapBiomass é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite.

Nas figuras 21 e 22, observa-se que houve um grande aumento acerca dos usos do solo para o cultivo de soja de 2002 a 2013 e que continuou aumentando entre 2018 e 2021, com destaque aos municípios de São Gabriel e São Sepé que possuem a agropecuária como uma de suas principais atividades econômicas. Em contrapartida, as áreas destinadas a outras lavouras temporárias diminuíram consideravelmente nesse mesmo período. O aumento das áreas não vegetadas e infraestrutura urbana pode ser desconsiderado em relação às áreas voltadas à agricultura. A figura 23 indica o aumento da área destinada à produção orizícola nos municípios em 2018, com destaque ao município São Gabriel que apresentou esse aumento de forma mais expressiva em 2018 e continuou aumentando nos anos seguintes (Figura 24).

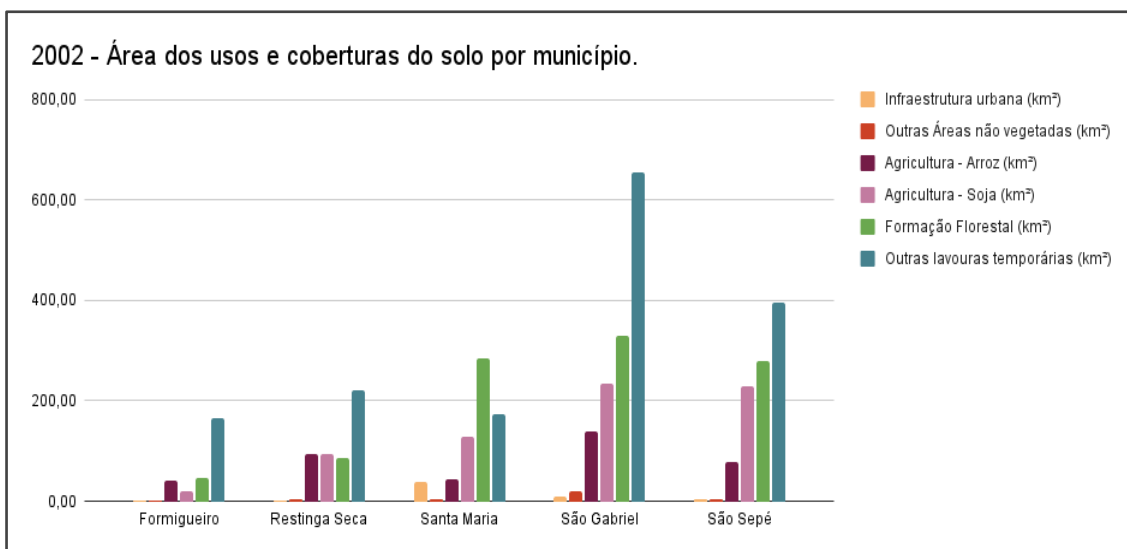


Figura 21 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2002. Fonte: Projeto Mappiomas, coleção 7.1.

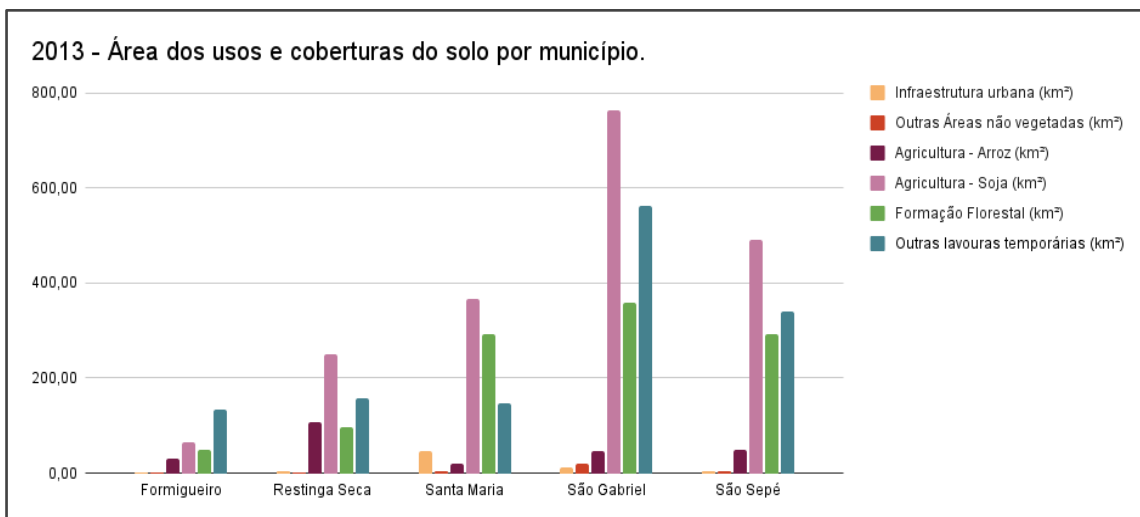


Figura 22 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2013. Fonte: Projeto Mappiomas, coleção 7.1.



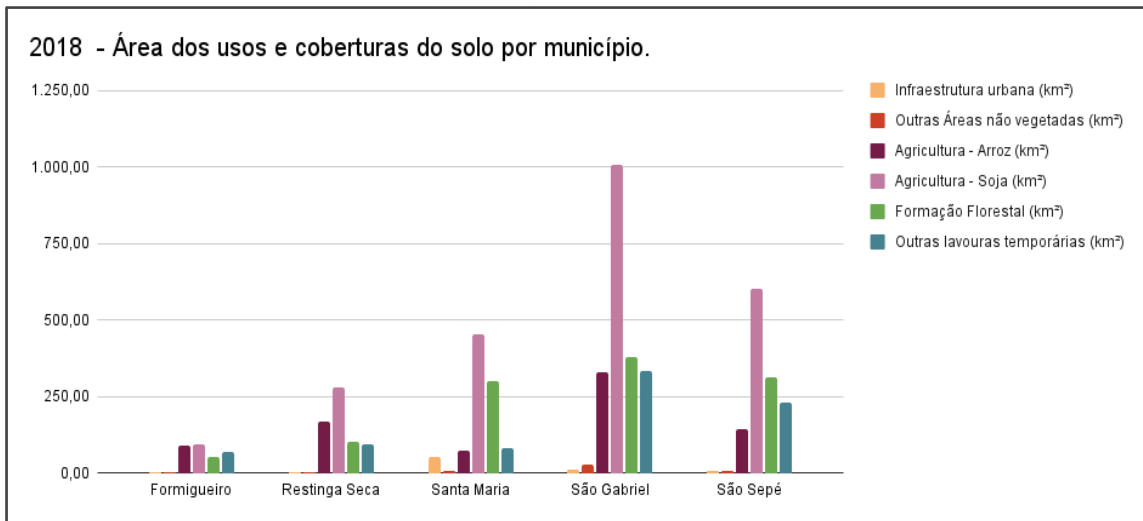


Figura 23 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2018. Fonte: Projeto Mapbiomas, coleção 7.1.

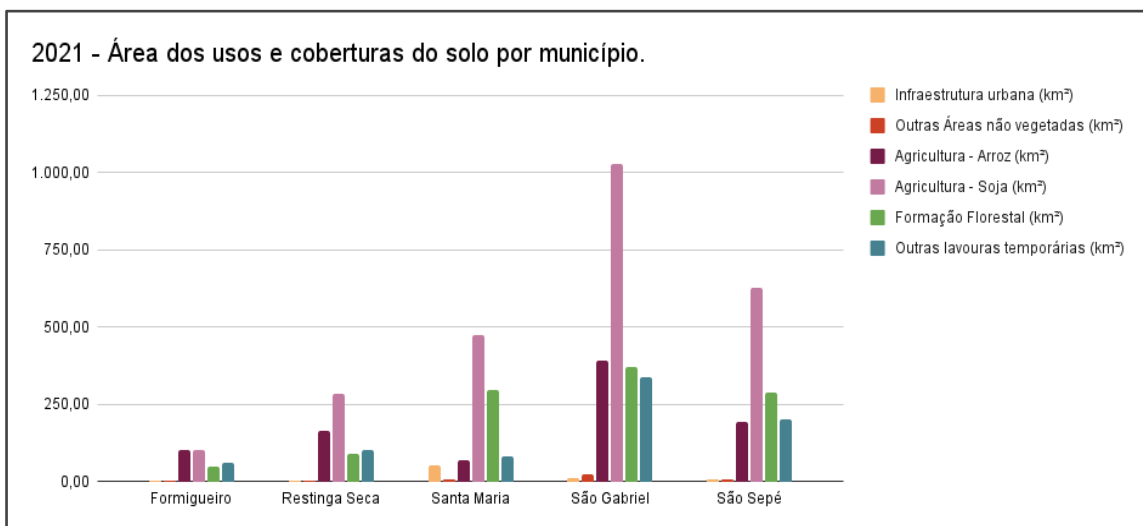


Figura 24 Uso e ocupação do solo por município no ano de 2021. Fonte: Projeto Mapbiomas, coleção 7.1.

Segundo o plano de bacia, ainda não finalizado, os principais produtores de soja da bacia são os municípios de Cachoeira do Sul, São Gabriel, Júlio de Castilhos e São Sepé, que juntos somam 69% da área plantada deste cultivo. Quanto ao cultivo do arroz, os principais municípios produtores são novamente Cachoeira do Sul, São Gabriel e São Sepé, e o município de Restinga Seca também se destaca nesse cultivo. Além disso, os dados no plano de bacia revelam que o maior rebanho, em número de animais, é o de bovinos, representando 60% da pecuária dos municípios da bacia, em número de cabeças. Nesse setor, destacam-se os municípios de Cachoeira do Sul, São Gabriel e Caçapava do Sul, pois suas produções somadas representam mais de 50% da produção de cada rebanho. Dessa forma, o setor agrícola pode afetar de diversas formas a qualidade das águas.

Ademais, no Plano de Bacia, são informados os impactos das atividades antrópicas, apontando a urbanização desordenada em áreas inclinadas e preservação permanente, a agricultura e pecuária em áreas inadequadas e sem práticas de conservação, a remoção da vegetação nativa (desmatamento de cabeceiras, divisores de água, remoção de matas ciliares). Ocupações como essas contribuem para a





degradação da área e causam o aumento de nitrogênio, fósforo e fontes de sedimentos. Por meio de um levantamento acerca dos atributos ambientais de solo, relevo, cobertura das terras, foi relatado no plano de bacia que algumas áreas estão sendo usadas com atividades acima de sua aptidão natural, principalmente em locais com declividade acentuada e solos rasos e pedregosos, além de locais destinados a APPs (Áreas de Preservação Permanente), sendo explorados com agricultura ou pastagem. Diversos fatores que podem vir a interferir na qualidade da água são associados à atividades agrícolas, como o manejo do solo com desmatamento, uso de fertilizantes, agrotóxicos e maquinários, além da geração de resíduos de material fecal proveniente dos rebanhos. Como consequência, vegetações naturais são submetidas ao desmatamento e convertidas para uso antrópico, práticas agrícolas inadequadas favorecem processos erosivos, contribuindo para a perda de solo e a baixa produtividade, além de provocar mudanças nas dinâmicas hídricas que podem comprometer a continuidade dos serviços ecossistêmicos responsáveis por assegurar a manutenção da disponibilidade das águas.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rede básica de monitoramento desempenha um papel fundamental na compreensão da condição das águas em bacias hidrográficas e na avaliação do impacto exercido pela ação humana. Os parâmetros com maior potencial indicador da contaminação dos recursos hídricos na bacia do Vacacaí-Vacacaí Mirim foram fósforo total, E. Coli, turbidez e a razão entre a demanda química de oxigênio e a demanda bioquímica de oxigênio (DQO/DBO), além de quantidades significativas de Ferro Dissolvido na composição das águas. Os dados físico-químicos e os parâmetros estatísticos analisados, confrontados com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e com a ocupação do solo na BHVVM demonstram que a qualidade da água pode estar comprometida para os usos mais nobres, como recreação de contato primário e proteção das comunidades aquáticas. Essa degradação da qualidade da água pode ser relacionada à agropecuária, que, por ser uma das principais atividades econômicas da região, é responsável por fontes que deterioram os corpos hídricos. Além do mais, a urbanização e as atividades industriais podem aumentar o risco de poluição por metais pesados, como por exemplo o ferro. Outro fator a se considerar é a utilização de áreas com atividades acima de suas aptidões naturais, principalmente em locais com declividade acentuada e solos rasos e pedregosos, além de locais destinados a APPs (Áreas de Preservação Permanente), sendo explorados com agricultura ou pastagem.

A abordagem utilizada na classificação e análise dos dados proporcionou um panorama geral da condição das águas superficiais na região da bacia. O emprego de outros métodos investigativos pode aprimorar o processo de avaliação da qualidade da água como, por exemplo, ensaios de ecotoxicidade que tratam dos efeitos tóxicos de substâncias químicas e outras substâncias antropogênicas nos organismos e ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como monitoramento de agrotóxicos.

Além disso, melhorias significativas no sistema de saneamento da BHVVM devem ser realizadas visando o desenvolvimento tecnológico e de maior controle ambiental na região, seja pelo aumento da rede, construção de estações de tratamento de efluentes (ETEs) e melhorias pela solução individual. Em conclusão, para que se atinjam as metas de qualidade, ao serem estabelecidas quando da conclusão do Plano de Bacias, deve-se manter contínuo o monitoramento dos parâmetros referentes à qualidade da água, de forma que seja possível compreender a evolução do comportamento de um recurso hídrico através da série histórica e reconhecer ações necessárias acerca da gestão dos recursos hídricos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade da Água – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Portal da Qualidade das Águas: Enquadramento - Bases Conceituais. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

ALBUQUERQUE, Cleber *et al.* Relação entre os valores de DQO e DBO da estação de tratamento de esgoto de Peixinhos em Olinda - PE. Recife, Pernambuco, 2009. Acesso em: 05 de julho. 2023. <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0549-3.pdf>

ANDRADE, M. G. de.; Melo, V. De. F.; Gabardo, J.; Souza, L. C, De. P. & Reissmann, C. B. 2009. Metais Pesados Em Solos De Área De Mineração E Metalurgia De Chumbo. I – Fitoextração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33: 1879-1888.

BARBOSA, Priscila *et al.*: Análise espacial da sazonalidade do oxigênio dissolvido dos afluentes leste do Alto Rio Araguaia em área de expansão do agronegócio: resultados preliminares. https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/4af7c4777f7d3effa15d30a7f0d049b1_a4ac54c9a95e4c6f0ade5cb27f5dcdc8.pdf

BASSO, Luis Alberto *et al.* Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul : implicações ambientais, 2012. Contido em: Rio Grande do Sul : paisagens e territórios em transformação. Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2012. 2.ed. p. 87-108. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/218547/000869918.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 25 de julho de 2023

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 25 de julho de 2023

BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C. de L. T. de. Qualidade da água na agricultura e no ambiente, Embrapa (2010). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/888975/qualidade-da-agua-na-agricultura-e-no-ambiente>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

CAMPANA, Laura Seben. Avaliação do desempenho das estações de tratamento de água de Porto Alegre referente aos parâmetros de potabilidade da Portaria Nacional GM/MS nº 888 e da Portaria Estadual nº 320/2014. Porto Alegre: UFRGS, 2022. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/255835/001155529.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 de julho. 2023.



CARVALHO, Paulo Fernando Braga. Introdução à Quantificação em Geografia (Com uso do Excel). 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/335243952> Introducao a Quantificacao em Geografia_Com_uso_do_Excel. Acesso em: 05 de julho. 2023.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Sistema de Monitoramento de Seca para o Brasil - Novembro/2018. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/sistema-de-monitoramento-de-seca-para-o-brasil-novembro2018/>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Apêndice E Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAdice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Qualidade das águas doces no estado de São Paulo. Apêndice E: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 25 de julho de 2023.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS VACACAÍ E VACACAÍ-MIRIM; DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO RS (DRHS/RS); SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA/RS); FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM/RS). Plano de Bacia Vacacaí-Vacacaí Mirim. Porto Alegre, outubro de 2021. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g060-bh-vacacai>

DONADIO, N. M.M.; GALBIATTI, J. A. PAULA, R. C. de. (2005). Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rioco, São Paulo, Brasil. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, pp.115-125.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Oxigênio Dissolvido. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/oxigdiss.html>. Acesso em: 25 de julho de 2023

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Educa: A Mediana. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/professores/educa-recursos/17870-a-mediana.html#:~:text=Ela%20indica%20qual%20%C3%A9%20o,uma%20medida%20de%20tend%C3%Aancia%20central>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

JURACH, Adalberto. Diagnóstico da qualidade da água do reservatório do arroio Vacacaí-Mirim, em Santa Maria, RS. Apresentação: Salão de Iniciação Científica (9. : 1997 set. 15-19 : UFRGS, Porto Alegre, RS). Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/105928>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

KEMERICH, P.D.C., Borba, W.F., Kobiyama, M., Martins, S.R., Bruiol, G.A., Fernandes, G.D., Flores, C.E.B., Souza, E.E.B., Gomes, C. & Rohde, M.M. 2021, 'Determination of Maximum Water Infiltration Areas in Vacacaí-Mirim Basin in Southern Brazil', Anuário do Instituto de Geociências, vol. 44: 39665. Disponível em: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_39665. Acesso em: 05 de julho. 2023.

KEMERICH, P.D.C., Borba, W.F., Kobiyama, M., Martins, S.R., Silva, R.F. 2013. Variabilidade espacial de elementos químicos do solo sob diferentes usos em bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/237277>. Acesso em: 05 de julho. 2023.

MENEZES, J. P. C *et al.* Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. Eng. Sanit. Ambient.[online]. 2016, vol.21, n.3, pp.519-534. ISSN 1413- 4152. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/9WBFsRNdrzqJcrZnPXSgDyM/?lang=pt>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

MENEZES, Juliana *et al.* Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos - RJ. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/sdzVVpsWTjQySrsY6qSHCpv/?lang=pt>. Acesso em 11 de julho de 2023.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

MONTGOMERY, D., Runger, G., 2016. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. Rio de Janeiro: LTC

NOVOTNY, V. Water quality: diffuse pollution and watershed management. New York: J. Wiley, 2003.

RIBEIRO, Krukemberghe Divino Kirk da Fonseca. "Eutrofização"; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/eutrofizacao.htm> . Acesso em 25 de julho de 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 9.077, de 04 de junho de 1990. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2009.077.pdf>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/10.350.pdf>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 36, de 1º de junho de 2018. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/diario?td=DOE&dt=2018-06-01&pg=714>. Acesso em: 25 de julho de 2023.

ROSA, Ana Lúcia. Influência da irrigação do arroz nas vazões naturais na bacia do Rio Vacacaí. Dissertação (mestrado). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, UFSM. Santa Maria, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7731>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 9.077, de 04 de junho de 1990. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2009.077.pdf>. Acesso em 25 de julho. 2023

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. Floresta, Curitiba, v. 15, n. 1/2, p. 54-65, jan./dez. 1981.

SAMUEL, P. R. da S. Alternativas sustentáveis de tratamento de esgotos sanitários urbanos, através de sistemas descentralizados, para municípios de pequeno porte. Dissertação (mestrado). Programa de pós-



graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/55437>. Acesso em: 25 de julho. 2023.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. Cartografia oficial do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/cartografia>. Acesso em: 25 de julho de 2023.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura Bacia hidrográfica. Dados Gerais das Bacias Hidrográficas. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas#:~:text=Entende%2Dse%20por%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica,%C3%A1guas%20as%20%C3%A1reas%20mais%20elevadas>. Acesso em 11 de julho de 2023.

SOUZA, Marielle., GASTALDINI, Maria. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. Artigo técnico. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/LGHjSGCrD9fgGKzFwnnRZhG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

TAVARES, Vitor Emanuel Quevedo. Dissertação (mestrado). Variabilidade temporal do saldo potencial de água no solo, na região da bacia do rio Vacacaí. Dezembro de 1991. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/232841>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

TELLES, D. D'A. (coord.); GÓIS, J. S. de. Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2013. 496 p. ISBN 978-85-212-0694-1.

TONG, S. T. Y.; CHEN, W. Modeling the relationship between land use and surface water quality. Journal of Environmental Management, New York, v. 66, p. 377-393, 2002.

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Química das águas. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/nupis/files/2011/02/aula-3-qu%C3%ADmica-do-meio-ambiente.pdf> Acesso em: 11 de julho de 2023.

Anexo 1.

Planilha dos dados das estações de monitoramento da FEPAM na Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim no período 2002-2013 classificados conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Classe 1 – Azul; Classe 2 – Verde; Classe 3 – Amarelo; Classe 4 – Vermelho; Acima do limite da pior classe* – Roxo.

*Definida como valor que extrapola a pior classe do parâmetro.

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hidrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	23/04/2002	2,00	-	0,15	0,19	7,60	6,90	5,02	87
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	16/07/2002	1,00	-	0,04	-	7,00	6,90	2,19	38
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	29/10/2002	1,00	-	0,08	0,20	6,40	6,70	3,88	74
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	22/07/2003	1,00	-	0,03	-	9,80	6,60	2,65	53
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	04/11/2003	2,00	-	0,15	0,22	6,80	6,80	3,6	115
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	21/01/2004	1,00	-	0,07	0,22	5,50	7,20	2,09	39
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	03/05/2004	1,00	344	0,11	0,14	5,90	5,50	3,05	59
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	20/07/2004	1,00	580	0,12	0,10	10,60	6,90	3,52	94
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	27/10/2004	1,00	172	-	0,15	8,20	7,10	4,91	84
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	26/01/2005	1,00	46	0,06	0,15	4,40	6,80	1,93	39
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	26/04/2005	1,00	328	0,11	0,08	7,90	7,70	3,8	47
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	26/07/2005	0,50	260	0,08	0,20	7,50	6,40	5,39	46
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	25/10/2005	1,00	291	0,13	0,14	7,00	7,10	3,27	71
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	11/01/2006	2,00	230	0,14	0,24	5,50	7,30	4,79	134
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	18/04/2006	1,00	214	0,11	0,16	6,10	6,80	1,89	45
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	19/07/2006	1,00	-	0,18	0,23	5,56	7,80	3,69	70
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	17/10/2006	0,50	-	0,14	0,14	5,20	6,40	4,85	175
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	18/04/2007	0,50	-	0,07	-	6,00	7,90	2,65	48
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	17/07/2007	0,50	210	0,01	0,01	4,70	7,00	1,13	-
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	30/10/2007	2,00	7200	0,16	0,01	8,10	7,00	-	220
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	29/01/2008	2,00	300	0,04	0,02	6,60	7,30	2,26	35
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	29/07/2008	1,00	2400	0,11	0,01	6,90	6,50	3,88	106
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	28/10/2008	1,00	-	0,10	0,01	-	7,00	-	93

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hidrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	17/02/2009	2,00	68	0,12	0,01	6,20	6,80	2,65	40
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	29/04/2009	0,50	170	-	-	-	6,70	-	37
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	07/07/2009	0,50	2400	0,42	-	9,60	6,60	1,69	-
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	20/10/2009	0,50	460	0,27	-	6,20	-	1,8	-
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	27/01/2010	0,50	-	0,13	0,10	-	-	1,59	-
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	07/07/2010	1,00	350	0,09	0,08	6,20	7,50	2,27	-
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	05/10/2010	0,50	160	0,11	0,01	6,50	6,80	2,63	-
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	23/02/2011	1,00	308	0,83	0,16	6,30	6,90	2,29	51
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	05/07/2011	1,00	310	0,10	0,01	7,60	7,40	1,61	34
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	25/10/2011	3,00	2420	0,16	0,17	6,70	6,90	3,03	106
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	24/01/2012	4,00	-	0,01	0,03	4,60	6,90	0,30	15
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	03/07/2012	0,50	-	-	0,06	6,10	6,60	1,67	38
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	09/10/2012	2,00	230	-	0,10	7,10	6,50	2,56	71
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	15/01/2013	0,50	66	-	0,03	-	6,20	0,59	22
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	03/07/2013	0,50	554	0,04	0,06	-	6,30	2,54	41
85436300	-53,3672386	-29,8004313	Vacacaí Mirim	15/10/2013	1,00	110	0,36	0,01	7,60	7,30	3,43	55
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	23/04/2002	1,00	-	0,12	0,19	7,60	6,70	4,73	112
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	16/07/2002	1,00	-	0,06	0,13	8,50	7,70	3,41	55
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	22/07/2003	1,00	-	0,04	-	10,40	6,90	2,88	81
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	04/11/2003	1,00	-	0,16	0,14	7,20	6,50	3,1	149
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	21/01/2004	1,00	-	0,06	0,13	6,60	7,30	1,77	41
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	03/05/2004	1,00	-	0,10	0,12	5,80	6,70	3,88	84
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	20/07/2004	1,00	435	0,12	0,14	10,20	7,10	3,55	135
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	27/10/2004	1,00	93	-	0,12	8,50	6,90	4,42	84
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	26/01/2005	2,00	32	0,12	0,14	4,60	6,90	1,99	37
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	26/04/2005	2,00	816	0,14	0,09	8,20	7,10	5,08	118
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	26/07/2005	1,00	170	0,08	0,17	5,90	6,20	2,25	56
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	25/10/2005	2,00	1986	0,07	0,17	7,70	7,60	6,97	198

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hidrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	11/01/2006	2,00	260	0,06	0,21	7,60	7,70	1,5	38
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	18/04/2006	1,00	25	0,10	0,31	8,70	6,80	1,61	37
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	19/07/2006	1,00	-	0,23	0,22	5,20	6,90	4,63	130
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	17/10/2006	1,00	-	0,16	0,07	5,60	6,80	4,7	160
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	18/04/2007	0,50	-	0,01	-	7,40	7,60	3,16	65
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	17/07/2007	0,50	291	0,05	0,01	6,40	7,00	3,24	-
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	30/10/2007	2,00	5100	0,15	0,01	6,80	7,00	-	118
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	29/01/2008	2,00	200	0,06	0,01	6,30	6,80	2,00	42
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	29/07/2008	2,00	1900	0,13	0,09	7,80	6,50	4,30	149
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	28/10/2008	2,00	-	0,12	0,04	-	7,00	-	109
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	17/02/2009	2,00	100	0,18	0,04	7,10	6,70	1,92	41
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	07/07/2009	0,50	120	0,61	-	8,50	6,50	1,26	-
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	20/10/2009	0,50	60	0,25	-	8,30	7,20	1,48	-
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	27/01/2010	0,50	-	0,10	0,18	-	-	1,58	-
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	07/07/2010	8,00	210	0,13	0,11	6,90	7,30	2,27	-
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	05/10/2010	0,50	150	0,12	0,01	7,30	7,00	2,30	-
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	23/02/2011	1,00	31	1,34	0,01	7,30	6,90	1,76	53
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	05/07/2011	1,00	200	0,11	0,04	10,80	6,80	2,02	64
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	25/10/2011	2,00	2420	0,21	0,16	7,00	7,00	2,72	122
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	24/01/2012	3,00	-	0,13	0,12	5,80	6,60	2,25	98
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	03/07/2012	1,00	-	-	0,02	7,80	6,70	1,00	40
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	09/10/2012	1,00	400	-	0,10	7,00	6,70	5,12	145
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	15/01/2013	0,50	100	-	0,09	-	6,60	2,27	63
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	03/07/2013	0,50	261	0,12	0,02	-	6,30	3,97	136
85570000	-53,7007412	-29,9338242	Rio Vacacaí	15/10/2013	0,50	203	0,28	0,01	7,90	7,40	-	87
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	23/04/2002	2,00	-	0,14	0,16	8,20	6,80	8,67	124
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	16/07/2002	1,00	-	0,09	0,10	8,00	6,70	3,6	54
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	22/07/2003	1,00	-	0,06	-	10,80	6,80	3,05	83

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hidrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	04/11/2003	1,00	-	0,12	0,14	7,60	6,60	3,35	141
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	21/01/2004	1,00	-	0,05	0,18	7,30	7,30	1,57	34
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	03/05/2004	1,00	56	0,16	0,23	6,10	6,20	4,26	92
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	20/07/2004	1,00	292	0,15	0,18	10,10	6,70	4,18	163
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	27/10/2004	1,00	61	-	0,14	7,80	6,80	3,87	80
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	26/01/2005	3,00	103	0,10	0,11	6,10	7,20	1,31	36
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	26/04/2005	2,00	649	0,12	0,12	8,20	7,20	3,85	75
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	26/07/2005	1,00	210	0,09	0,14	6,80	6,30	2,12	60
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	25/10/2005	2,00	579	0,11	0,14	7,50	7,70	3,72	92
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	11/01/2006	2,00	49	0,12	0,26	6,60	7,60	1,36	34
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	18/04/2006	2,00	12	0,18	0,16	5,70	7,00	1,22	35
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	19/07/2006	1,00	-	0,27	0,12	5,50	7,20	4,73	140
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	17/10/2006	2,00	-	0,18	0,11	4,00	7,10	5,13	190
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	18/04/2007	0,50	-	0,24	-	6,90	8,00	2,95	63
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	17/07/2007	2,00	152	0,08	0,01	4,50	7,00	3,22	-
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	30/10/2007	1,00	1740	0,17	0,01	7,20	6,90	-	99
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	29/01/2008	2,00	60	0,13	0,04	7,10	7,20	2,38	51
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	29/07/2008	2,00	2400	0,99	0,09	7,60	6,50	4,42	152
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	28/10/2008	2,00	-	0,10	0,04	-	7,00	-	105
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	17/02/2009	3,00	30	0,11	0,01	6,50	7,30	1,21	30
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	07/07/2009	2,00	1050	0,54	-	9,10	6,80	1,3	-
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	20/10/2009	0,50	150	0,28	-	8,80	6,90	-	-
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	27/01/2010	1,00	-	0,13	0,01	-	-	-	-
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	07/07/2010	1,00	150	0,16	0,26	7,20	7,20	2,34	-
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	05/10/2010	0,50	152	0,16	0,01	8,30	6,90	2,29	-
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	23/02/2011	1,00	411	0,40	0,01	6,80	6,80	1,72	51
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	05/07/2011	1,00	130	0,15	0,11	9,30	7,20	1,99	63
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	25/10/2011	2,00	2420	0,23	0,22	6,40	7,10	2,17	103

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hidrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	24/01/2012	2,00	-	0,13	0,03	6,10	6,40	1,43	44
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	03/07/2012	2,00	-	-	0,15	8,20	7,40	1,47	60
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	09/10/2012	3,00	1120	-	0,2	7,20	6,50	3,4	151
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	15/01/2013	0,50	3	-	0,08	-	7,20	2,31	54
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	03/07/2013	2,00	187	0,15	0,03	-	6,40	3,98	127
85442000	-53,4172409	-29,9172283	Rio Vacacaí	15/10/2013	2,00	171	0,24	0,01	8,40	7,50	3,52	85

Anexo 2.

Planilha dos dados das estações de monitoramento da FEPAM na Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí-Vacacaí Mirim no período 2018-2022 classificados conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Classe 1 – Azul; Classe 2 – Verde; Classe 3 – Amarelo; Classe 4 – Vermelho; Acima do limite da pior classe* – Roxo.

*Definida como valor que extrapola a pior classe do parâmetro.

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hídrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	20/06/2018	1,00	290,90	0,24	0,13	10,68	7,31	2,41	38,90
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	17/09/2018	3,00	1119,90	-	0,73	6,83	6,77	3,27	82,91
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	18/12/2018	1,00	206,40	0,08	0,14	-	4,35	1,37	18,90
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	20/03/2019	1,00	816,40	0,08	-	7,34	8,78	2,21	32,29
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	18/06/2019	1,00	435,20	0,12	0,12	8,25	7,26	1,91	20,57
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	17/09/2019	2,00	1203,30	0,09	0,12	8,25	6,87	3,08	53,33
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	17/12/2019	1,00	365,40	0,11	0,12	7,48	6,76	-	15,41
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	16/03/2020	1,00	172,30	-	-	4,81	7,22	-	56,80
85630600	-30.044	-53.4625	São Sepé	20/06/2022	1,00	4030,67	0,10	0,03	9,50	7,03	-	47,66
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	19/06/2018	1,00	517,20	0,07	0,03	11,23	7,17	1,91	31,73
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	17/09/2018	1,00	2419,60	0,08	0,62	8,87	7,17	3,14	65,14
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	17/12/2018	1,00	199,30	0,04	0,03	-	4,49	0,51	7,00
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	19/03/2019	1,00	4030,67	0,08	-	7,94	-	2,69	41,48
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	19/06/2019	-	1732,90	0,02	0,26	9,06	7,50	0,87	11,35
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	17/09/2019	1,00	1986,30	0,07	0,21	9,02	7,03	2,65	41,84
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	16/12/2019	1,00	378,40	0,08	0,03	8,58	7,09	-	5,07
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	17/03/2020	1,00	248,90	-	-	7,93	7,13	-	8,50
85620500	-30.1941	-53.5681	São Sepé	21/06/2022	1,00	488,40	0,05	0,03	10,63	6,81	-	21,38
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	19/06/2018	1,00	275,00	0,10	0,13	10,64	7,27	2,98	57,00
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	17/09/2018	2,00	1198,00	0,10	0,65	7,59	6,90	4,02	104,13
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	17/12/2018	1,00	41,00	0,08	0,16	-	4,49	1,81	19,00
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	20/03/2019	2,00	432,00	0,17	-	6,84	6,82	3,62	69,93
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	19/06/2019	2,00	327,00	0,10	0,13	8,34	7,23	2,06	32,90

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hídrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	18/09/2019	1,00	186,00	0,15	0,19	7,29	6,61	3,34	76,23
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	16/12/2019	3,00	63,00	0,14	0,07	9,75	7,26	-	23,41
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	16/03/2020	1,00	20,00	-	-	4,55	7,14	-	41,15
85570000	-29.9374	-53.7119	Rio Vacacaí	20/06/2022	1,00	1723,90	0,18	0,03	9,52	6,98	-	80,87
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	19/06/2018	1,00	261,30	0,09	0,26	10,48	7,15	2,41	44,19
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	17/09/2018	2,00	727,00	0,14	0,99	7,85	6,87	3,48	93,40
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	17/12/2018	1,00	365,40	0,12	0,03	-	4,50	1,68	19,20
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	19/03/2019	1,00	866,40	0,14	-	6,57	-	2,55	41,31
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	17/06/2019	1,00	222,40	0,08	0,19	8,13	7,34	2,14	29,92
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	17/09/2019	1,00	153,90	0,11	0,22	6,90	6,65	3,03	57,67
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	17/12/2019	1,00	648,80	0,12	0,03	7,30	6,67	-	25,71
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	16/03/2020	1,00	488,40	-	-	4,92	7,19	-	32,92
85484000	-30.232	-53.9855	Rio Vacacaí	20/06/2022	1,00	4030,67	0,14	0,03	9,65	7,03	-	73,12
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	18/06/2018	2,00	364,00	0,13	0,14	9,96	7,23	1,74	25,28
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	17/09/2018	2,00	1986,30	0,11	0,71	6,99	7,33	2,75	55,26
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	17/12/2018	1,00	199,30	0,19	0,26	-	4,52	2,35	18,70
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	19/03/2019	1,00	410,60	0,08	-	6,58	7,22	1,66	22,08
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	17/06/2019	1,00	107,60	0,04	0,19	8,04	7,25	1,71	22,20
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	17/09/2019	1,00	325,50	0,09	0,19	8,06	6,86	2,43	43,00
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	16/12/2019	1,00	307,60	0,16	0,12	8,14	6,24	-	16,27
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	16/03/2020	1,00	770,10	-	-	6,27	7,04	-	7,46
85466000	-30.3601	-54.3129	Rio Vacacaí	20/06/2022	1,00	4030,67	0,10	0,03	9,33	6,75	-	43,80
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	20/06/2018	1,00	214,30	0,30	0,16	10,44	7,23	3,08	52,68
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	17/09/2018	1,00	1112,00	0,26	0,65	7,67	6,81	3,34	102,10
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	18/12/2018	2,00	33,60	0,10	0,03	-	4,35	1,41	19,10
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	18/03/2019	1,00	1553,10	0,26	-	7,85	7,00	3,90	69,91
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	18/06/2019	2,00	248,10	0,13	0,18	8,10	7,16	2,32	28,54
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	16/09/2019	2,00	987,00	0,31	0,18	6,64	6,40	6,02	85,16
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	17/12/2019	2,00	34,50	0,13	-	9,47	7,86	-	20,39

Código	Latitude	Longitude	Recurso Hídrico	Data Coletada	DBO	E. coli	Fósforo Total	Nitrogênio Amoniacal	OD	pH	Ferro	Turbidez
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	17/03/2020	1,00	21,30	-	-	5,72	7,22	-	80,07
85442000	-29.9243	-53.419	Rio Vacacaí	20/06/2022	1,00	1419,60	0,19	0,09	9,64	7,05	-	75,69
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	20/06/2018	2,00	387,30	0,21	0,16	10,75	7,64	1,83	21,25
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	17/09/2018	1,00	1413,60	0,10	0,66	7,08	6,49	3,53	102,80
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	17/12/2018	1,00	980,40	0,12	0,34	-	4,35	2,60	15,70
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	18/03/2019	2,00	4030,67	0,11	-	8,26	6,98	3,43	65,09
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	18/06/2019	1,00	727,00	0,07	0,17	7,99	6,96	2,34	26,64
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	16/09/2019	1,00	547,50	0,17	0,17	7,84	6,60	3,00	62,18
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	17/12/2019	2,00	123,60	0,08	0,13	7,18	6,89	-	23,02
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	17/03/2020	2,00	25,60	-	-	4,63	7,18	-	39,32
85438500	-29.8737	-53.263	Vacacaí Mirim	20/06/2022	1,00	-	0,20	0,03	9,17	6,86	-	65,62
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	20/06/2018	1,00	260,30	0,20	0,26	10,69	7,61	1,64	17,25
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	17/09/2018	1,00	3654,00	0,10	0,82	7,33	6,73	4,23	114,17
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	18/12/2018	1,00	3076,00	0,11	0,27	-	4,35	3,08	16,40
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	18/03/2019	2,00	4884,00	0,16	-	8,20	6,81	0,37	69,15
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	18/06/2019	2,00	355,00	0,08	0,16	8,04	7,04	2,51	25,05
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	16/09/2019	2,00	754,00	0,13	0,17	7,92	6,66	2,64	52,56
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	17/12/2019	1,00	389,00	0,13	0,03	6,44	6,86	-	19,84
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	17/03/2020	3,00	122,00	-	-	4,06	6,77	-	28,79
85436300	-29.8012	-53.369	Vacacaí Mirim	20/06/2022	1,00	-	0,14	0,03	9,15	6,64	-	46,51
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	19/06/2018	1,00	5475,00	0,57	2,63	8,31	7,16	2,35	44,44
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	17/09/2018	1,00	1119,90	0,17	0,94	5,76	6,77	1,72	40,95
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	17/12/2018	1,00	637,00	0,46	2,97	-	4,48	1,77	19,30
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	20/03/2019	3,00	1119,00	0,09	-	4,88	6,28	1,57	27,77
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	19/06/2019	-	3654,00	0,03	1,67	5,96	6,94	1,42	14,00
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	18/09/2019	2,00	3441,00	0,23	0,63	6,66	6,73	1,76	23,01
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	17/12/2019	2,00	1012,00	0,65	2,85	5,67	6,59	-	13,18
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	16/03/2020	5,00	908,00	-	-	4,91	6,79	-	20,62
85436200	-29.8117	-53.7725	Arroio Arenal	20/06/2022	1,00	1092,00	0,11	0,09	8,47	6,82	-	23,23