

**ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA EM
SUB-BACIAS AFLUENTES AO RIO ITAPOCU (SC)**

Spatiotemporal analysis of water quality parameters in the sub-basins affluent to the Itapocu river (SC)

Jean Carlos Vicarri Pereira¹

Jonatan Chaves Rodrigues²

Daniela Vellar Hepp³

Lidiane Mayer⁴

Renan de Freitas Santos⁵

Kaethlin Katiane Zeh⁶

Therezinha Maria Novais de Oliveira⁷

Karine Rosilene Holler⁸

¹ Engenheiro Sanitarista pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Assistente Ambiental na Universidade Univille – e-mail: vicarijean@univille.br.

² Engenheiro Sanitarista e Ambiental formando pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – e-mail: jonatanrodrigues.eng@gmail.com.

³ Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – e-mail: danielahaep@hotmai.com.

⁴ Técnica em química pelo Instituto Federal de Santa Catarina (UFSC) e graduanda de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina – e-mail: lidianemayr@gmail.com.

⁵ Graduando de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – e-mail: reh.8@hotmail.com.

⁶ Engenheira Ambiental e Sanitarista e Mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville (Univille). Assessora Ambiental na Univille – e-mail: kaethlinkatiane@univille.br.

⁷ Professora doutora do Programa de pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente - PPGSMA e Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Coordenadora da Entidade executiva dos Comitês do Complexo hidrológico da Baía da Babitonga e do Rio Itapocu e bacias contíguas da Universidade da Região de Joinville (Univille) – e-mail: therezinha.novais@univille.br.

⁸ Engenheira florestal pela Universidade Regional de Blumenau (FURB), Mestranda em Tecnologia e Ambiente no Instituto Federal Catarinense (IFC) Câmpus Araquari. Engenheira florestal na Associação dos Municípios do Vale do Itapocu – e-mail: karineholler@gmail.com.

RESUMO

O presente estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Itapocu, em Santa Catarina – Brasil. O principal objetivo foi analisar espacial e temporalmente parâmetros de qualidade da água, durante o período de 2014 a 2019, nas principais sub-bacias afluentes ao rio Itapocu, mediante a análise de laudos técnicos de monitoramento dos parâmetros coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20°C}), fósforo total, nitrogênio amoniacal total, nitrato, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e cor verdadeira. Os parâmetros foram analisados à luz da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Os resultados da análise espacial e temporal dos parâmetros de qualidade da água evidenciaram correlação entre os usos do solo preponderantes nos pontos de amostragem juntamente com o regime de chuvas registrados. Além disso, sugestões e estratégias de melhoria para programas de monitoramento futuros na bacia hidrográfica do Rio Itapocu são propostos.

Palavras-chave: Qualidade da água. Monitoramento. Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

*The present study was carried out in the Itapocu River watershed, Santa Catarina - Brazil. The main purpose of this article was the spatiotemporal analysis of the water quality parameters, during the period from 2014 to 2019, in the main sub-basins affluent to the Itapocu River, through an analysis of technical monitoring reports. Several parameters as thermotolerant coliforms, *Escherichia coli*, biochemical oxygen demand (BOD₅), total phosphorus, total ammonia nitrogen, nitrate, dissolved oxygen, pH, turbidity, and true color were evaluated. The results of the reports were analyzed considering the Resolution 357/2005 of the National Council for the Environment (Conama). Results of the spatiotemporal analysis of the water quality parameters showed a correlation between the predominant land uses in the sampling points along with the registered precipitation regime. Furthermore, suggestions, and improvement strategies for future monitoring programs in the Itapocu river watershed are proposed.*

Keywords: *Water quality. Monitoring. Watershed.*

Data de submissão: 22/09/2021

Data de aprovação: 16/11/2021

1 INTRODUÇÃO

Sendo a bacia hidrográfica uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação e age como um reservatório de água e sedimentos, a qualidade das águas de seus rios é afetada diretamente pelos seus usos e pela ocupação do solo.

Tendo em vista a necessidade de se assegurar além da disponibilidade hídrica, a qualidade compatível aos seus múltiplos usos, torna-se indispensável o monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas. Mediante o acompanhamento sistemático dos rios por meio da manutenção de séries históricas de dados e sua interpretação, é possível uma melhor compreensão da evolução temporal da qualidade ambiental e sua correlação com outros fenômenos, sejam demográficos, climáticos ou socioeconômicos. Com isso é possível avaliar prioridades para a elaboração de ações de controle, fiscalização, investimentos ou de legislações específicas, que levem à proteção e/ou melhoria nesse sentido, e proporcionem conhecimento do público em geral (LAMPARELLI, 2004).

A Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece condições e padrões de qualidade para o enquadramento dos corpos hídricos, conforme os seus usos preponderantes, segundo Brasil (2005), sendo um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos.

Atualmente, os levantamentos realizados na bacia hidrográfica do rio Itapocu sobre a qualidade das águas dos rios são feitos de forma pontual, em alguns municípios que compõem a bacia e em séries temporais de curto período. Além disso, para que seja realizada a análise da qualidade da água dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, é necessário o requerimento de laudos, geralmente fornecidos por empresas que realizam a captação e abastecimento público de água ou entidades que realizam fiscalização ambiental, ambos atuantes nos municípios que integram a bacia. No entanto, esses dados não são analisados e transformados em informações que poderiam ser úteis e representativas para o manejo e gerenciamento dos rios, em especial para garantir a manutenção e conservação da qualidade da água para os usos múltiplos, pelos órgãos gestores responsáveis.

Diante das informações supracitadas, o presente trabalho apresenta uma avaliação espacial e temporal de parâmetros de qualidade das águas à luz da Resolução Conama nº

357/2005, segundo Brasil (2005), durante os anos de 2014 a 2019, nas principais sub-bacias afluentes ao rio Itapocu, principal rio da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu.

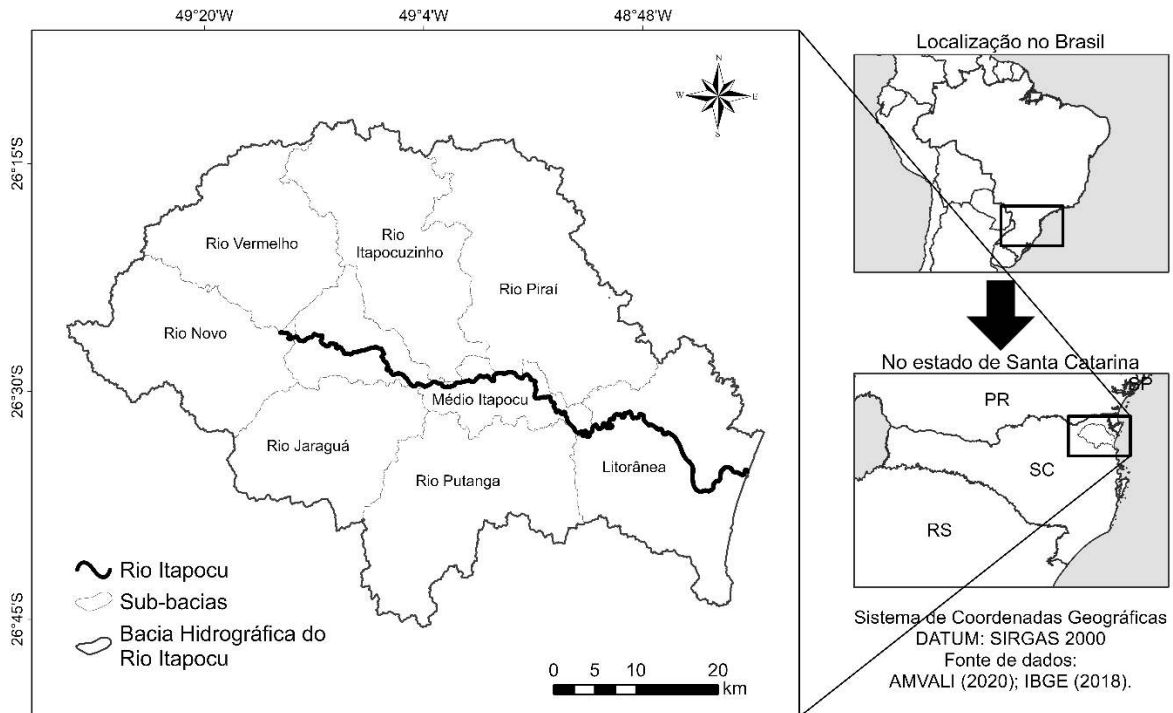
1.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Itapocu está localizada na região Nordeste do estado de Santa Catarina. Para efeito de gerenciamento dos recursos hídricos, pertence à Região Hidrográfica da Vertente Atlântica Sudeste, segundo a divisão da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) e à Região Hidrográfica 06 da Baixada Norte, pela subdivisão do estado de Santa Catarina.

A Região Hidrográfica da Baixada Norte é composta pelas Bacias Hidrográficas dos rios Cubatão Norte, Cachoeira e a Bacia Hidrográfica do rio Itapocu, perfazendo uma área de 4.877 km² (UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL, 2017). A Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu possui suas nascentes na Serra do Mar e drena suas águas para o Oceano Atlântico. Sua delimitação política/administrativa e áreas contíguas ocupam uma área de drenagem igual a 2.919,796 km², sendo dividida em oito sub-bacias para fins de planejamento (MAPA 1). O principal rio, do qual a bacia leva o nome, é formado da confluência dos rios Novo e Humboldt, no município de Corupá. Desse ponto até sua foz no município de Barra Velha, o Rio Itapocu apresenta um comprimento de 109 km (UNISUL, 2017).

Em relação ao uso múltiplo das águas da bacia do Itapocu, o plano de recursos hídricos da bacia aponta que 51,76% da água utilizada nela é dirigida à irrigação das lavouras de arroz. A segunda atividade que mais utiliza a água é o abastecimento público, com 23,76%, seguido da aquicultura, com 12,16%. Na sequência ocorrem os usos industrial (7,85%) e de mineração (4,41%). Os demais usos são considerados insignificantes (UNISUL, 2017). Para fins de enquadramento dos rios da bacia do Rio Itapocu, considerou-se a Classe 2 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, segundo Brasil (2005), como referência, pois até o presente momento a bacia do Itapocu, com seus diversos corpos de água, ainda não possui em definitivo o enquadramento dos rios que compõem o seu complexo hidrológico.

Mapa 1 – Localização da área de estudo



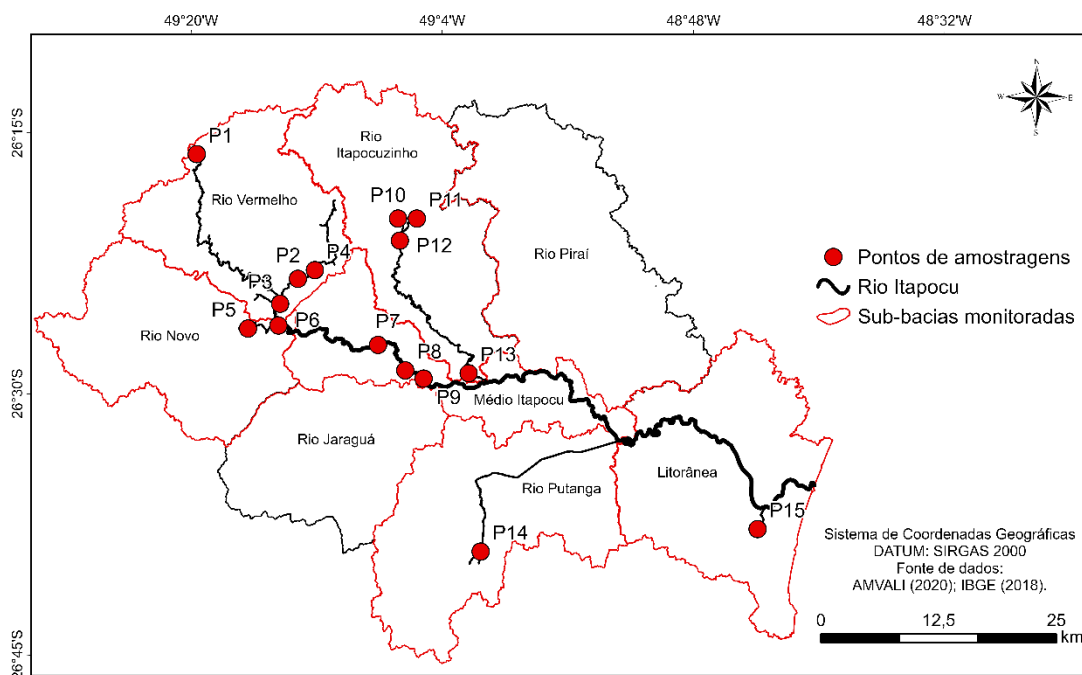
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

1.2 Coleta e análise de dados

Os dados de monitoramento analisados neste trabalho foram cedidos por cinco companhias de saneamento presentes na bacia, situadas nos municípios de Barra Velha, Corupá, Guaramirim, Jaraguá do Sul, Joinville, Massaranduba, São Bento do Sul e Schroeder.

As solicitações de laudos técnicos de análise da qualidade da água às companhias foram feitas via ofício. O período avaliado pela pesquisa foi estabelecido com base na disponibilidade dos dados de quinze pontos amostrais, sendo considerada uma janela temporal de seis anos, compreendendo o período entre os anos de 2014 e 2019. A localização dos pontos amostrais encontra-se no Mapa 2 e foram numerados de 1 a 15, enquanto no Quadro 1 são apresentadas as coordenadas geográficas e potamografia.

Mapa 2 – Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Quadro 1 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Itapocu

(Continua)

Sub-bacias	Código	Corpo d'água	Coordenadas
Rio Vermelho (B1)	P1	Rio Vermelho	26° 16' 49" S / 49° 19' 28" O
	P2	Rio Ano Bom	26° 23' 07.4" S / 49° 12' 37.6" O
	P3	Rio Ano Bom	26° 24' 38.1" S / 49° 14' 05.3" O
	P4	Rio Ano Bom	26° 22' 56.8" S / 49° 12' 05.4" O
Rio Novo (B2)	P5	Rio Novo	26° 26' 03.8" S / 49° 16' 07.6" O
	P6	Rio Itapocu	26° 25' 53.3" S / 49° 14' 10.7" O

(Conclusão)

Sub-bacias	Código	Corpo d'água	Coordenadas
Médio Itapocu (B3)	P7	Rio Itapocu	26° 26' 55.1" S / 49° 07' 48.0" O
	P8	Rio Itapocu	26° 28' 21.6" S / 49° 06' 02.3" O
	P9	Rio Itapocu	26° 28' 48.6" S / 49° 04' 51.1" O
Rio Itapocuzinho (B4)	P10	Rio Itapocuzinho	26° 20' 13.33" S / 49° 06' 20.9" O
	P11	Rio Itapocuzinho	26° 20' 7.68" S / 49° 05' 57.73" O
	P12	Rio Itapocuzinho	26° 20' 26.77" S / 49° 06' 25.81" O
	P13	Rio Itapocuzinho	26° 28' 27.2" S / 49° 01' 56.5" O
Rio Putanga (B5)	P14	Rio Sete de Janeiro	26° 38' 48.6" S / 49° 00' 54.4" O
Litorânea (B6)	P15	Rio Itinga	26° 37' 09.4" S / 48° 43' 19.1" O

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Para avaliar a condição da qualidade da água das sub-bacias, a série histórica foi analisada com base nos seguintes parâmetros e métodos de acordo com o “*Standard Methods*” (APHA, 2005): coliformes termotolerantes (membrana filtrante), *Escherichia coli* (membrana filtrante), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20°C} diluição e incubação), fósforo total (colorimétrico), nitrogênio amoniacal total (colorimétrico), nitrato (colorimétrico), oxigênio dissolvido (eletrométrico), pH (eletrométrico), turbidez (nefelométrico) e cor verdadeira (espectrofotométrico), parâmetros que compõem o índice de qualidade de água – IQA. O IQA é um índice bastante empregado para avaliar água bruta visando seu uso para abastecimento público após tratamento, segundo Cetesb (2008), observando que este índice não considera metais pesados ou compostos orgânicos clorados, fosforados ou outros oriundos de petróleo e que este trabalho fará análise individual dos parâmetros. Foram utilizados ainda, índices

pluviométricos que ocorreram 24 horas antes de cada coleta, para análise de sua influência sobre a qualidade da água dos rios em estudo. Os dados pluviométricos também foram obtidos por meio dos laudos técnicos cedidos, e na ausência desta informação, foram utilizados dados pluviométricos provenientes do portal *Hidroweb* da ANA.

A análise dos valores da série histórica de dados de qualidade da água foi realizada pelo emprego do método de estatística descritiva, que incluiu a obtenção de medidas de tendência central. As medidas de tendência central corresponderam a média aritmética e média geométrica. A média geométrica foi calculada apenas para os parâmetros coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, devido estes parâmetros apresentarem valores que variam segundo diversas ordens de magnitude, sendo assim, menos conveniente neste caso a utilização da média aritmética, pois os valores mais elevados da faixa exercem grande peso e distorceriam o conceito de tendência central (VON SPERLING, 2007). A aferição dos resultados se deu através de planilhas do Microsoft Excel. Por fim, os resultados das medidas de tendência central foram confrontados com os valores de referência da Resolução Conama nº 357/2005 considerando seus usos preponderantes previstos para águas doces de Classe II (BRASIL, 2005).

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consistentemente, os resultados observados ao longo do tempo apresentaram concentrações de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e cor verdadeira fora dos padrões estabelecidos na Resolução Conama 357/2005 para águas doces Classe 2. Na Tabela 1 são apresentadas as médias de todo o período de análise e os valores máximos permitidos de acordo com a legislação federal.

Tabela 1 – Médias aritméticas e geométricas e padrões por sub-bacia monitorada

Parâmetros	Sub-bacia						Padrão (Resolução Conama 357/2005)
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	$3,31 \times 10^4$	$1,90 \times 10^4$	$1,58 \times 10^4$	*	*	$2,36 \times 10^4$	≤ 1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	*	$9,51 \times 10^3$	*	$2,70 \times 10^6$	$2,44 \times 10^5$	*	≤ 1000
Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	80,50	*	*	12,65	*	< 3	≤ 5
Fósforo total (mg/L)	3,10	0,19	0,25	*	0,15	0,09	$\leq 0,05$
Nitrogênio amoniaco total (mg/L)	0,52	*	1,42	*	0,73	0,49	$\leq 2,18$
Nitrato (mg/L)	4,70	*	0,50	2,50	*	2	≤ 10
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,81	*	6,86	5	*	6,50	≥ 5
pH	6,10	6,91	6	6,45	7,20	6,55	$6 \leq \text{pH} \leq 9$
Turbidez (NTU)	84	34,06	1195	100,16	103,61	38,06	≤ 100
Cor verdadeira (μH)	64	56	334	117,34	135,32	289	≤ 75

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

B1 = Rio Vermelho; B2 = Rio Novo; B3 = Médio Itapocu; B4 = Rio Itapocuzinho; B5 = Rio Putanga; B6 = Litorânea.

Nota: *Parâmetro não aferido na sub-bacia em questão.

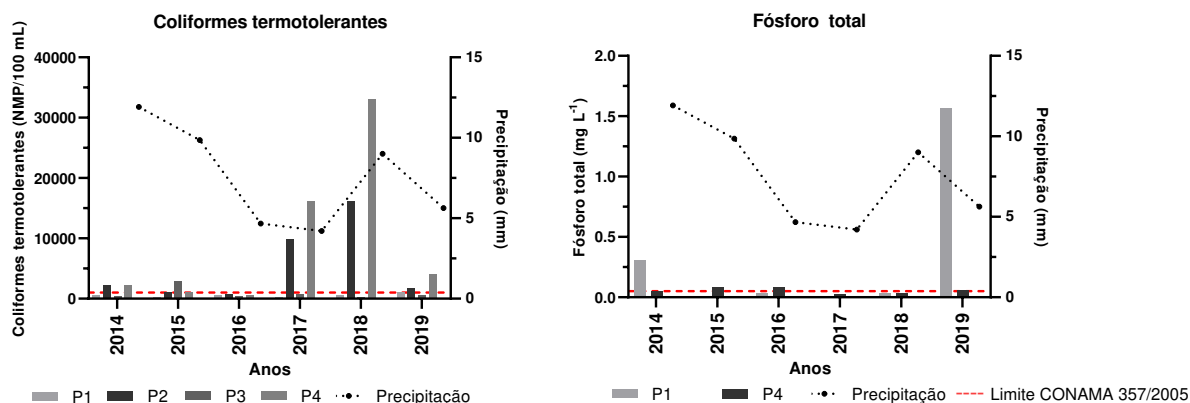
A seguir são apresentados e discutidos os resultados anuais específicos para cada sub-bacia, com maior destaque aos possíveis fatores responsáveis pelas alterações observadas.

2.1 Rio Vermelho

O monitoramento de coliformes termotolerantes ao longo dos anos de 2014 a 2019, indicou picos de concentração fora do limite estipulado pela Resolução nº 357/2005 do Conama ao longo de praticamente todos os anos, com exceção, apenas, do ano de 2016. Os maiores valores registrados em todo o período ocorreram em 2017 e 2018 (GRÁFICO 1) nos pontos amostrais P2 (16.148 NMP/100 mL) e P4 (33.066 NMP/100 mL), localizados no município de Corupá. A presença de coliformes termotolerantes no rio são indicadores da presença potencial de contaminação fecal, visto que sua população é constituída de uma alta proporção de *Escherichia coli*, cujo habitat é exclusivamente o trato intestinal de seres humanos e animais homeotérmicos (LEÃO *et al.*, 2018).

Nestes pontos da sub-bacia o uso do solo é preponderantemente para pecuária e agricultura de subsistência, sugerindo que o aumento na concentração pode ser atribuído também à presença de fezes animais que escoam para o leito do rio. Nesse caso, é importante frisar que mesmo que o aumento na concentração seja esporádico, por contaminações difusas ou pontuais, a concentração crítica para o parâmetro coliformes termotolerantes, no tocante à conformidade com a legislação, situa-se no ponto de mistura do lançamento de efluentes-rio. A partir desse ponto a concentração de bactérias tende a decrescer, assim é importante que as concentrações estejam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, imediatamente no ponto de mistura (VON SPERLING, 2007).

Gráfico 1 – Parâmetros em desconformidade nos pontos amostrais da sub-bacia Rio Vermelho - anos de 2014 a 2019



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

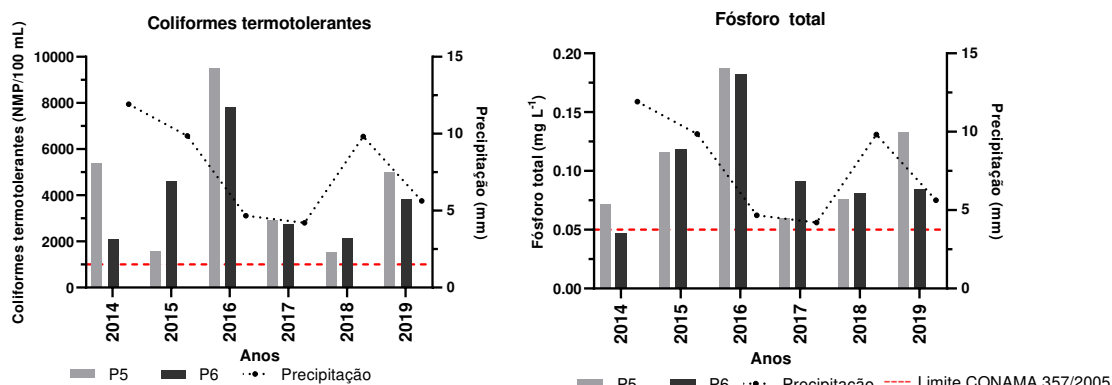
O fósforo pode ser encontrado na maior parte dos detergentes domésticos, sendo o elemento mais cogitado na ocorrência de eutrofização, juntamente com o nitrogênio (MARTINS, 2018). Nos efluentes sanitários, o composto se apresenta na forma orgânica em concentrações que variam de 1–6 mg L⁻¹, e inorgânica, representada pelos ortofosfatos e polifosfatos, geralmente com concentrações maiores que 6 mg L⁻¹ (MARTINS, 2018). Nesse sentido, os picos de elevação na concentração de fósforo monitorados nos anos de 2014 (0,305 mg L⁻¹) e 2019 (1,57 mg L⁻¹), evidenciam a existência de fósforo orgânico relacionado com despejo irregular ou tratamento ineficiente de efluente sanitário.

Os demais parâmetros analisados não apresentaram elevações na concentração, com apenas um pico de elevação na DBO (80,5 mg L⁻¹) (TABELA 1).

2.2 Rio Novo

Concentrações de coliformes termotolerantes acima do padrão foram identificados em ambos os pontos presentes na sub-bacia, com aumento da concentração na ordem de 5.000 (NMP/100 mL) entre os anos de 2014 e 2016 (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Parâmetros em desconformidade nos pontos amostrais da sub-bacia Rio Novo - anos de 2014 a 2019



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A entrada de sedimentos e excretas nos rios da sub-bacia é facilitada por apresentar alto potencial erosivo de cunho pluvial, e por ser uma bacia de cabeceira com transição forte entre relevo acidentado e planície (UNISUL, 2017). No entanto, não se observa uma tendência de aumento das concentrações acompanhando os índices pluviométricos. Desse modo, este aumento da concentração pode ser atribuído a fontes de poluição pontuais que ocorreram apenas nos períodos em análise.

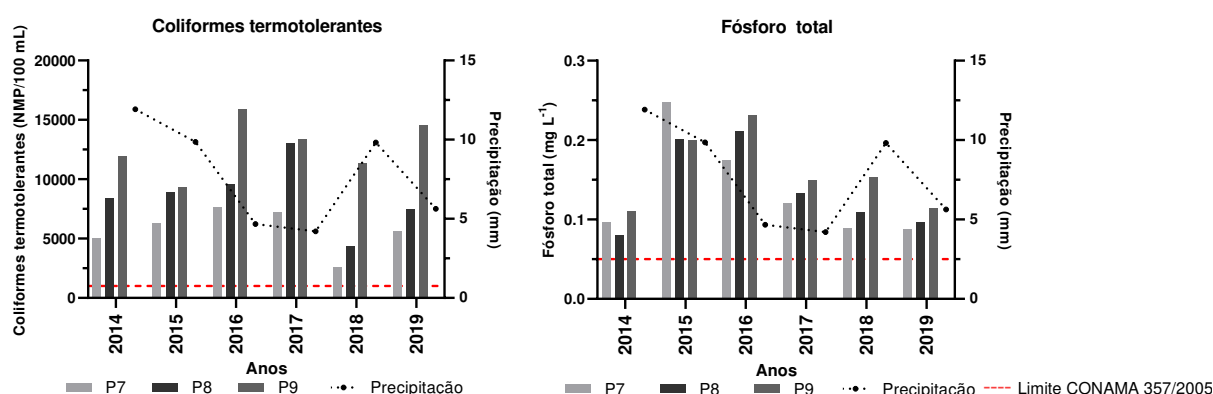
A análise da série de dados demonstra que todos os pontos amostrais excederam o limite estabelecido para o parâmetro fósforo total, em algum período do ano. O maior pico de elevação na concentração média ($0,19 \text{ mg L}^{-1}$) foi observado no ano de 2016, em um período de baixa precipitação. Como apontado por Von Sperling (2007), tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que parte do fósforo orgânico particulado proveniente principalmente de detritos orgânicos, sedimenta, e através de processos biológicos é transformado em fósforo inorgânico dissolvido, sendo liberado pelo sedimento de fundo. A liberação irá ocorrer com maior expressividade à medida que a profundidade do curso d'água estiver mais baixo, contribuindo para o aumento da concentração de fósforo na massa líquida (VON SPERLING, 2007).

2.3 Médio Itapocu

Valores acima do padrão para coliformes termotolerantes foram reportados em todos os pontos ao longo da série histórica. Os pontos P8 e P9, conforme o Gráfico 3, apesar de serem espacialmente distantes um do outro, apresentaram concentrações similares ao longo

do tempo. Considerando a distância entre os dois pontos, duas hipóteses são levantadas: primeiramente de que a vazão do Rio Itapocu no período amostrado não foi suficiente para diluir essa concentração entre um ponto e outro.

Gráfico 3 – Parâmetros em desconformidade nos pontos amostrais da sub-bacia Médio Itapocu - anos de 2014 a 2019



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A segunda hipótese é que tenha ocorrido erro na medição deste parâmetro em algum dos pontos, já que como mencionado anteriormente, após o ponto de mistura a tendência é de decréscimo na concentração de coliformes termotolerantes, ou aumento devido a contribuições ao longo do percurso. O ponto P9 demonstra grande preocupação para a sub-bacia, pois apresentou valores muito acima do permitido ao longo de toda série de dados analisada. O Médio Itapocu é um ponto de convergência de contribuições de sub-bacias importantes, além de ser a mais populosa, o que contribui para aumentar a pressão sob o Rio Itapocu, principal rio da bacia hidrográfica.

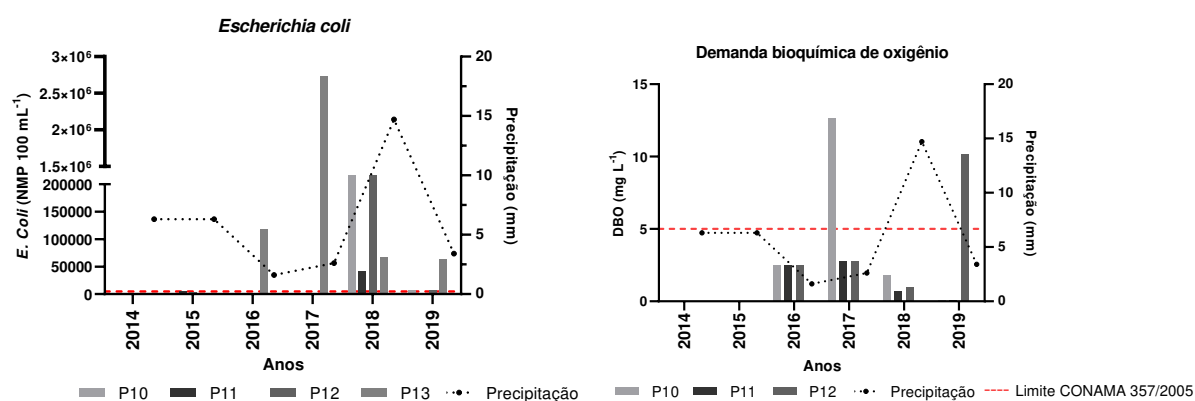
O ponto P7 sofre maior aporte de fósforo por drenagem pluvial de áreas agricultáveis, e os pontos P8 e P9 por drenagem urbana e esgoto sanitário. Assim como sugerido por Von Sperling (2007), é comum que o aporte de fósforo proveniente da drenagem urbana e lançamento de esgoto sanitário bruto apresentem maiores concentrações de fósforo, quando comparados com áreas de drenagem pluvial agrícola, o que elucida as maiores concentrações verificadas nos pontos P8 e P9 em grande parte da série histórica. É importante salientar que a contribuição proveniente de esgoto sanitário bruto consiste em maior concentração de fósforo inorgânico na forma de fosfatos, como os detergentes, que podem representar até 50% da concentração de fósforo total nos esgotos domésticos (VON

SPERLING, 2007). Sugere-se que os picos de aumento na concentração em P7 estejam relacionados principalmente à drenagem pluvial de fertilizantes aplicados nas culturas de banana e arroz nas proximidades, e à possíveis lançamentos irregulares de efluentes sanitários.

2.4 Rio Itapocuzinho

O perfil das concentrações de *Escherichia coli* ao longo do período de monitoramento forneceram indícios de contaminação do corpo hídrico por esgoto sanitário, tanto de fontes pontuais quanto de fontes difusas. Foram registrados valores de concentração na ordem de $2,7 \times 10^6$ (NMP 100 mL⁻¹), muito superiores ao padrão da Resolução nº 357/2005 do Conama para rios de Classe II, indicando possíveis contribuições irregulares com cargas elevadas (GRÁFICO 4).

Gráfico 4 – Parâmetros em desconformidade nos pontos amostrais da sub-bacia Rio Itapocuzinho - anos de 2014 a 2019



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Nos anos de 2014 e 2017 este parâmetro não foi aferido na sub-bacia em questão. Com exceção do ano de 2018, o perfil de precipitação não demonstra influência nas concentrações, reforçando a possibilidade de fontes pontuais de poluição.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) pode ser definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável em condições aeróbias, sendo um parâmetro importante nos estudos de autodepuração dos cursos d'água e composição dos seus índices de qualidade (MANOEL; SANT'ANNA; CARVALHO, 2019). Ao analisar o Gráfico 3, nota-se que a concentração média de DBO excedeu o limite exigido

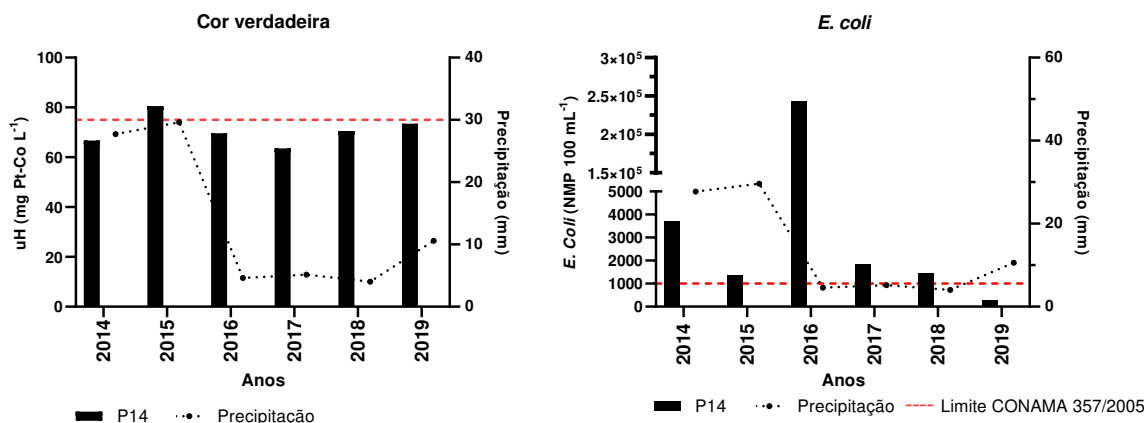
pela Resolução Conama nº 357/2005 para corpos hídricos de Classe 2 ($5 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$) nos anos de 2017 e 2019, sem correlação entre a precipitação ocorrida no dia anterior à amostragem, e os níveis de DBO aferidos nos pontos P10 e P12.

O curso do Rio Itapocuzinho percorre os municípios de Schroeder e Guaramirim, além de fazer divisa em certos trechos com o município de Jaraguá do Sul. Tais municípios estabeleceram a sua zona industrial à montante do Rio Itapocuzinho, concentrando a maior parte das indústrias com potencial poluidor nesta região da bacia hidrográfica. Estes fatores fornecem indícios de lançamentos clandestinos na região onde estão localizados os pontos P10 e P12.

2.5 Rio Putanga

A coloração das águas é resultado da presença de sólidos dissolvidos nos corpos hídricos. Este é um parâmetro físico que pode resultar de causas naturais devido à presença de material orgânico ou conferir indícios de contribuições de despejos irregulares nos rios. É possível distinguir o parâmetro em cor aparente e cor verdadeira. Na cor aparente pode estar incluído uma parcela devida à turbidez da água, e quando esta parcela é removida por centrifugação ou filtração, se obtém a cor verdadeira (VON SPERLING, 2007). A análise da série histórica de cor verdadeira permite verificar que os valores médios registrados para este parâmetro estiveram acima do limite estipulado pela Resolução Conama nº 357/2005, no ano de 2015 (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – Parâmetros em desconformidade no ponto amostral da sub-bacia Rio Putanga - anos de 2014 a 2019



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

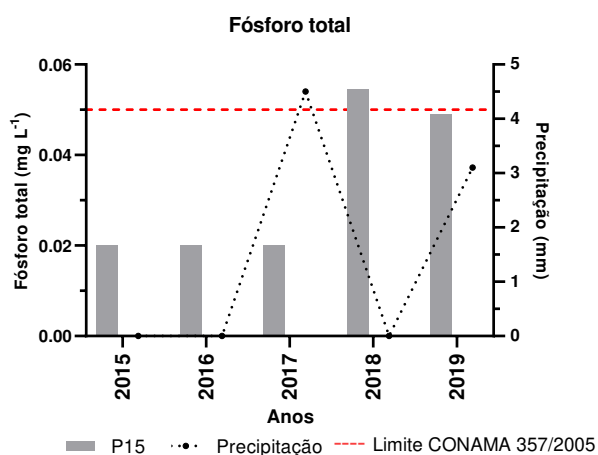
A precipitação do dia anterior às coletas efetuadas não demonstrou ter influenciado os resultados, descartando a possibilidade de contaminação de origem antropogênica, por resíduos industriais e esgotos domésticos. O uso e ocupação do solo circunvizinhos ao ponto amostrado (P14) é de pouca urbanização e de vegetação composta por mata atlântica, sugerindo que os picos de elevação são de origem natural, pela presença de substâncias húmicas. As substâncias húmicas são resultantes de processos de decomposição de matéria orgânica de origem natural (principalmente vegetais), segundo Von Sperling (2007), e sua presença é detectada através da cor verdadeira (TANGERINO; DI BERNARDO, 2005).

Os valores médios de concentração de *Escherichia coli* ao longo da série histórica se mostraram acima do limite de 1.000 *E. coli*/100 mL em quase todos os anos, com exceção apenas do ano de 2019, que demonstra uma tendência de melhora do parâmetro ao fim da série histórica. O maior pico registrado ocorreu de forma singular em 2016, atingindo altas concentrações na ordem de $2,5 \times 10^5$ *E. coli*/100 mL. Devido assuas áreas de planícies, a sub-bacia apresenta grande vocação agrícola, com destaque para rizicultura, bananicultura, reflorestamento e pastagem (UNISUL, 2017). Sendo o microrganismo *E. coli* a única bactéria que fornece garantia de contaminação exclusivamente fecal, segundo Leão *et al.* (2018), as maiores concentrações nesses pontos são indícios de lançamentos incorretos de efluente sanitário e ausência ou ineficácia de rede coletora de esgoto, assim como escoamento de sedimentos juntamente com excretas de animais para o leito do rio, devido a criação animal nas margens do rio Sete de Janeiro.

2.5 Litorânea

Verifica-se que informações sobre índices de qualidade da água na sub-bacia Litorânea, ao longo dos anos, ainda são escassas, limitando a análise da série histórica de dados ao parâmetro fósforo total (GRÁFICO 6).

Gráfico 6 – Parâmetros em desconformidade no ponto amostral da sub-bacia Litorânea - anos de 2015 a 2019



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Os valores médios registrados para o parâmetro fósforo total no ponto P15 extrapolaram o limite imposto em legislação apenas no ano de 2018. A sub-bacia em questão é o ponto de convergência de todas as contribuições hídricas da bacia hidrográfica do rio Itapocu, exercendo grande pressão sobre os recursos hídricos da região. Historicamente, a entrada de fósforo no rio Itinga vem sendo facilitada pela drenagem pluvial de áreas desmatadas para plantação de eucalipto e banana (COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN, 2014). Além disso, o manancial possui histórico de períodos de estiagem, contribuindo para a diminuição da capacidade de diluição do aporte de fósforo, e aumentando as concentrações aferidas. Aliado a isso, as baixas velocidades de fluxo no manancial em questão, oferecem características para a ocorrência de eutrofização.

3 CONCLUSÃO

Os usos do solo preponderantes nos pontos de amostragem juntamente com o regime de chuvas registrados apresentaram relação com alterações nas concentrações, observadas ao longo do tempo. As sub-bacias do Itapocuzinho, Médio Itapocu, Putanga e Litorânea apresentaram os piores índices de qualidade ao longo do período de análise. Estas são bacias de transição entre ambientes rurais e urbanos, e, portanto, seus recursos hídricos sofrem pressão por diferentes usos e ocupação do solo.

Como forma de mitigar os impactos gerados pelos parâmetros em desconformidade, primeiramente devem ser adotadas estratégias de cunho preventivo para reduzir o aporte de fósforo em alguns pontos da bacia. Em especial a boa gestão dos esgotos é necessária em todas as áreas urbanas e inclui sistema de coleta, estações de tratamento à nível terciário com remoção de nutrientes e os corpos receptores. Nas áreas rurais, o controle da drenagem pluvial deve ser priorizado visto que o maior regime de chuvas influenciou expressivamente a alteração dos parâmetros. Destaca-se as boas práticas agrícolas, o reflorestamento de áreas com alto risco de erosão e o bom manejo da terra, que são essenciais para controlar a erosão do solo, um dos principais fatores para a alteração nos parâmetros em desconformidade.

Devido à dinâmica das águas, o monitoramento da qualidade das águas requer amostragens frequentes, por isso recomenda-se um aumento do número de pontos amostrais em um programa de monitoramento futuro, enriquecendo assim a análise espaço-temporal e fornecendo um entendimento científico ainda mais abrangente sobre as condições dos rios da bacia hidrográfica do rio Itapocu.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Portal HidroWeb**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 18 jan. 2021.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Section 9060 Samples, 2005. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.184>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRASIL. Resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasil, 2005.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Relatório Anual de Qualidade da Água Distribuída**. São João do Itaperiú, 2014. 4 p. Disponível em: https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/rel_anu_qual_agua_2014/srn/picarras/sao_joao_do_itaperiu.pdf. Acesso em: 19 jan. 2021.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: Cetesb, 2008. 540 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/publico/TeseLamparelli2004.pdf>. Acesso em: 21 jan.2021.

LEÃO, R. C. *et al.* Ocorrência de enteroparasitos e coliformes termotolerantes nas mãos de manipuladores de alimentos de um hospital de ensino. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 211-215, abr./jun., 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X201800020283>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327047709_Ocorrencia_de_enteroparasitos_e_coliformes_termotolerantes_nas_maos_de_manipuladores_de_alimentos_de_um_hospital_de_ensino. Acesso em: 22 jan. 2021.

MANOEL, L. O.; SANT'ANNA, J. B.; CARVALHO, S. L. Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) como parâmetro de poluição na Bacia Hidrográfica do Córrego Caçula – SP. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v.15, n.4, p.1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17271/1980082715420192202>. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/2202. Acesso em: 22 jan.2021.

MARTINS, A. S. **Influência de produtos de higiene pessoal e limpeza na concentração de sólidos totais, DBO, DQO, nitrogênio total e fósforo total do esgoto doméstico.** 2018. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1148>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21625/1/INFLU%c3%8aNCIA%20DE%20PRODUTOS%20DE%20HIGIENE.pdf>. Acesso em: 22 jan.2021.

TANGERINO, E.P.; DI BERNARDO, L. Remoção de substâncias húmicas por meio da oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio e FiME. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 290-298, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000400005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/c9LdwMfhzP78QCTRPs3nRYd/?lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2021.

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. **Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu.** Produto 3 – Etapa B. Tubarão, 2017. Disponível em: http://www.aguas.sc.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1904&Itemid=248&jsmallfib=1&dir=JSROOT/DHRI/Planos+de+Bacias/Plano+da+Bacia+Hidrografica+do+Rio+Itapocu. Acesso em: 18 jan. 2021

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2007. 588 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 7).