



**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

DIRETORIA DA PRESIDÊNCIA - DPRES
SERVIÇO DE INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL - SIGEO

QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO BAIXO JACUÍ**

RELATÓRIO TÉCNICO

Porto Alegre/RS
Março de 2022



FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Marjorie Kauffmann

DIRETORIA TÉCNICA

Renato das Chagas e Silva

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Claudia Bos Wolff

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

Equipe técnica:

Analista Ambiental. Rafael Fernandes e Silva

Engenheiro Geólogo, Mestre em Geociências

Analista Ambiental Rafael Midugno

Geólogo, Doutor em Ciências

Analista Ambiental Rejane Maria Valdameri

Geógrafa, Mestre em Sensoriamento Remoto

Bolsista Leonardo Fernandes Wink

Acadêmico de Geografia (UFRGS)

RELATÓRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO JACUÍ

O presente documento relata resultados da análise quali-quantitativa de amostras de água, coletadas em estações de monitoramento, situadas na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí e pertencentes à Rede Básica do Estado. Esta rede, totalmente operada pela FEPAM, envolve os 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).



SUMÁRIO

1. Introdução	7
1.1 Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí	8
2. Fundamentação Teórica	14
2.1 Bacia Hidrográfica	14
2.2 Instrumentos de Gestão	14
2.3 Usos da Água	14
2.4 Parâmetros físico-químicos e microbiológicos	16
2.4.1 Oxigênio Dissolvido (OD)	16
2.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	16
2.4.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	16
2.4.4 Turbidez	16
2.4.5 Fósforo Total	17
2.4.6 Coliformes Termotolerantes	17
2.4.7 <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	17
2.4.8 Nitrogênio Amoniacal	17
2.5 Uso e Ocupação do Território	18
2.6 Estatística	20
3. Materiais e Métodos	21
4. Resultados	22





5. Discussão	30
6. Considerações Finais	31
7. Referências Bibliográficas	32
8. Anexo I	39



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, suas respectivas bacias hidrográficas e estações de monitoramento.	9
Figura 2. Mapa da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ), o enquadramento dado pelo Comitê do Baixo Jacuí (de 10 anos) e estações de monitoramento da rede básica da FEPAM.	10
Figura 3. Mapa da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ) e os limites das Macro Unidades de Gestão territorial da bacia.	11
Figura 4. Mapa de uso e ocupação do território da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ).	13
Figura 5. Classes de enquadramento de qualidade da água e os respectivos usos a que se destinam.	15
Figura 6. Uso e ocupação do solo por UPG. Fonte: Plano de Bacia do rio Jacuí.	20
Figura 7. Distribuição do conjunto de dados parâmetro oxigênio dissolvido no período 2018-2020.	24
Figura 8. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro DBO no período 2018-2020.	25
Figura 9. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Nitrogênio amoniacal para o período 2018-2020.	26
Figura 10. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Fósforo total para o período 2018-2020.	27
Figura 11. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro <i>E. coli</i> para o período 2018-2020.	28
Figura 12. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro turbidez no período 2018-2020.	29





LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Localização dos pontos de monitoramento da Rede Básica da FEPAM na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ).	12
Quadro 2. Situação quando da definição do enquadramento e classes intermediárias por trechos da bacia do rio Jacuí. Fonte: Adaptado de Resolução CRH nº 172/2015.	15
Quadro 3. Limites propostos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).	21
Quadro 4. Limites propostos para nitrogênio amoniacal na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.	22
Quadro 5. Representação de classes da Resolução CONAMA nº 357/2005 conforme cores utilizadas no presente relatório.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Uso e ocupação do solo por UPG.	19
Tabela 2. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Oxigênio Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.	24
Tabela 3. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico DBO para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.	25
Tabela 4. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Nitrogênio amoniacal para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.	26
Tabela 5. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico fósforo total para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.	27
Tabela 6. Sumário estatístico do parâmetro bacteriológico <i>E. coli</i> para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.	28
Tabela 7. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico turbidez para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.	29



1. Introdução

A Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelece que água é um bem público e trata-se de um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Além disso, a lei define que o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais, bem como que a gestão desses recursos deve sempre proporcionar os múltiplos usos das águas. Dentre os objetivos da PNRH, está a garantia, à atual e às futuras gerações, da disponibilidade de água em condições adequadas para os diversos usos e a promoção da utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Como instrumentos previstos para a implementação da PNRH, destaca-se os Planos de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes, a outorga, a cobrança pelo uso da água e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), tem-se a Lei Estadual nº 10.350/1994 que instituiu e versa sobre o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do RS. Nela, também partindo da premissa de que a água é um bem público, limitado e dotado de valor econômico, definiu-se em seu Art. 3º como dever primordial do RS proporcionar à sociedade relatórios sobre a condição quali-quantitativa dos recursos hídricos. O Art. 5º estabelece que o órgão ambiental estadual deve integrar o Sistema de Recursos Hídricos. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), instituída pela Lei nº 9.077/1990, tem dentre seus objetivos realizar o diagnóstico, fazer o acompanhamento e controlar a qualidade do meio ambiente no Estado. Ainda, conforme disposto no Art. 16 da Portaria FEPAM nº 036/2018, é competência do Departamento de Qualidade Ambiental desse órgão, desenvolver ações de planejamento ambiental e estabelecer diretrizes para ações de proteção ambiental, bem como preparar relatórios de monitoramento da qualidade das águas superficiais para divulgação pública.

A qualidade da água de um recurso hídrico reflete, não só a influência natural geológica, biológica, pedológica e meteorológica, como também as ações antrópicas às quais um recurso hídrico está sujeito (Moura *et al.*, 2010). As fontes de origem antrópica, potencialmente poluidoras da água, estão comumente ligadas aos principais usos dos recursos hídricos, sendo eles a diluição de esgotos pluviais e cloacais, e para atividades agrícolas e atividades industriais. A ausência de ações planejadas, com o conseqüente uso desmedido dos recursos naturais, reflete na degradação qualitativa e quantitativa da água, afetando assim a disponibilidade hídrica de um manancial. As características físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas aquático e terrestre podem ser igualmente afetadas. O planejamento territorial de uma bacia hidrográfica, considerando suas especificidades ambientais, configura-se como a única forma de garantir e evitar a degradação de seus recursos hídricos por meio da ação humana, de forma que, medidas de controle do escoamento das águas superficiais, de proteção da vegetação, de disciplinamento do uso e ocupação do solo e de controle da erosão, refletem positivamente na gestão e proteção quali-quantitativas dos recursos hídricos.

A FEPAM opera sua rede básica de monitoramento da qualidade da água superficial no RS desde a década de 90. A rede básica tem por objetivo monitorar a qualidade da água dos recursos hídricos, de forma a constituir uma base de dados do comportamento temporal das águas, bem como dar subsídio ao Poder Público e instituições competentes para a tomada de decisão quanto à gestão hídrica. Por meio da série histórica do monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos, é possível diagnosticar o padrão comportamental e prever tendências de qualidade de um recurso hídrico, identificar potenciais fontes de poluição, além de permitir a verificação se metas de qualidade (enquadramento) estão sendo alcançadas.

Na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ), os primeiros registros de análises qualitativas da água, para fins de monitoramento dos recursos hídricos, datam do ano de 2002, sendo que o presente relatório trata dos dados de qualidade da água obtidos pela FEPAM entre os anos de 2018 e 2020. É importante destacar que a BHBJ possui Plano de Bacia e processo de enquadramento concluídos e aprovados pelo seu Comitê de Bacia, com publicação através da Resolução CRH nº 172/2015. Portanto, o objetivo do trabalho ora apresentado consiste em realizar uma análise da qualidade da água da BHBJ, a partir da avaliação dos dados da rede básica de monitoramento da FEPAM, em seu período mais recente. Os dados foram comparados aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, conforme metodologia utilizada e apresentada a seguir, aplicando-se cálculos estatísticos básicos com objetivo de reconhecer os padrões de qualidade ambiental para os locais de monitoramento na bacia. Os resultados obtidos foram ainda confrontados com as atividades estabelecidas no território da bacia, com enfoque especial naqueles que apresentam comprometimento para os usos da água mais nobres, tal como o abastecimento humano e, além disso, servem como subsídio para a verificação do cumprimento das metas definidas no âmbito do plano de bacias confeccionado.

1.1. Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí

Conforme o Art. 38 da Lei nº 10.350/1994, o Estado do RS está dividido em três regiões hidrográficas (Figura 1), sendo elas a Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas e a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba. A BHBJ está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba (RHG) que, por sua vez, é constituída por outras 08 (oito) bacias hidrográficas: Alto Jacuí, Caí, Gravataí, Lago Guaíba, Pardo, Sinos, Taquari-Antas e Vacacai-Vacacai Mirim. A Região Hidrográfica do Guaíba possui área de 85 mil km², abrange o território parcial ou total de 251 municípios e tem uma população estimada em 5,9 milhões de pessoas, o que corresponde a cerca de 60% da população do RS.

Conforme consta nas bases de dados da FEPAM, os usos da água nessa região hidrográfica são múltiplos, destacando-se o abastecimento urbano, o uso industrial e a irrigação. Dentre os principais problemas ambientais da RHG estão a poluição nos grandes centros urbanos, como a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e Caxias do Sul, a erosão do solo e a contaminação por agrotóxicos e resíduos orgânicos nas áreas rurais.



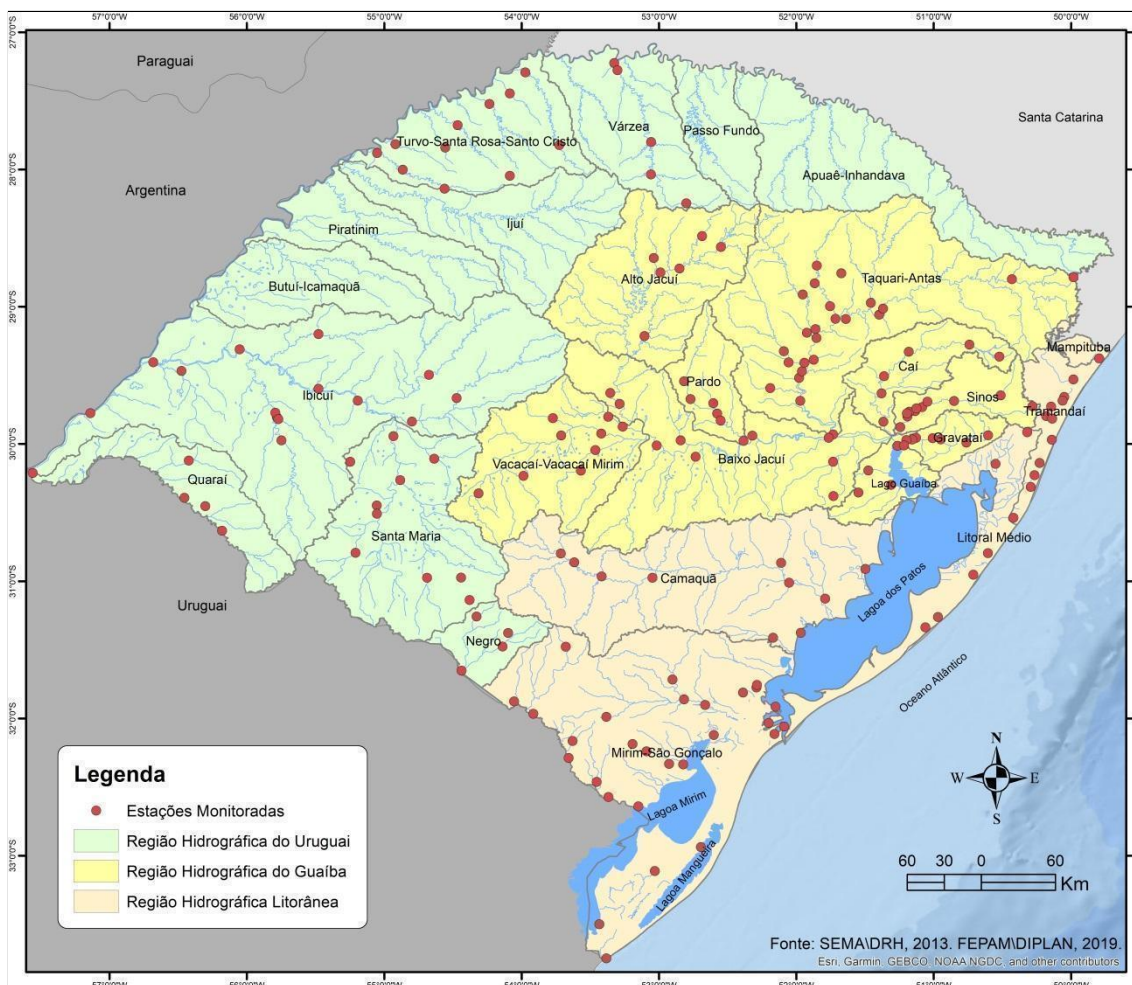


Figura 1. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, suas respectivas bacias hidrográficas e estações de monitoramento. Fonte: SEMA/DRH, 2013. Modificado por: Divisão de Planejamento Ambiental/FEPAM, 2020.

A BHBJ possui área aproximada de 17,5 mil km² e abrange o território, parcial ou total, de 40 (quarenta) municípios, com destaque para Arroio dos Ratos, Butiá, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Charqueadas, Minas do Leão, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul, São Jerônimo e Triunfo (Figura 2). A bacia está situada na porção central da Região Hidrográfica do Guaíba e do RS, e suas águas fazem interface com todas as demais bacias hidrográficas da região. O leito do rio Jacuí, principal curso d'água da bacia, configura-se como o exutório das bacias da Região Hidrográfica do Guaíba, com a exceção do Lago Guaíba, que é a bacia receptora das águas drenadas pelo rio Jacuí após as mesmas percorrem o Delta do Jacuí. Ou seja, todas as bacias hidrográficas que constituem a RHG, exceto a do Lago Guaíba, drenam suas águas para o rio Jacuí.

Para fins de melhor adequação à gestão prevista no Plano de Bacia (Engeplus, 2015), o mesmo estabeleceu quatro Unidades de Planejamento e Gestão (UPGs): Soturno, Capané, Capivari e dos Ratos (Figura 3). A UPG Soturno compreende o território de 18 (dezoito) municípios e apresenta uma área total de 3.566,48 km² (20,58% da área da bacia). A UPG Capané possui área de 7.151,57 km² (41,26% da área da bacia) e é constituída de 05 (cinco) municípios. A UPG Capivari detém 08 (oito) municípios e área de 3.689,98 km² (21,29%). Com relação a UPG dos Ratos, são o total de 09 (nove) municípios e área calculada em 2.923,77 km² (16,87%).

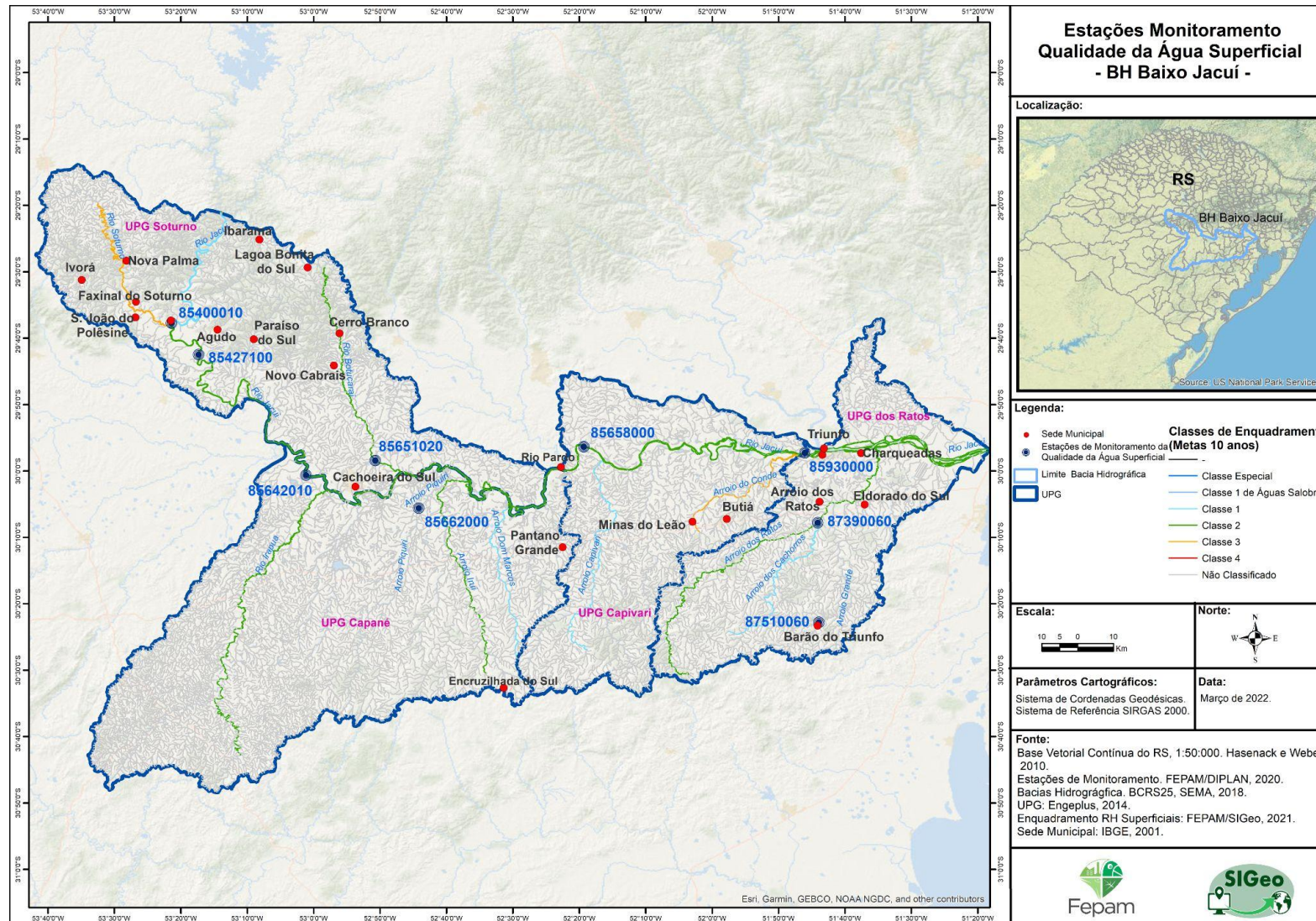


Figura 2. Mapa da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ), o enquadramento dado pelo Comitê do Baixo Jacuí (de 10 anos) e estações de monitoramento da rede básica da FEPAM. Fonte: Elaborado pelo autor.

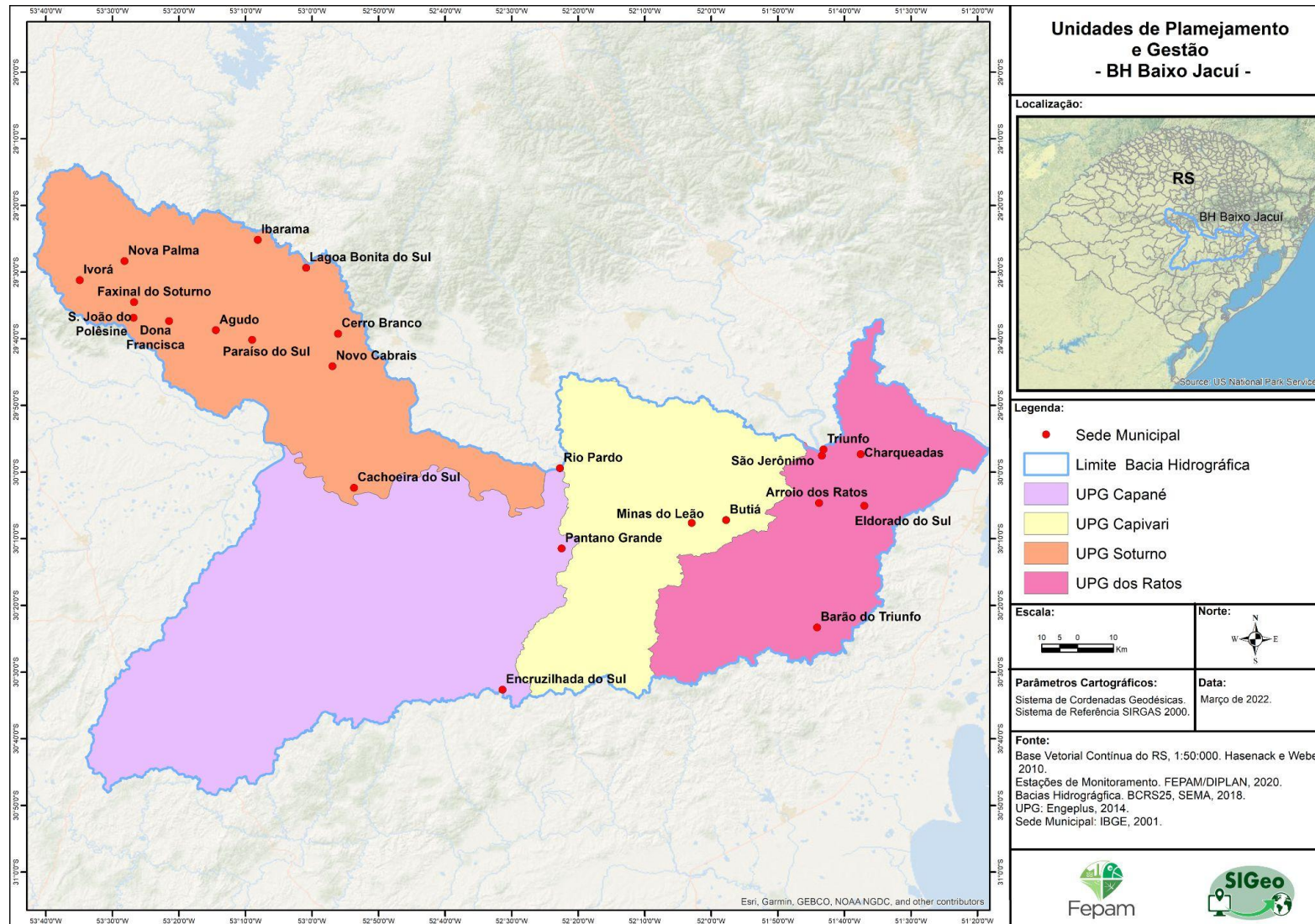


Figura 3. Mapa da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ) e os limites das Macro Unidades de Gestão territorial da bacia. Fonte: Elaborado pelo autor.

O Relatório Técnico do Plano de Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (Engeplus, 2015), a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo 2010, apresenta a estimativa da população efetiva na bacia hidrográfica. Levando-se em conta os residentes dos 40 municípios, cujos territórios estão total ou parcialmente incluídos na área da bacia, considerando seus perímetros urbanos e rurais, foi estimado uma população total de 375.637 habitantes em 2010. Desse total, 71,61% da população era residente em áreas urbanas e os outros 28,39% em área rural.

Ainda conforme o Relatório de Diagnóstico e Prognóstico do Plano de Bacia do Baixo Jacuí (Engeplus, 2015), as classes de uso do solo predominantes são divididas em (1) áreas agrícolas (27,87%); (2) campos/pastagens (27,83%), (3) mata nativa/ciliar (24,22%), (4) áreas de rizicultura (8,07%), (5) capoeira/vegetação arbustiva (4,76%), (6) silvicultura (4,67%), (7) lâmina d'água (1,66%), (8) áreas urbanizadas (0,83%) e (9) áreas agrícolas irrigadas por pivôs (0,09%) (Figura 4).

A Rede Básica da FEPAM possui 09 (nove) estações de monitoramento de qualidade da água na BHBJ. O Quadro 1 apresenta os códigos das estações, com as respectivas coordenadas geográficas desses pontos, no formato graus decimais e *datum* SIRGAS-2000.

Quadro 1. Localização dos pontos de monitoramento da Rede Básica da FEPAM na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ).

CÓDIGO DA ESTAÇÃO	RECURSO HÍDRICO	UPG	LATITUDE	LONGITUDE
85400010	RIO JACUÍ	SOTURNO	-29,6286000°	-53,3534000°
85427100	RIO JACUÍ	SOTURNO	-29,7076243°	-53,2855133°
85642010	RIO JACUÍ	SOTURNO/CAPANÉ	-30,0100000°	-53,0160000°
85651020	RIO BOTUCARAÍ	SOTURNO	-29,9734310°	-52,8421360°
85662000	ARROIO PIQUIRI	CAPANÉ	-30,0928720°	-52,7329500°
85658000	RIO JACUÍ	CAPIVARI	-29,9390000°	-52,3190000°
85930000	RIO JACUÍ	DOS RATOS/CAPIVARI	-29,9543077°	-51,7639161°
87390060	ARROIO DOS RATOS	DOS RATOS	-30,1296670°	-51,7319360°
87510060	ARROIO IBACURU	DOS RATOS	-30,3796190°	-51,7289830°



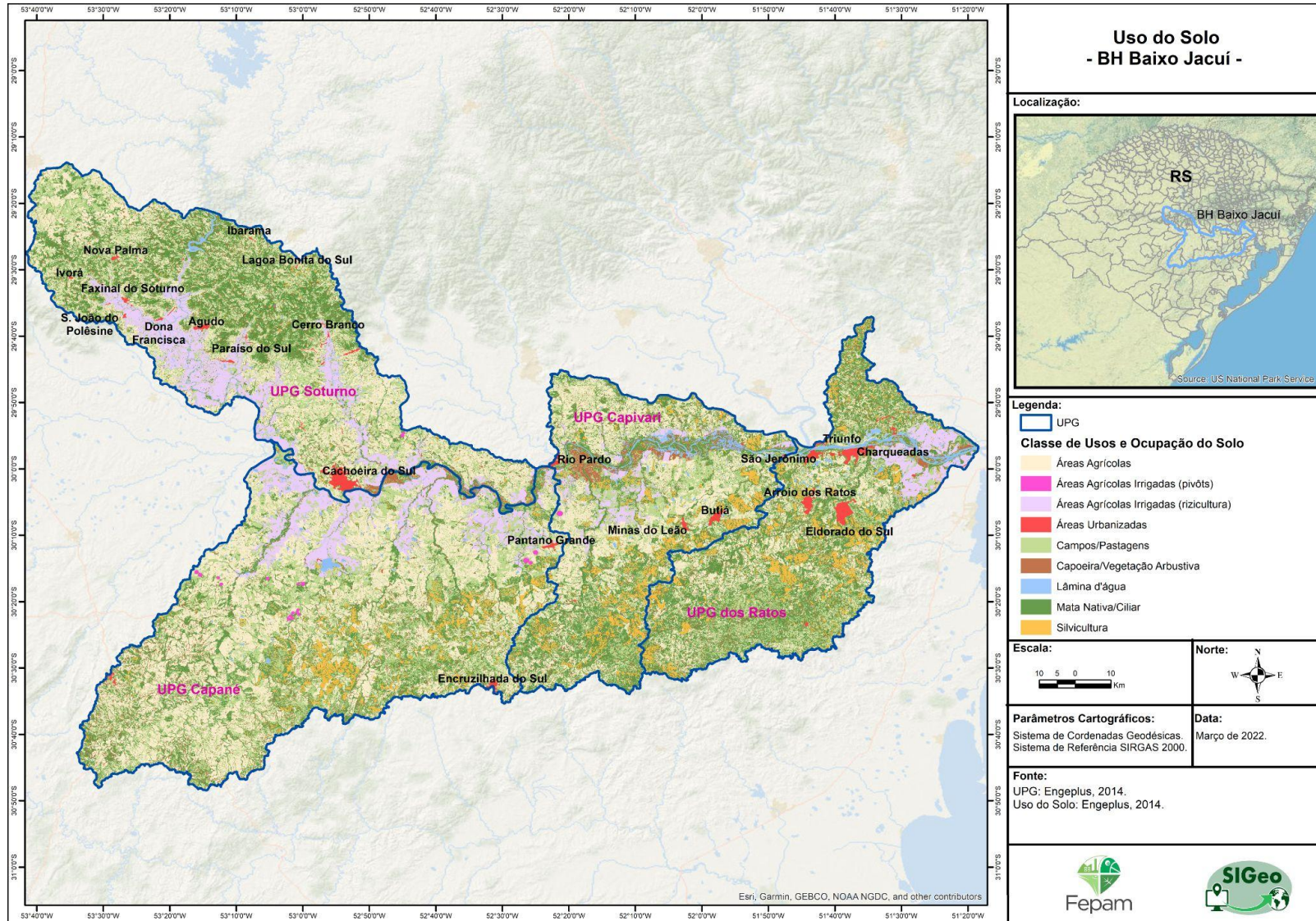


Figura 4. Mapa de uso e ocupação do território da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (BHBJ). Fonte: Elaborado pelo autor.

2. Fundamentação Teórica

O presente capítulo aborda os conceitos técnicos empregados na elaboração do relatório de qualidade de água superficial.

2.1. Bacia Hidrográfica

O conceito de bacia hidrográfica, para Christofolletti (1980), consiste na “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto”.

Tundisi (2003) pontua que a bacia hidrográfica é “unidade física de gerenciamento e planejamento e de desenvolvimento econômico e social (...) que permite um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional”. Além disso, a bacia hidrográfica representa a área em que os Comitês de Bacias Hidrográficas, órgãos colegiados regionais de caráter consultivo, normativo e deliberativo dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos, irão atuar (SILVA, 2011).

2.2. Instrumentos de Gestão

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, instituído pelo Art. 32 da Lei 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.

No Art. 4º da Lei nº 10.350/1994, é apresentada como diretriz a descentralização da ação do Estado por regiões e bacias hidrográficas, com a participação comunitária a ser realizada através dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Os comitês devem congregiar os usuários, representantes políticos e entidades atuantes em suas respectivas bacias. É também competência dos comitês de bacia conhecer, manifestar-se e elaborar propostas quanto aos objetivos de qualidade dos corpos d'água, tendo em vista seus múltiplos usos e conservação através de planos de bacia.

Dentre os processos de planejamento e gestão, o Plano de Bacia apresenta-se como um dos mais relevantes. Os Planos de Bacia são documentos técnicos, cuja finalidade é caracterizar não só o uso e ocupação do solo dentro do perímetro da bacia, como também compatibilizar quali-quantitativamente o uso da água entre os setores da sociedade (SAMUEL, 2011). Dessa forma, o Plano de Bacia é dividido em três fases: A, B e C. Na fase A é feito o diagnóstico e prognóstico da bacia, detalhando-se os elementos que a compõem. Na fase B as demandas hídricas, atuais e futuras, são abordadas, sendo ponderadas conforme os usos as quais serão submetidas (abastecimento humano, irrigação, dessedentação de animais, etc). O plano de ações necessárias para que o enquadramento seja atingido é elaborado na fase C, definindo metas de curto, médio e longo prazo (FLORES; SAMUEL; GUERRA, 2014).

2.3. Usos da Água

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, conforme exemplos constantes da 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		Mandatário em UC de Proteção Integral				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS			Mandatário 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, cereíferas 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).

O enquadramento, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, Art 2º, Inciso XX, é 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. O Enquadramento da Bacia Hidrográfica do rio Jacuí, conforme os padrões estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, foi aprovado na Resolução CRH nº 172/2015 (Figura 2). Os parâmetros físico-químicos utilizados para enquadramento foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes e Nitrogênio Amoniacal.

Quadro 2. Situação quando da definição do enquadramento e classes intermediárias por trechos da bacia do rio Jacuí. Fonte: Adaptado de Resolução CRH nº 172/2015.

Curso D'água	Situação (2015)	Meta 10 anos	Meta 20 anos
Rio Sotuno	Classe 3	Classe 3	Classe 1
Rio Botucaraí	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Rio Irapuá	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Rio Iruí	Classe 2	Classe 2	Classe 1
Arroio Dom Marco	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Arroio dos Ratos	Classe 2	Classe 2	Classe 1
Arroio do Conde	Classe 3	Classe 3	Classe 2
Arroio Capivari	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Arroio dos Cachorros	Classe 2	Classe 2	Classe 1
Rio Jacuí	Classe 1 e 2	Classe 1 e 2	Classe 1 e 2



2.4. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos são utilizados para obter informações sobre a qualidade da água e ajudam na identificação e monitoramento de possíveis efeitos prejudiciais à saúde humana ou aos organismos que dependem de determinado recurso hídrico (GALDINO & TROMBINI, 2010; PINTO *et al.*, 2009).

2.4.1. 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 esgoto, já que o O_2 é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2016; EMBRAPA, 2019a).

O total de oxigênio nas águas, em condições normais, depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica. Os níveis de OD possuem oscilações sazonais e diárias, sendo que em trechos de maior profundidade podem apresentar uma estratificação vertical. É fundamental a medição de sua concentração, tendo em vista que o O_2 é necessário à maior parte dos processos químicos e biológicos. Além disso, o oxigênio da água é consumido em processos químicos e bioquímicos quando da degradação de matéria orgânica lançada aos corpos hídricos que, quando em elevadas concentrações, podem causar esgotamento do oxigênio do sistema. Concentrações abaixo de 2,0 mg/L de OD podem causar a morte da maioria dos organismos. (EMBRAPA, 2019b).

2.4.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

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.

2.4.3. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é a medida da quantidade de oxigênio consumida na oxidação química da matéria orgânica presente na água. A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada. Enquanto a DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos micro-organismos, a DQO engloba, também, a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO. Além do mais, a relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica (FUNASA, 2014).

2.4.4. 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 natural, ocorrendo

sob a forma de partículas inorgânicas, tais como areia, silte, argila, bem como de detritos orgânicos - algas, bactérias e plânctons (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.

2.4.5. Fósforo Total

O fósforo é um parâmetro importante para os processos biológicos. Níveis de concentração excessivas desse elemento podem ocasionar a eutrofização das 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 provenientes das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros também são fontes relevantes do elemento fósforo (ANA, 2016a).

2.4.6. Coliformes Termotolerantes

É um subgrupo de bactérias do grupo coliforme, que compromete a potabilidade da água, encontrado nas fezes de animais de sangue quente. Consoante à Macedo (2010), “a determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera”.

2.4.7. Escherichia coli (*E. coli*)

É a principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo sua origem unicamente fecal. É considerada como o parâmetro mais apropriado para análise de contaminação fecal em águas doces. Por estar presente nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, 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).

2.4.8. Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio possui variadas procedências. A principal delas é oriunda de esgotos sanitários, os quais lançam na água o nitrogênio orgânico, relacionado à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, relacionado à hidrólise da uréia na água. Esses tipos de nitrogênio também podem ser provenientes de 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 d'água, em consonância com o fósforo, por exemplo, 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, 2016b). A eutrofização dificulta a entrada de luz solar no corpo hídrico ocasionando diminuição das taxas de fotossíntese e menor produção de oxigênio e resultando em baixa capacidade de suprir as necessidades dos peixes e demais organismos aeróbicos (RIBEIRO, 2019).

2.5. Uso e Ocupação do Território

O uso e ocupação do território acarreta em distintos comportamentos nos atributos do solo e da água. Sperling (1996) define que a poluição das águas “é a modificação da natureza do corpo d’água, ao adicionar substâncias ou formas de energia que prejudiquem os seus usos legítimos”.

As fontes de lançamento de poluentes nos corpos d’água podem ser de dois tipos: pontuais ou difusas. As fontes pontuais caracterizam-se por uma descarga concentrada em um ponto bem definido, como na saída de uma tubulação. As principais contribuições desta natureza se referem a sistemas de esgotamento sanitário urbano e descargas industriais (NOVOTNY, 2003). As fontes difusas estão associadas àquelas em que não é possível definir um ponto específico, mas sim áreas que ocasionam degradação da qualidade da água. São exemplos dessas fontes as atividades agropecuárias, plantas industriais e áreas urbanas. Portanto, é possível relacionar o uso e ocupação do território aos tipos de fontes poluentes. Dessa forma, os usos que possuem a maior extensão tendem a afetar mais a qualidade da água (TONG & CHEN, 2003; WURBS & JAMES, 2002, BASNYAT *et al.* 1999).

Ainda conforme o Plano de Bacia (2015), para a bacia do rio Jacuí como um todo, os usos mais representativos são de Áreas Agrícolas, Campos/Pastagens e Mata Nativa/Ciliar, com 27,87%, 27,83% e 24,22%, respectivamente (Tabela 1 e Figura 6). As maiores contribuições para o uso e ocupação do solo na UPG Soturno são de Campos/Pastagens, correspondendo a 29,15%, áreas agrícolas, com 26,97% e Mata Nativa/Ciliar, com 23,96%. Na UPG Capané os maiores usos a que o solo está submetido são de Áreas Agrícolas, Campos/Pastagens e Mata Nativa/Ciliar com 34,67%, 28,70% e 18,75%, respectivamente. Para a UPG Capivari se destacam as mesmas tipologias de atividades do que as anteriores, sendo respectivamente 26,44%, 26,83% e 25,65% o percentual de área ocupada pelas áreas Agrícolas, Campos/Pastagens e Mata Nativa/Ciliar. Já para a UPG dos Ratos 34,05% do território correspondem à Mata Nativa/Ciliar, 25,23% aos campos e pastagens e 17,05% da sua área são utilizados em áreas agrícolas.



Tabela 1. Uso e ocupação do solo por UPG.

Uso do solo	UPG Soturno			UPG Capané			UPG Capivari			UPG dos Ratos			Bacia BHBJ	
	Área (km²)	% UPG	% bacia	Área (km²)	% UPG	% bacia	Área (km²)	% UPG	% bacia	Área (km²)	% UPG	% bacia	Área (km²)	%
Áreas Agrícolas	1226,35	26,97	7,08	2203,83	34,67	12,71	857,98	26,44	4,95	542,89	17,05	3,13	4831,06	27,87
Campos/Pastagens	1325,63	29,15	7,65	1823,97	28,70	10,52	870,59	26,83	5,02	803,33	25,23	4,63	4823,52	27,83
Mata Nativa/Ciliar	1089,50	23,96	6,29	1191,59	18,75	6,87	832,45	25,65	4,80	1084,31	34,05	6,26	4197,84	24,22
Áreas Irrigadas	570,80	12,55	3,29	534,96	8,42	3,09	132,33	4,08	0,76	160,37	5,04	0,93	1398,47	8,07
Capoeira/Vegetação Arbustiva	190,50	4,19	1,10	258,75	4,07	1,49	199,63	6,15	1,15	176,32	5,54	1,02	825,20	4,76
Silvicultura	23,76	0,52	0,14	256,19	4,03	1,48	249,96	7,70	1,44	279,83	8,79	1,61	809,74	4,67
Lâmina d'água	68,26	1,50	0,39	60,14	0,95	0,35	82,14	2,53	0,47	76,48	2,40	0,44	287,01	1,66
Áreas Urbanizadas	51,60	1,13	0,30	13,43	0,21	0,08	18,25	0,56	0,11	60,60	1,90	0,35	143,88	0,83
Áreas Irrigadas (pivots)	1,43	0,03	0,01	12,86	0,20	0,07	1,83	0,06	0,01	-	0,00	0,00	16,13	0,09
Total (km²)	4547,82	100,00	26,24	6355,73	100,0	36,67	3245,17	100,0	18,72	3184,13	100,00	18,37	17332,85	100,00



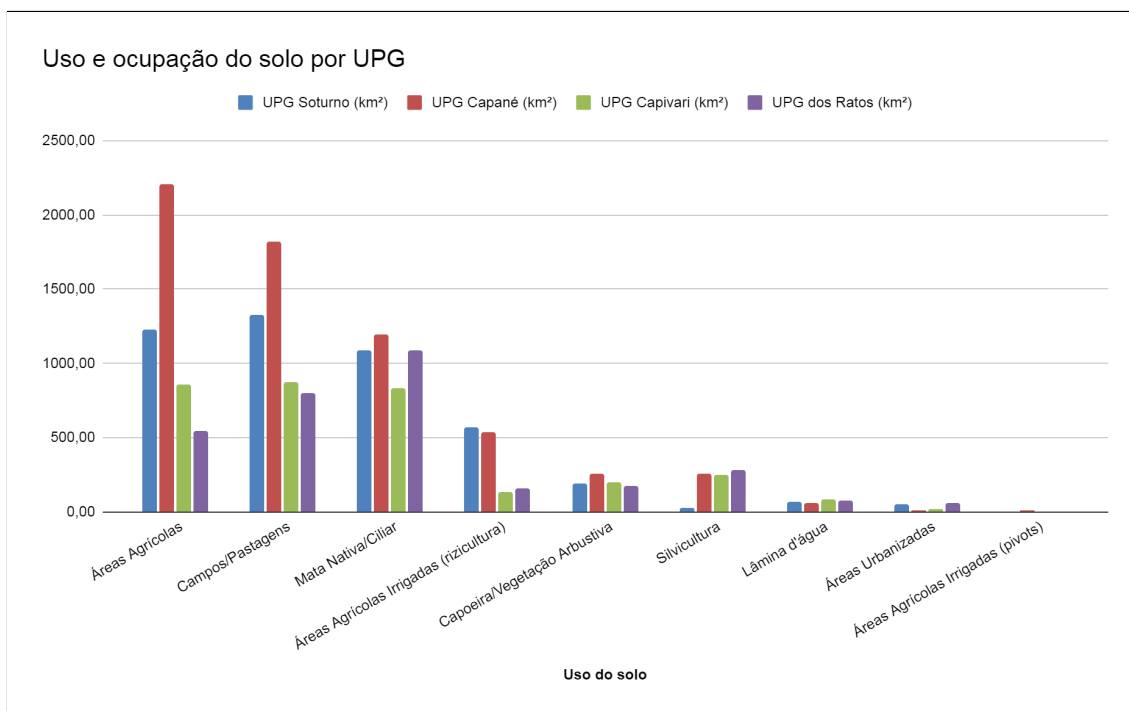


Figura 6. Uso e ocupação do solo por UPG. Fonte: Plano de Bacia do rio Jacuí (Engeplus, 2015).

2.6. Estatística

Foi utilizada a estatística descritiva para analisar e sumarizar os dados de qualidade da água, obtidos no período de 2018 a 2020, calculando-se a média, mediana, moda, quartis e percentis.

A média aritmética, comumente chamada de média, é calculada a partir da soma de todos os valores observados e posterior divisão pelo número de valores (SOUZA, 2013). É a medida de tendência central mais conhecida. Os valores discrepantes, no entanto, influenciam bastante no resultado, não representando, portanto, o perfil correto do grupo (DANTE, 2013).

A moda é uma medida de tendência central conveniente para as variáveis qualitativas e quantitativas. Essa medida é estabelecida observando qual o valor ocorre com maior frequência, ou seja, o valor que mais se repete (DANTE, 2013).

A mediana divide o conjunto de dados “no meio”. Assim sendo, metade dos valores é maior que a mediana e a outra metade é menor. A mediana é também uma das medidas de tendência central. Para obtê-la é necessário organizar o conjunto de dados do valor menor ao maior. Se a quantidade de dados for par, é necessário extrair a média aritmética dos valores centrais, caso a quantidade dos dados seja ímpar, o valor central é a própria mediana (SOUZA, 2013). A mediana se difere da média ao não ser influenciada por valores discrepantes. (DANTE, 2013).

Percentil se refere à divisão do conjunto de dados ordenados em 100 (cem) partes iguais. O percentil 80 (P80) separa a população amostral deixando 80% das informações abaixo e 20% acima dele. Já a frequência acumulada representa a quantidade de dados que pertencem a uma dada classe e/ou que estão abaixo dela (CARVALHO, 2018). A frequência acumulada ao percentil 80 se refere, portanto, à soma, em ordem crescente, das ocorrências de classes de dados até atingir 80% da população amostral.

O *boxplot* (Figuras 7 a 18) é um tipo de gráfico que exibe de maneira sintética múltiplas informações a respeito do comportamento dos dados. 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 evidenciada através da altura da caixa, a qual representa a amplitude interquartilica (AIQ = Q3-Q1). As linhas verticais pontilhadas são chamadas de *whiskers* (bigodes de gato, em inglês) e representam os valores mínimos e máximos. Os valores discrepantes (*outliers*) são aqueles pontos que extrapolam os *whiskers* (TUKEY, 1977).

3. Materiais e Métodos

Os dados de qualidade da água, objeto de análise no presente trabalho, são oriundos da rede básica de monitoramento da FEPAM. De janeiro de 2018 a janeiro de 2020, os laboratórios da FEPAM, em Porto Alegre, analisaram mais de 20 parâmetros físico-químicos e microbiológicos em 39 (trinta e nove) amostras coletadas na bacia do Baixo Jacuí. Considerando os usos e ocupações predominantes do território dessa bacia, bem como as principais atividades potencialmente poluidoras e as possíveis cargas contaminantes, capazes de alterar as concentrações dos parâmetros da água, selecionou-se, para análise no presente relatório, o seguinte grupo desses parâmetros físico-químicos e microbiológicos:

1. Oxigênio dissolvido (mg/L de O₂)
2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5d, 20°C, mg/L de O₂)
3. Turbidez (UNT)
4. Fósforo Total (mg/L de P)
5. *Escherichia coli* (NMP/100mL)
6. Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)¹
7. Nitrogênio Amoniacal (mg/L de NH_x)

Nota 1: Os valores do parâmetro coliformes termotolerantes foram convertidos em *E. coli*, adotando a proporção expressa na CONAMA n° 274/2000 (*E. coli* = 80% do valor de coliformes termotolerantes).

Foi utilizada a estatística descritiva para analisar e sumarizar dados brutos (tabelas 1-12) de qualidade da água, através de medidas de posição e tendência, para o período de 2018 a 2020, extraindo-se a média, mediana, moda, quartis e os percentis. Para a plotagem dos dados nos gráficos *boxplot* foi utilizado o *software* estatístico R e o pacote *qboxplot*. Os dados observados foram classificados conforme os limites propostos pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA (Quadros 3 e 4), a qual indica as diretrizes básicas de classificação dos corpos hídricos para os diferentes usos da água.

Quadro 3. Limites propostos na Resolução n° 357/2005 do CONAMA. Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

Parâmetro	Unidade	Padrões Resolução n° 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	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	≤200	≤1000	≤4000	-
<i>E. Coli</i>	NMP/100mL	≤160	≤800	≤3200	-
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	≤3,7	-	≤13,3	-
Fósforo total	mg/L P	≤0,10	-	≤0,15	-

Quadro 4. Limites propostos para nitrogênio amoniacal na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.
Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

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

4. Resultados

A estatística descritiva foi aplicada ao conjunto de dados analíticos obtidos no período monitorado e restrita ao conjunto de parâmetros selecionados (Tabelas 2 a 7). A série histórica analisada e classificada, bem como a localização das estações de monitoramento, encontram-se no ANEXO I. 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 7 a 12 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 5).

Quadro 5. 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



Os resultados demonstram que os valores medidos para os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Nitrogênio Amoniacal (NA), em todas as estações de monitoramento, estiveram integralmente dentro dos limites da Classe 1 (Tabelas 2, 3 e 4). Já com relação ao Fósforo Total, a *E. coli* e a Turbidez foram constatadas variações nas concentrações medidas desse parâmetros, de forma que os mesmos podem estar, por vezes, limitando os usos múltiplos da água.

Quanto ao **Fósforo Total**, ainda que haja uma predominância dos parâmetros estatísticos calculados em valores dentro da Classe 1, observa-se uma tendência de aumento da concentração do parâmetro no sentido de montante para jusante da bacia e, em alguns casos, a predominância de concentrações que levam ao comprometimento dos usos da água. Na estação **85662000**, que monitora o Arroio Piquiri no Município de Cachoeira do Sul, somente para o cálculo do Valor Mínimo medido a amostra ficou dentro da Classe 1, sendo para Percentil 20 (P20) obtido a Classe 3 e para os demais valores (Média, Mediana, Percentil 80 e Valor Máximo) os valores estavam acima do limite da pior classe (Tabela 5). Para estação **87510060**, que monitora o Arroio Ibacuru, metade dos parâmetros estatísticos (Média, P80 e Valor Máximo) estiveram acima do limite da pior classe. Na estação **85658000**, localizada no Rio Jacuí próximo ao Município de Rio Pardo, houve a predominância de valores de Classe 3 (Média, Mediana e P80), enquanto que o valor máximo medido ficou acima do limite da Classe 3. Já para a estação **85651020**, no Rio Botucarai, metade dos parâmetros estatísticos (Mediana, P80 e Valor Máximo) estão na Classe 3.

Com relação a **E. coli**, constatou-se uma variação nos parâmetros estatísticos calculados entre Classe 1 até acima do limite da pior classe, mantendo-se a tendência de queda da qualidade da água no sentido montante jusante da BHB. Novamente, a estação **85662000** que monitora o Arroio Piquiri no território do Município de Cachoeira do Sul exibiu os piores resultados, sendo que todas as amostras estão em condição de Classe 3 ou pior (Tabela 6). Resultados ruins no que tange a *E. coli* foram também medidos para a estação **85658000**, no Rio Jacuí, na qual somente o Valor Mínimo medido ficou na Classe 1, sendo os demais na Classe 2 (P20), Classe 3 (Média, Mediana e P80) e acima do limite da Classe 3 para o Valor Máximo. Para as estações **85651020** (Rio Botucarai) e **87510060** (Arroio Ibacuru) também não foram constatados valores medidos de *E. coli* dentro dos limites da Classe 1: para a primeira predominam os valores de Classe 3 (Valor Máximo, P80, Mediana e Média) em relação aos de Classe 2 (P20 e Valor Mínimo); enquanto que para a segunda, estação **87510060**, predominam os valores em Classe 2, sendo somente o Valor Máximo dentro da Classe 3. Nas estações **85642010** (Rio Jacuí) e **87390060** (Arroio dos Ratos) predominaram os valores em Classe 2. As estações **85400100** e **85427100**, ambas no Rio Jacuí, apresentaram o mesmo comportamento: Valor Máximo em Classe 3; P80 e Média em Classe 2; Mediana, P20 e Valor Mínimo em Classe 1. A estação **85930000**, também no Rio Jacuí, apresentou o predomínio dos valores medidos na Classe 1, exceto o Valor Máximo que ficou na Classe 2.

Quanto à **Turbidez**, embora novamente haja um predomínio de valores medidos dentro dos limites da Classe 1, constatou-se a variação desses valores, atingindo a Classe 3 e até valores acima do limite da pior classe (Tabela 7). Para **85662000** somente o Valor Mínimo ficou dentro da Classe 1; todos os demais parâmetros estatísticos calculados estão na Classe 3. A estação **87510060** tem metade dos parâmetros estatísticos acima do limite da pior classe (Valor Máximo, P80 e Média). Na estação **85658000** metade dos parâmetros estatísticos calculados estão na Classe 3 (Valor Máximo, P80 e Média) e os demais na Classe 1. A estação **85930000** apresentou o Valor Máximo e o P80 na Classe 3. As estações **85427100** e **85651020** tiveram seus valores máximos na Classe 3. As estações **85400100**, **85642010** e **87390060** permaneceram com todos os parâmetros dentro dos limites da Classe 1.

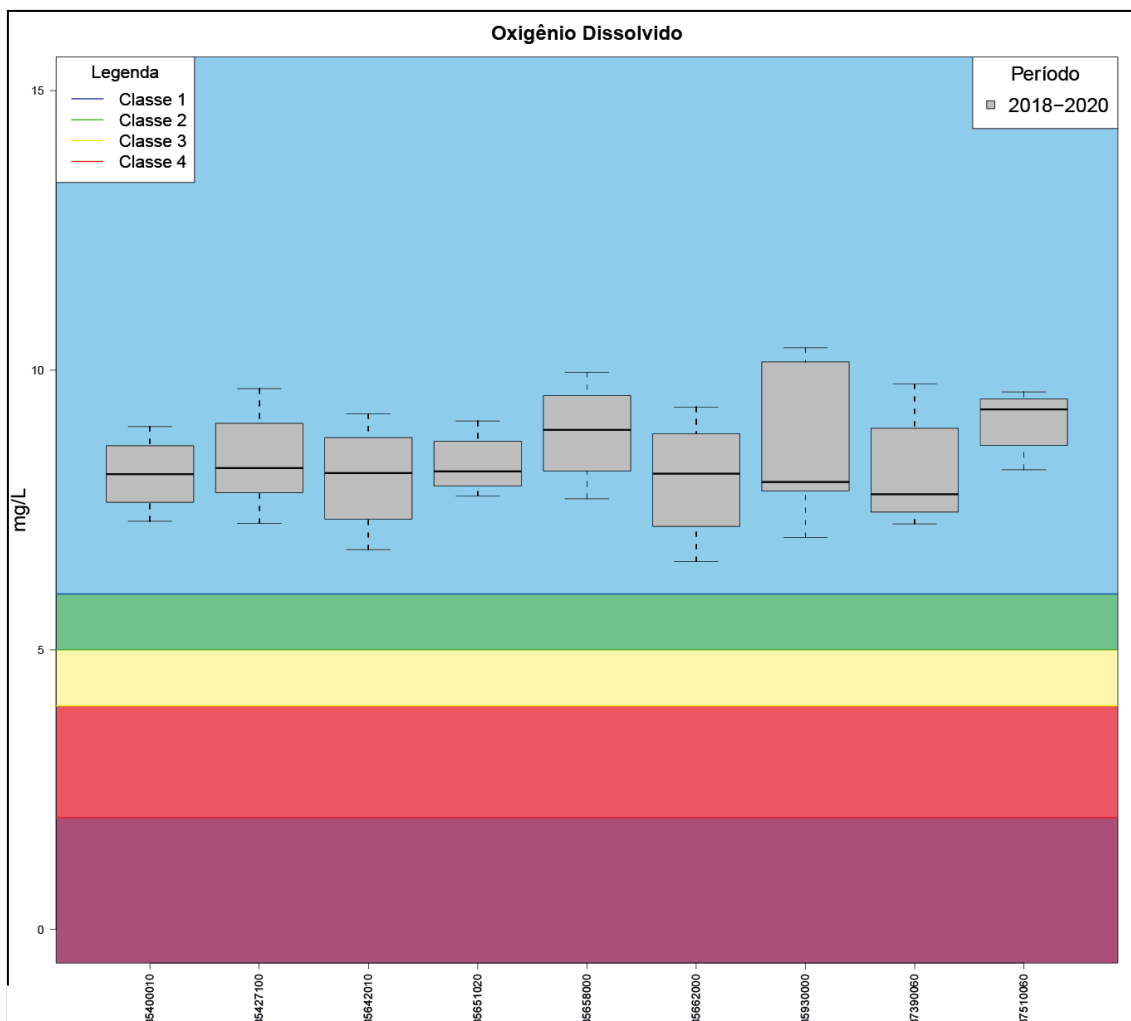


Figura 7. Distribuição do conjunto de dados parâmetro oxigênio dissolvido no período 2018-2020. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. O campo azul representa o intervalo da classe 1 (>6,00 mg/L), o campo verde corresponde ao limite da classe 2 (>5,00 mg/L), o amarelo simboliza campo da classe 3 (>4,00 mg/L), em vermelho o intervalo da classe 4 (>2,00 mg/L) e o campo roxo representa a pior classe para o OD, ou seja, abaixo do limite da Classe 4 (≤ 2 mg/L). Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Oxigênio Dissolvido para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.

Estação	85400010	85427100	85642010	85651020	85658000	85662000	85930000	87390060	87510060
Valor Máx.:	8,990	9,670	9,220	9,090	9,960	9,340	10,400	9,750	9,610
P80:	8,650	9,050	8,796	8,730	9,548	8,864	10,150	8,962	9,486
Mediana:	8,140	8,250	8,160	8,190	8,930	8,150	8,000	7,780	9,300
Média:	8,143	8,349	8,057	8,343	8,863	8,023	8,467	8,260	9,043
P20:	7,636	7,810	7,338	7,926	8,192	7,208	7,840	7,462	8,652
Valor Mín.:	7,300	7,260	6,790	7,750	7,700	6,580	7,010	7,250	8,220
n° amostras:	3	11	3	3	3	3	11	3	3



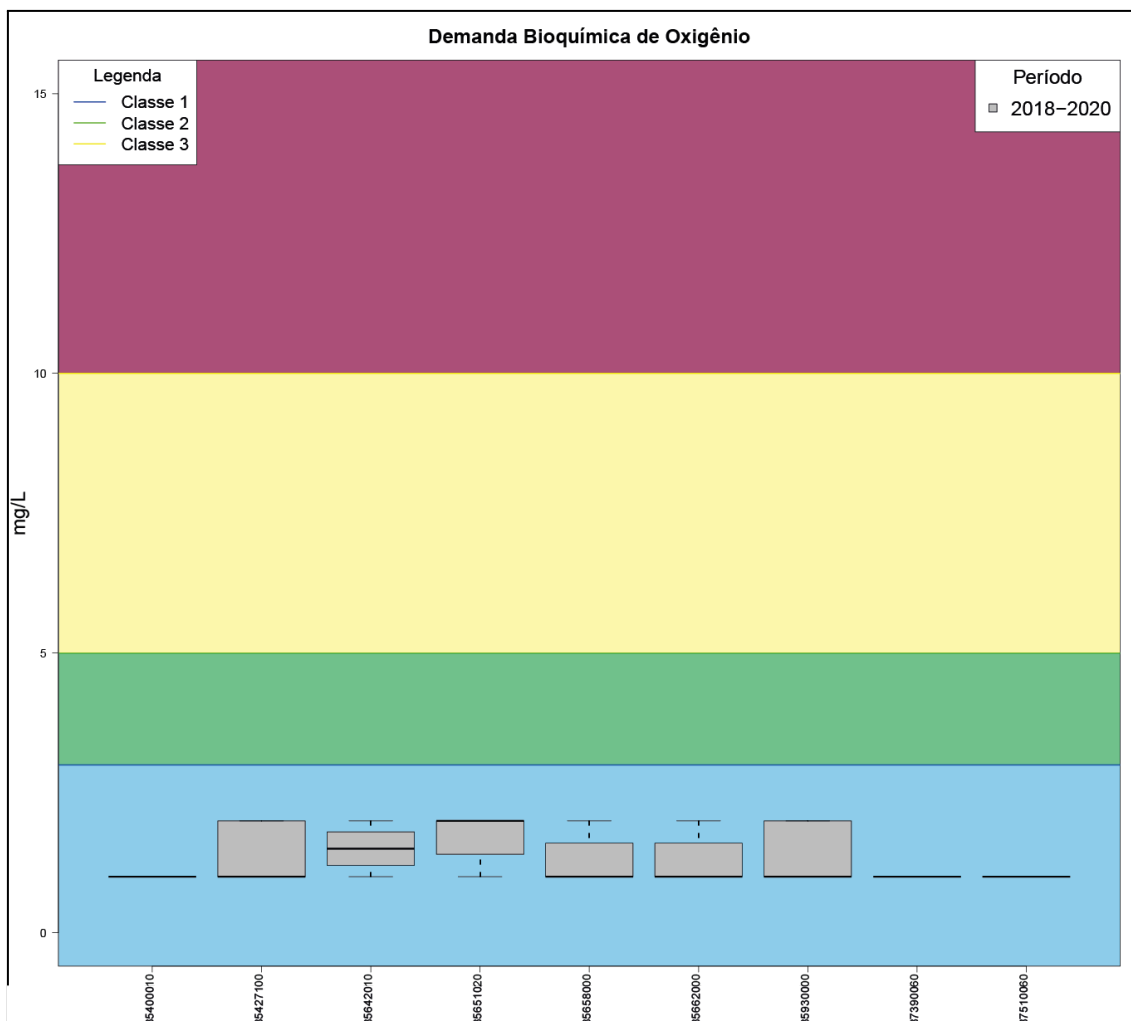


Figura 8. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro DBO no período 2018-2020. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<3,00 mg/L), o campo em verde a Classe 2 (<5,00 mg/L), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<10,00 mg/L) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 ($\geq 10,00$ mg/L). Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico DBO para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.

Estação	85400010	85427100	85642010	85651020	85658000	85662000	85930000	87390060	87510060
Valor Máx.:	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00
P80:	1,00	2,00	1,80	2,00	1,60	1,60	2,00	1,00	1,00
Mediana:	1,00	1,00	1,50	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Média:	1,00	1,27	1,50	1,67	1,33	1,33	1,27	1,00	1,00
P20:	1,00	1,00	1,20	1,40	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
nº amostras:	3	11	2	3	3	3	11	3	3

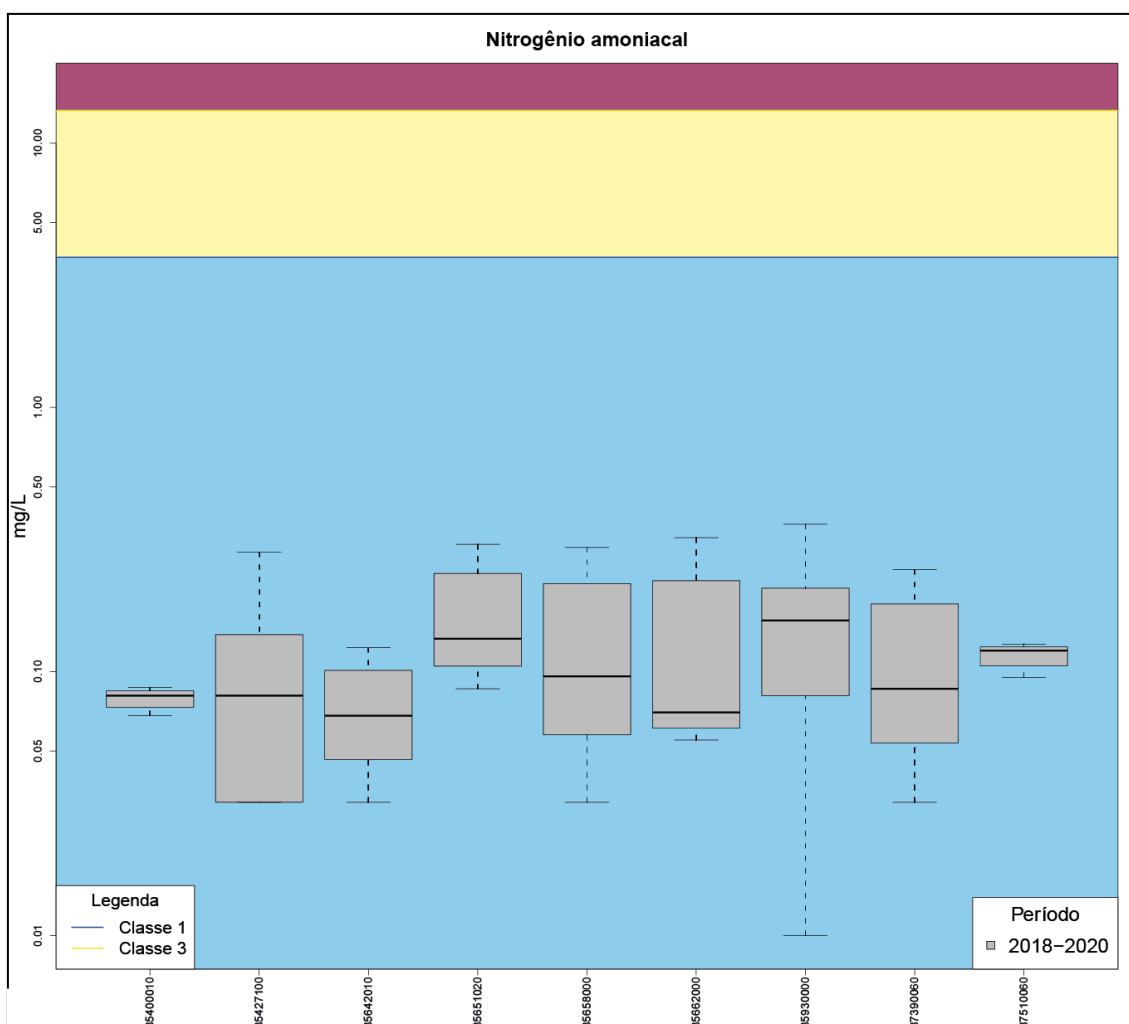


Figura 9. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Nitrogênio amoniacal para o período 2018-2020. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. O campo azul representa o limite da Classe 1 ($< 3,7 \text{ mg/L}$), o campo amarelo Classe 3 ($< 13,3 \text{ mg/L}$) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 ($\ge 13,3 \text{ mg/L}$). Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico Nitrogênio amoniacal para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.

Estação	85400010	85427100	85642010	85651020	85658000	85662000	85930000	87390060	87510060
Valor Máx.:	0,087	0,283	0,123	0,303	0,295	0,321	0,361	0,243	0,127
P80:	0,085	0,138	0,101	0,235	0,215	0,221	0,207	0,180	0,124
Mediana:	0,081	0,081	0,068	0,133	0,096	0,070	0,156	0,086	0,120
Média:	0,079	0,095	0,074	0,174	0,141	0,149	0,152	0,120	0,114
P20:	0,073	0,032	0,046	0,105	0,058	0,061	0,081	0,054	0,105
Valor Mín.:	0,068	0,032	0,032	0,086	0,032	0,055	0,010	0,032	0,095
nº amostras:	3	11	3	3	3	3	11	3	3

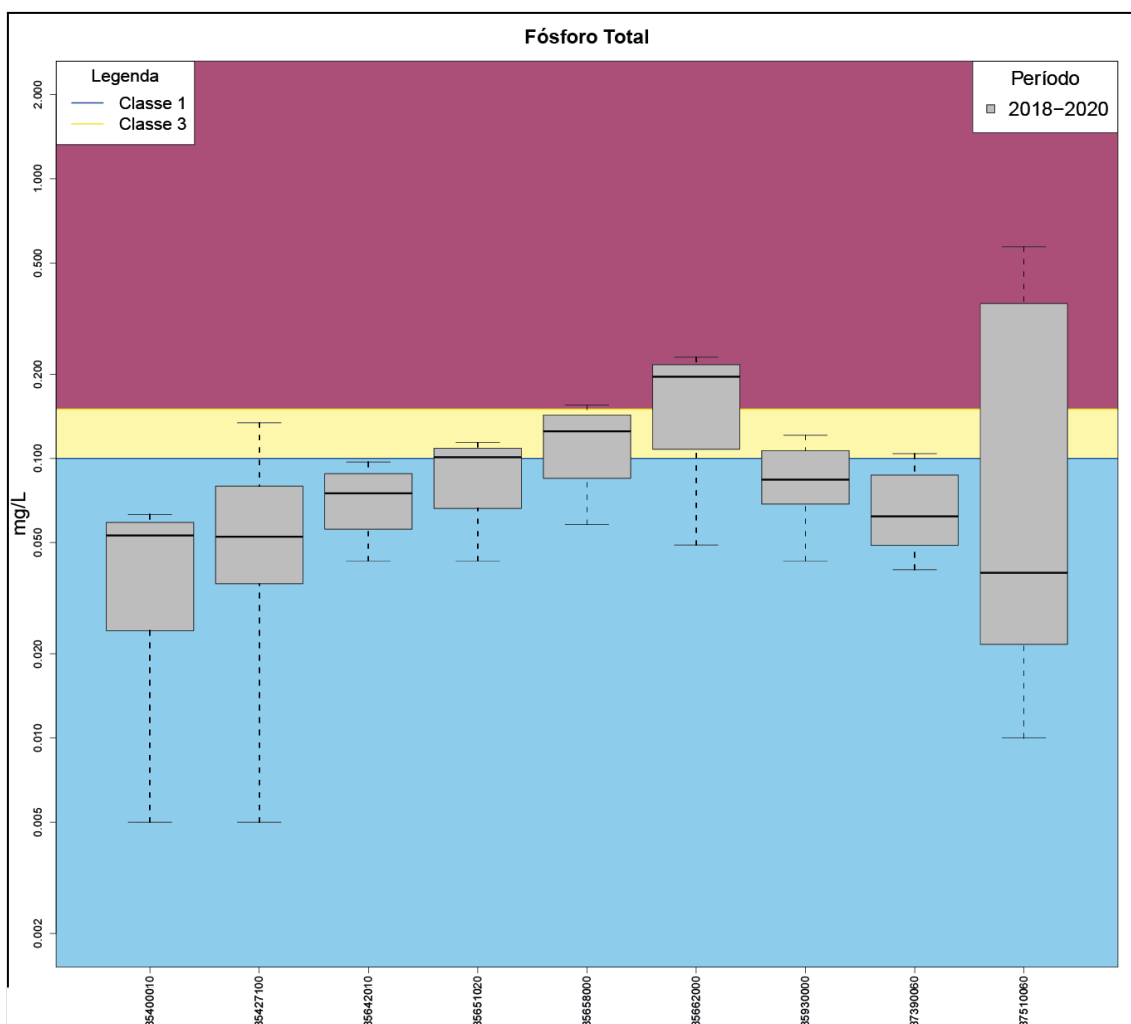


Figura 10. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro Fósforo total para o período 2018-2020. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. O campo azul representa o limite da Classe 1 (<0,1 mg/L), o campo em amarelo simboliza a Classe 3 (<0,15 mg/L) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 ($\geq 0,15$ mg/L). Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico fósforo total para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.

Estação	85400010	85427100	85642010	85651020	85658000	85662000	85930000	87390060	87510060
Valor Máx.:	0,063	0,134	0,097	0,114	0,155	0,230	0,121	0,104	0,571
P80:	0,059	0,080	0,088	0,109	0,143	0,216	0,107	0,087	0,358
Mediana:	0,053	0,053	0,075	0,101	0,125	0,196	0,084	0,062	0,039
Média:	0,040	0,059	0,072	0,086	0,113	0,158	0,086	0,069	0,207
P20:	0,024	0,036	0,056	0,066	0,085	0,108	0,069	0,049	0,022
Valor Mín.:	0,005	0,005	0,043	0,043	0,058	0,049	0,043	0,040	0,010
n° amostras:	3	10	3	3	3	3	10	3	3



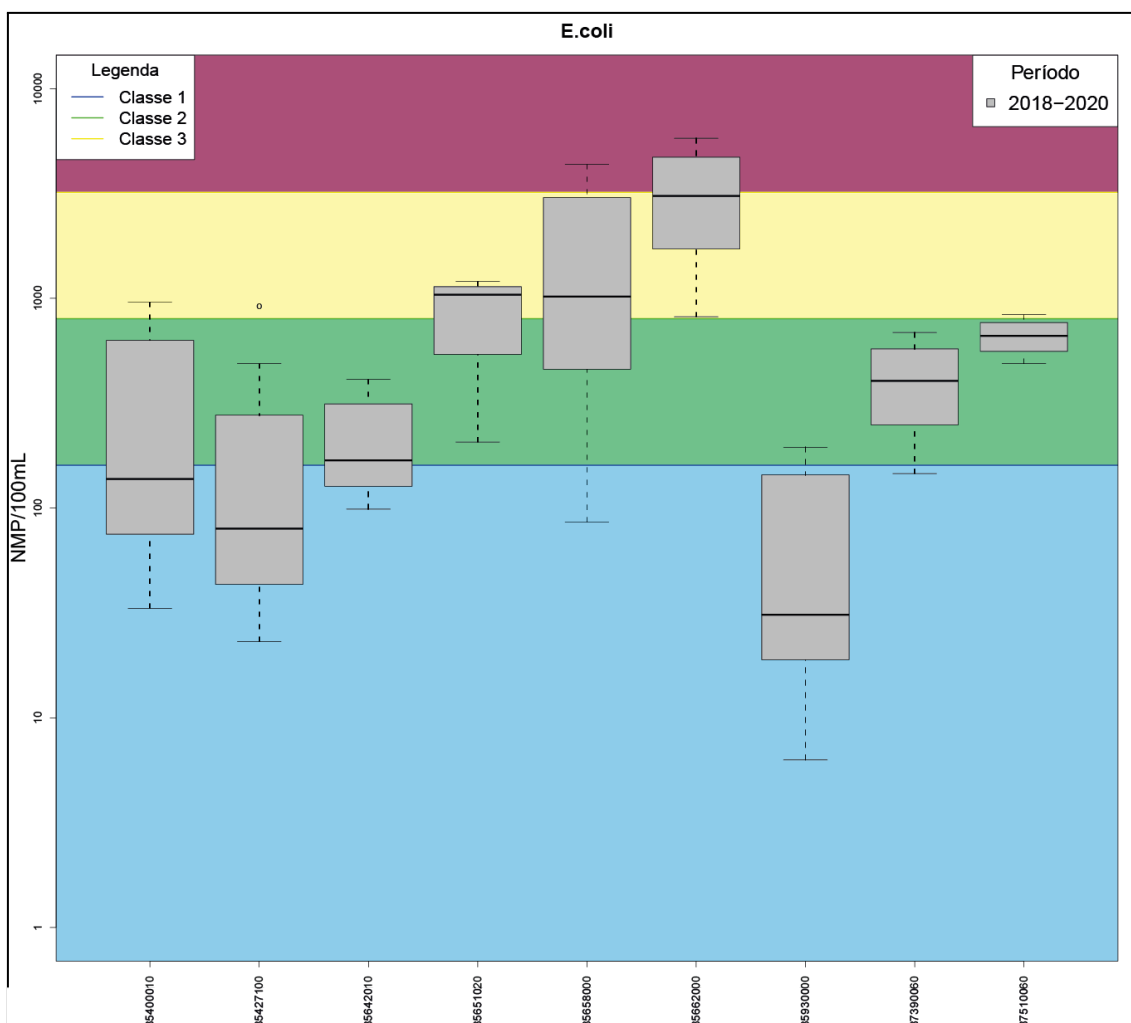


Figura 11. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro *E. coli* para o período 2018-2020. Obs: os limites de classe de qualidade foram recalculados considerando a razão 0,8:1 entre *E. coli* e Coliformes Termotolerantes. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. 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). Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6. Sumário estatístico do parâmetro bacteriológico *E. coli* para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.

Estação	85400010	85427100	85642010	85651020	85658000	85662000	85930000	87390060	87510060
Valor Máx.:	959,000	913,900	410,600	1203,300	4352,000	5794,000	195,000	686,700	836,000
P80:	630,440	277,440	313,960	1137,580	3018,800	4706,800	143,900	573,620	766,480
Mediana:	137,600	79,750	169,000	1039,000	1019,000	3076,000	31,000	404,000	662,200
Média:	376,600	206,100	226,133	816,233	1818,900	3228,800	72,136	412,233	662,200
P20:	74,960	43,220	126,880	539,440	459,020	1720,240	18,900	249,200	557,920
Valor Mín.:	33,200	23,100	98,800	206,400	85,700	816,400	6,300	146,000	488,400
nº amostras:	3	10	3	3	3	3	11	3	2



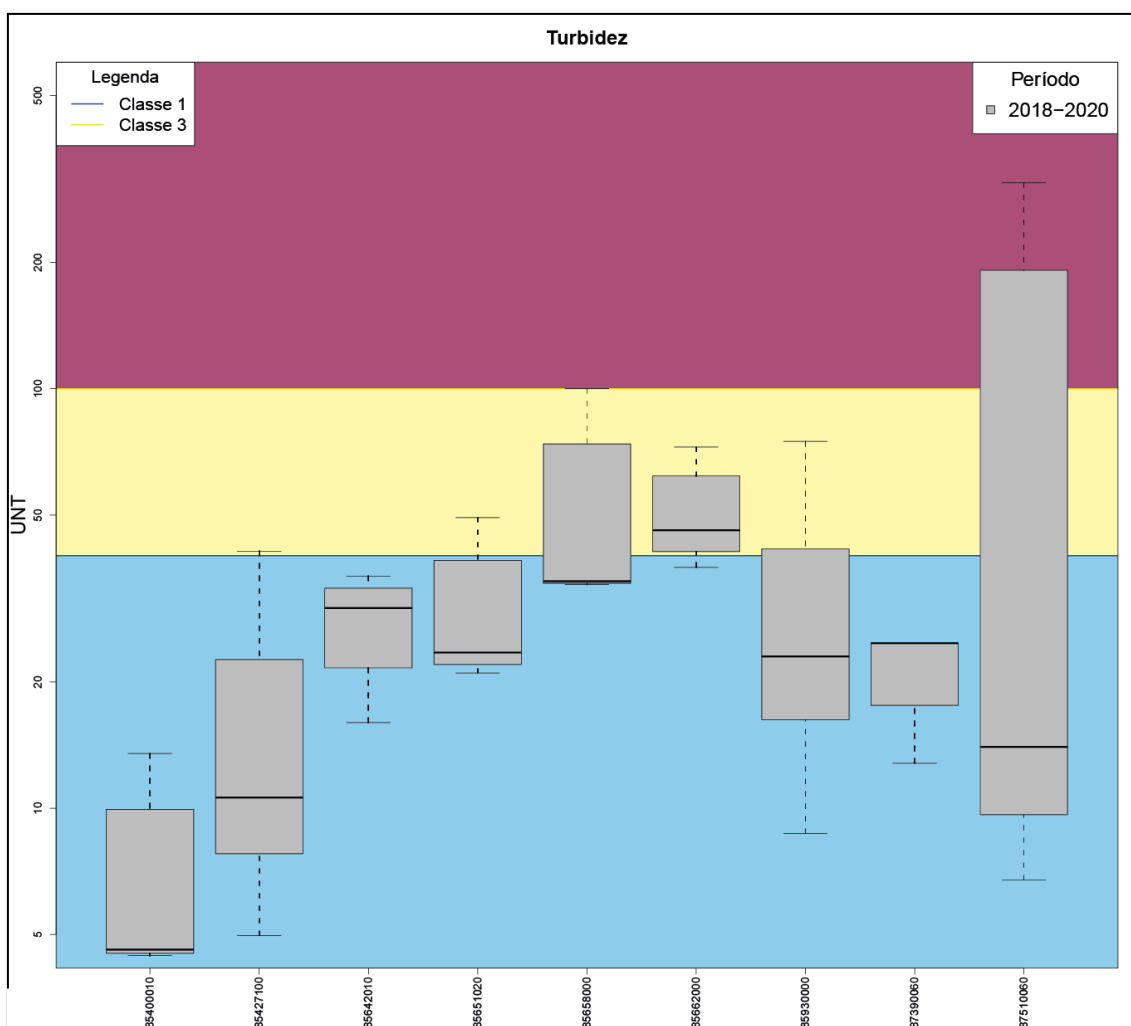


Figura 12. Distribuição do conjunto de dados do parâmetro turbidez no período 2018-2020. As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. O campo em azul representa o limite da classe 1 ($\leq 40,00$ UNT), o campo em amarelo simboliza o limite da classe 3 ($\leq 100,00$ UNT) e em roxo o campo da pior classe, ou seja, acima do limite da Classe 3 ($> 100,00$ UNT). As estações estão dispostas, da esquerda para a direita, em direção montante a jusante do rio Jacuí. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7. Sumário estatístico do parâmetro físico-químico turbidez para os valores medidos nos anos de 2018-2020 na BHBJ.

Estação	85400010	85427100	85642010	85651020	85658000	85662000	85930000	87390060	87510060
Valor Máx.:	13,500	41,000	35,770	49,320	100,000	72,600	74,900	24,750	310,000
P80:	9,940	22,610	33,462	38,992	73,900	61,960	41,500	24,750	191,600
Mediana:	4,600	10,600	30,000	23,500	34,750	46,000	23,000	24,750	14,000
Média:	7,517	14,965	27,257	31,273	56,290	52,033	29,831	20,767	110,250
P20:	4,510	7,790	21,600	22,000	34,372	40,900	16,250	17,580	9,650
Valor Mín.:	4,450	4,970	16,000	21,000	34,120	37,500	8,700	12,800	6,750
n° amostras:	3	11	3	3	3	3	11	3	3

5. Discussão

Para realizar o reconhecimento da qualidade dos recursos hídricos, faz-se necessário o monitoramento contínuo de parâmetros físico-químicos e biológicos sensíveis às atividades antrópicas, ao longo de sua extensão. A análise de séries históricas, constituídas por dados oriundos de redes permanentes de monitoramento, permite reconhecer padrões de qualidade do ambiente estudado e tendências comportamentais do conjunto de parâmetros analisados. Além disso, através de análises de uso e ocupação do território, é possível reconhecer as potenciais fontes que alteram as concentrações desses parâmetros, frente aos efluentes gerados por atividades desenvolvidas na área da bacia hidrográfica, que ao serem lançados aos corpos d'água, podem impactar negativamente a qualidade da água.

Os resultados expostos demonstram que a BHBJ apresentou maiores níveis de degradação da qualidade da água em função dos parâmetros Fósforo Total, *E. coli* e Turbidez, nas estações que monitoram o setor centro-oeste. O arroio Ibacuru, afluente do arroio dos Ratos, também apresentou alta concentração desses parâmetros. Para OD, DBO e NA, no entanto, todos os valores estiveram dentro dos limites da Classe 1. O Fósforo Total e a *E. coli* são os parâmetros mais preocupantes, pois apresentaram valores que comprometem usos mais nobres da água, tal como a proteção do ecossistema aquático, contato primário e aquicultura, especialmente juntos às estações de monitoramento 85651020, 85662000, 85658000 e 87510060. Com relação à Turbidez, as estações onde foram obtidos os seus valores mais elevados são 85662000, 85658000 e 87510060.

A estação 85651020 monitora o leito do rio Botucaraí, importante afluente do rio Jacuí na UPG Soturno, o qual possui suas nascentes próximas ao perímetro urbano do pequeno município de Passa Sete (~5 mil habitantes) e que drena ainda o território de outros 04 municípios na bacia (Lagoa Bonita, Candelária, Cerro Branco, Novos Cabrais e Cachoeira do Sul). A estação 85662000 opera no leito do arroio Piquiri, afluente do rio Jacuí localizado na UPG Capané, o qual tem suas nascentes no território de Encruzilhada do Sul e possui cerca de 70 km de extensão, perpassando ainda o território dos municípios de Cachoeira do Sul e Rio Pardo. A estação 85658000 é operada no leito do rio Jacuí, no município de Rio Pardo (cerca de 10 km à jusante do perímetro urbano), e está em área definida no plano de bacia como a UPG Capivari. Já a estação 87510060 se encontra em operação no leito do arroio Ibacuru, junto ao município de Barão do Triunfo, na área da UPG dos Ratos.

Para a compreensão das demandas de uso e das potenciais fontes de contaminação da água, bem como para definição de ações para melhoria ou manutenção da qualidade dos recursos hídricos, uma análise territorial da bacia hidrográfica se faz necessária. Conforme o Plano de Bacia, os usos do solo predominantes no território da bacia hidrográfica do rio Jacuí se dão pelas atividades agropecuárias, os quais somados ocupam mais da metade da área da bacia (~ 55%). Exceto quanto a UPG dos Ratos, onde esses usos somados ficaram em torno de 42% de sua área (1.346,22 km²), para todas as demais UPGs da bacia a ocupação do território ficava acima de 50% de suas áreas, com destaque para a UPG Capané, maior unidade de gestão em termos de área (~ 6 mil km²) e com cerca de 63% dessa área dedicada às atividades agrícolas e de campos para pastagem. É importante considerar que essas informações foram levantadas até o ano de 2015, ano de finalização do plano de bacia, de forma que podem haver variações nesses números.

Todavia, considerando a ampla predominância das atividades rurais, ligadas à agricultura e pecuária, frente às outras tipologias de atividades humanas existentes na bacia, não se pode ignorar o maior potencial de impacto ao ambiente configurado pelas técnicas e métodos aplicados ao plantio e à

criação de animais. Associados a essas atividades estão fatores como o manejo do solo com desmatamento, uso de maquinários, fertilizantes e agrotóxicos, além do emprego de monoculturas e a geração de resíduos de material fecal dos rebanhos. O ambiente natural, que propicia condições adequadas de regeneração da qualidade dos recursos hídricos, em especial aqueles que dizem respeito às áreas marginais de nascentes e corpos d'água, acaba sendo substituído por extensas áreas de pastagens ou lavouras. O resultado disso é a perda de *habitats* naturais, o favorecimento de processos erosivos e a alteração de dinâmicas hídricas, o que pode comprometer o desenvolvimento dos serviços ecossistêmicos que garantem a manutenção da disponibilidade das águas, superficiais e subterrâneas, de uma bacia hidrográfica.

6. Considerações Finais

Os dados físico-químicos e os parâmetros estatísticos analisados, confrontados com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e com a ocupação do solo na BHBJ, demonstram que a qualidade da água desses recursos hídricos pode apresentar restrição para usos mais nobres, tais como abastecimento humano, contato primário ou dessedentação animal. O setor centro-oeste da bacia foi o que apresentou os valores mais elevados dos parâmetros Fósforo Total, *E. coli* e Turbidez, o que configura o comprometimento da água para os usos nobres citados. Conforme exposto, as principais atividades antrópicas na bacia são aquelas ligadas à agricultura e à pecuária, de forma que, dado suas predominâncias, configuram-se como principais fontes para a degradação da qualidade ambiental verificada. Além disso, lançamentos em corpos hídricos ligados ao saneamento e à mineração são fontes potenciais de contaminação da água na BHBJ. Soma-se ainda o fato de, em diferentes pontos do monitoramento, a vegetação das Áreas de Preservação Permanente, que prestam importante serviços ecossistêmicos e permitem a regeneração da qualidade da água, foi suprimida.

Além disso, o atendimento das metas de enquadramento, estabelecidas na Resolução CRH nº 172/2015, pode ficar comprometido em virtude dos resultados obtidos. Para uma efetiva melhora ou para a manutenção da qualidade da água, ações de controle das fontes poluidoras devem ser realizadas, as quais definidas a partir dos parâmetros potencialmente comprometidos. O monitoramento contínuo deve pautar o planejamento do território, de forma a prever os tipos de uso e ocupação possíveis nos distintos setores da bacia hidrográfica e, também, ações que garantam a segurança hídrica devem ser adotadas, tal como a recuperação das matas nativas ciliares aos recursos hídricos e nascentes.

Dessa forma, evidencia-se que para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos, se faz necessário integrá-la com o planejamento de uso e ocupação territorial. O atingimento de metas de enquadramento da qualidade da água depende da efetivação de ações previstas no Plano de Bacias a serem implementadas, conjuntamente, entre setores usuários da água e o poder público, responsáveis por executar ações previstas em outras ferramentas de gestão, tais como Plano Diretor, Plano de Saneamento e Plano de Resíduos Sólidos.

Além disso, o aprimoramento do processo de avaliação da qualidade da água e do ecossistema aquático passa também pelo emprego de outros métodos investigativos, tal como os ensaios de ecotoxicidade, que tratam dos efeitos tóxicos do ambiente sobre a estabilidade de comunidades aquáticas, e o monitoramento dos agrotóxicos. Por fim, reafirma-se que para a efetividade, bem como o avanço do processo de gestão de recursos hídricos, o contínuo monitoramento dos parâmetros referentes à qualidade da água se faz necessário, pois a série histórica de dados possibilita a compreensão da

evolução comportamental de um recurso hídrico e possibilita o reconhecimento das medidas necessárias para atingimento de metas de qualidade.

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-idade-aguas.aspx>. Acesso em: 1 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Divisões Hidrográficas do Brasil. Brasília, DF, 2017a. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>. Acesso em: 15 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Rede Hidrometeorológica Nacional. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ANSCHAU, C. Atlas do Projeto Verdesinos - Porto Alegre : Ed. do Autor, 2015. 116 p. ; 16cm ISBN: 978-85-92907-00-6

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, p. 7. 1986. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-Projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf>. Acesso em 17 fev. 2020.

BASNYAT, P., TEETER, L. D., LOCKABY, B. G., FLYNN, K. M., 1999, The use of remote sensing and GIS in watershed level analyses of non-point source pollution problems, *Forest Ecology and Management*, 128: 65-73, Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/beto/Mariana/The%20use%20of%20remote%20sensing%20and%20GIS%20in%20watershed%20level%20analyses%20of%20non-point%20source%20pollution%20problems.pdf>. Acesso em 29 fev. 2020.

BECKER, C. J. Uma visão histórica dos banhados a montante da cidade de São Leopoldo. In: Os Banhados do Rio dos Sinos. Carlos Cardoso Aveline (Org.), São Leopoldo. UPAN. Ed. Agatha, 1995. Cap 1. 84p.

BELLOLI, T. F. Impactos ambientais decorrentes da produção orizícola, área de proteção ambiental do Banhado Grande – RS. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016. 79 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

BRAGA, B. P. F. *et al.* Pacto Federativo e Gestão de Águas. Scielo, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200003. Acesso em: 15 mai. 2019.

BRASIL. Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1905.htm. Acesso em: 13 jan. 2020.



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: 15 jun. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 25 mai. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25 mai. 2020.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 27 mai. 2019.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em 27 mai. 2019.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 284, de 30 de agosto de 2001. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=282>. Acesso em 18 fev. 2020.

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 27 mai. 2019.

CAMPOS, DO., *et al.* Zoneamento geohidroecológico da bacia do rio Almada: análise da capacidade de produção de água. In: MORAES, MEB., and LORANDI, R., orgs. Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 81-101. ISBN 978-85-7455-443-3.

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: 30 ago. 2019.

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 abr. 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. São Paulo: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2016/03/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-1.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Módulo 1 - Introdução à Qualidade da Água. São Paulo, abr. 2017. Acesso em: 26 ago. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.



COMITESINOS (RS). Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. São Leopoldo, RS, 2019?. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>. Acesso em: 20 fev. 2019.

COOPER, J. R., GILLIAM, J. W., DANIELS, R. B., ROBARGE, W. P., 1987, Riparian areas as filters for agriculture sediment, Soil Science of America Journal, (51): 416-420. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1987.03615995005100020029x>. Acesso em: 29 fev. 2020.

DANTE, Luiz Roberto. Matemática: Contexto & aplicações. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A importância de monitorar a qualidade da água na agricultura. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1752280/Importancia+Monitorar+Qualidade+Água+Piscicultura.pdf/d685903a-b6b0-473f-9bce-2d14387b00e0?version=1.0>. Acesso em: 12 fev. 2019.

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: 13 fev. 2019.

ENGEPLUS ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA; COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO JACUÍ; SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA/RS); DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (DRH/RS); FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM/RS). Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Porto Alegre, dezembro de 2015. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g070-bh-baixo-jacui>.

GALDINO, N.; TROMBINI, R. B.; Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana-PR. Terra e cultura - No 53 - Ano 27 – p.67-76 Julho a Dezembro de 2011.

HATGE, V.; BIDONE, E. D.; MADDOCK, J. L. Estimation of the natural and anthropogenic components of heavy metal fluxes in fresh water Sinos River, Rio Grande Do Sul State, South Brazil. Environ Technol 19: 483-487, 1998. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F09593331908616704>. Acesso em: 20 jul. 2019.

MACEDO, J. C. Qualidade das águas do Rio dos Sinos. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) Novo Hamburgo, FEEVALE. 2010, 181 f.

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.

MEZOMO, Á. M.. A qualidade das águas como subsídio para gestão ambiental. 2008. 243 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/16666>. Acesso em: 26 jun. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (DF). Fundação Nacional de Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. 1. ed. Brasília: Funasa, 2014. 112 p. Disponível em:

http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf.

Acesso em: 3 jul. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (DF). Agência Nacional de Águas (ed.). Divisão Hidrográfica do CNRH: Atlas Geográfico Digital de Recursos Hídricos do Brasil. [S. l.: s. n.], 2013. Atlas. Escala 1:17500000. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 5 fev. 2020.

MORAES, L. F. de. Disponibilização dos dados de qualidade de água de uma bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, Brasil: uma plataforma online. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/195007>. Acesso em: 14 jul. 2019.

MORI, C.; LANZER, E. A. Identificação de potencialidades de redução de custos e impactos ambientais no cultivo de arroz. Anais. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art528.pdf. Acesso em: 28 fev. 2020.

MOTA, S. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/4wbr2/pdf/moraes-9788574554433-05.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de Água como Indicador de Uso e Ocupação do Solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. Scielo, São Paulo, v. 33, n. 1, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000100018. Acesso em: 15 mai. 2019.

NEVES, Daniele Gervazoni Viana das. Potencial tóxico e mutagênico de efluentes tratados de indústria metal mecânica dispostos no solo. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/131964>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

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

PINTO, Daniel Brasil Ferreira *et al* . Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. Ciênc. agrotec., Lavras , v. 33, n. 4, p. 1145-1152, ago. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000400028>. Acesso em: 27 jul. 2019.

PROFILL. Plano Sinos – Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, 2013. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br>. Acesso em: 9 abr. 2019.

R CORE TEAM (Austria). R: A language and environment for statistical computing. 3.4.3. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 26 abr. 2019. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 jan. 2019.



RIBEIRO, Krukemberghe Divino Kirk da Fonseca. "Eutrofização"; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilestola.uol.com.br/biologia/eutrofizacao.htm>>. Acesso em 06 de mai. de 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 38.971, de 23 de outubro de 1998. Cria a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/06145400-decreto-38971-98-cria-apabanhadogrande.pdf>. Acesso em 25 mai. 2020.

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 24 mai. 2019.

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 27 mai. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020. Disponível em: <http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=271902&inpDtTimeTunnel=>. Acesso em: 31 jan. 2020.

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: 28 mai. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução nº 172, de 15 de julho de 2015. Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio Jacuí. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g070-bh-baixo-jacui>.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CONSEMA). Resolução nº 323/2016. Dispõe sobre os procedimentos de Licenciamento Ambiental dos empreendimentos de irrigação, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/01170951-323-2016-licenciamento-de-irrigacao-compilada.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CONSEMA). Resolução nº 355/2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padrees-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Departamento de Qualidade Ambiental. Fepam apresenta resultados do monitoramento da qualidade da água superficial no RS. 2019. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/noticia_detalhe_net.asp?id=14997>. Acesso em: 22 jun. 2019.

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.

SALGADO, A. A. R., MAGALHÃES JUNIOR, A. P., 2006, Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté/MG, Geografias: Revista do Departamento de Geografia, Belo Horizonte, ano 2, (1): 47-57. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/download/13194/10428/>. Acesso em: 29 fev. 2020.

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: 13 abr. 2020.

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: 15 jun. 2019.

SILVA, M. P. Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Olga, UGRHI Pontal do Paranapanema – São Paulo: inventário e diagnóstico. 2011. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente 138 Prudente, 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121234/silva_mp_tcc_prud.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 mai. 2019

SOUZA, Antônio Eleutério de. Fosfato. Balanço Mineral Brasileiro, Brasília, p. 31, 2001. Disponível em: <http://www.dnrm.gov.br/dnrm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-fosfato>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SOUZA, J. R. de. Novo olhar matemática: 3. São Paulo: FTD, 2 ed., 2013.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. rev. [S. l.]: Editora UFMG, 1996. ISBN 85-7041-114-6.

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.

TUKEY, J. W. Exploratory data analysis. Reading: Addison-Wesley; 1977. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a266775.pdf>. Acesso em 28 set. 2020.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Wetland Science Institute, Natural Resources Conservation Service. Wetland Restoration, Enhancement, and Management. Pennsylvania, 375p, jan. 2003. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_010838.pdf. Acesso em: 31 jan. 2020.





WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Cambridge, Reino Unido, ed. 2, 609 p., 1996. ISBN 0 419 21590 5. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf. Acesso em: 30 ago. 2019.

WURBS, R. A.; JAMES, W. P. Water resources engineering. London: Prentice Hall, 2002.



Anexo I. Planilha dos dados das estações de monitoramento da FEPAM na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí 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.

CÓD. ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	RECURSO HÍDRICO	DATA COLETA	OD	DBO	NITROGÊNIO AMONIACAL	FÓSFORO TOTAL	E. COLI	TURBIDEZ
85400010	-29,6286000	-53,3534000	RIO JACUÍ	23/07/2019	8,990	1,000	0,087	0,005	959,000	4,600
85400010	-29,6286000	-53,3534000	RIO JACUÍ	15/10/2019	8,140	1,000	0,081	0,063	137,600	13,500
85400010	-29,6286000	-53,3534000	RIO JACUÍ	15/01/2020	7,300	1,000	0,068	0,053	33,200	4,450
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	15/01/2018	7,810	1,000	0,081	-	90,600	10,600
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	16/04/2018	7,980	1,000	0,049	0,076	34,100	7,790
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	16/07/2018	9,130	1,000	0,091	0,055	913,900	22,610
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	15/10/2018	8,680	1,000	0,032	0,034	45,500	13,950
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	16/01/2019	7,390	1,000	0,143	0,134	-	41,000
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	15/04/2019	8,070	1,000	0,283	0,005	68,900	8,700
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	23/07/2019	9,050	2,000	0,112	0,036	114,500	5,000
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	15/10/2019	8,250	1,000	0,032	0,050	488,400	15,500
85427100	-29,7076243	-53,2855133	RIO JACUÍ	15/01/2020	7,260	1,000	0,032	0,046	57,300	4,970
85642010	-30,0100000	-53,0160000	RIO JACUÍ	23/07/2019	9,220	2,000	0,123	0,043	169,000	16,000
85642010	-30,0100000	-53,0160000	RIO JACUÍ	15/10/2019	8,160	1,000	0,068	0,097	410,600	35,770
85642010	-30,0100000	-53,0160000	RIO JACUÍ	15/01/2020	6,790	-	0,032	0,075	98,800	30,000
85651020	-29,9734310	-52,8421360	RIO BOTUCARAI	23/07/2019	9,090	1,000	0,086	0,043	1039,000	21,000
85651020	-29,9734310	-52,8421360	RIO BOTUCARAI	15/10/2019	8,190	2,000	0,133	0,114	1203,300	49,320
85651020	-29,9734310	-52,8421360	RIO BOTUCARAI	15/01/2020	7,750	2,000	0,303	0,101	206,400	23,500
85658000	-29,9390000	-52,3190000	RIO JACUÍ	24/07/2019	9,960	1,000	0,096	0,058	4352,000	100,000

85658000	-29,9390000	-52,3190000	RIO JACUÍ	16/10/2019	8,930	1,000	0,032	0,125	1019,000	34,750
85658000	-29,9390000	-52,3190000	RIO JACUÍ	16/01/2020	7,700	2,000	0,295	0,155	85,700	34,120
85662000	-30,0928720	-52,7329500	ARROIO PIQUIRI	23/07/2019	9,340	2,000	0,070	0,049	3076,000	37,500
85662000	-30,0928720	-52,7329500	ARROIO PIQUIRI	15/10/2019	8,150	1,000	0,055	0,196	5794,000	72,600
85662000	-30,0928720	-52,7329500	ARROIO PIQUIRI	15/01/2020	6,580	1,000	0,321	0,230	816,400	46,000
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	15/01/2018	7,190	2,000	0,081	-	195,000	19,180
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	16/04/2018	8,220	1,000	0,207	0,081	6,300	16,250
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	16/07/2018	10,150	1,000	0,032	0,084	143,900	35,060
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	16/10/2018	7,840	2,000	0,135	0,105	33,600	42,030
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	16/01/2019	7,960	1,000	0,163	0,113	165,800	34,020
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	15/04/2019	8,110	1,000	0,361	0,063	18,900	18,850
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	22/07/2019	10,270	1,000	0,156	0,043	20,000	23,000
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	14/10/2019	7,990	1,000	0,101	0,121	31,000	41,500
85930000	-29,9543077	-51,7639161	RIO JACUÍ	14/01/2020	8,000	1,000	0,243	0,084	25,300	14,650
87390060	-30,1296670	-51,7319360	ARROIO DOS RATOS	22/07/2019	9,750	1,000	0,086	0,062	146,000	12,800
87390060	-30,1296670	-51,7319360	ARROIO DOS RATOS	14/10/2019	7,780	1,000	0,032	0,040	686,700	24,750
87390060	-30,1296670	-51,7319360	ARROIO DOS RATOS	14/01/2020	7,250	1,000	0,243	0,104	404,000	24,750
87510060	-30,3796190	-51,7289830	ARROIO IBACURU	22/07/2019	9,610	1,000	0,095	0,010	836,000	14,000
87510060	-30,3796190	-51,7289830	ARROIO IBACURU	14/10/2019	9,300	1,000	0,127	0,571	-	310,000
87510060	-30,3796190	-51,7289830	ARROIO IBACURU	14/01/2020	8,220	1,000	0,120	0,039	488,400	6,750

