

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE**

DIOGO RICARDO ROESNER

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO ASSOCIADOS À
BALNEABILIDADE NA ILHA DE SANTA CATARINA, BRASIL**



**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

FLORIANÓPOLIS, 2025.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE**

DIOGO RICARDO ROESNER

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO ASSOCIADOS À
BALNEABILIDADE NA ILHA DE SANTA CATARINA, BRASIL**

Dissertação submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre Profissional em Clima e Ambiente.

Orientador:
Prof. Dra. Débora Monteiro Brentano

FLORIANÓPOLIS, 2025.



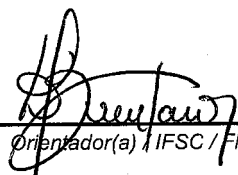
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

Aluno (a):

Título:	EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO ASSOCIADOS À BALNEABILIDADE NA ILHA DE SANTA CATARINA
---------	---

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente

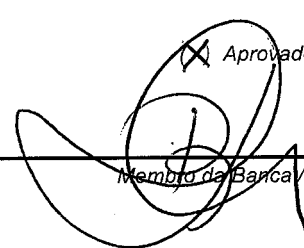
Dr(a) *Débora Monteiro Buntano*


Orientador(a) / IFSC / Florianópolis- SC

Participação Presencial

Dr(a). *Berenice da Silva Junke*

☒ Aprovado () Reprovado


Membro da Banca / IFSC / Florianópolis- SC

Participação Presencial

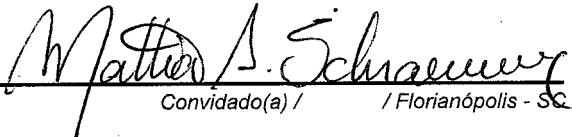
☒ Aprovado () Reprovado

Dr(a). *MALIO FRANCISCO GOM DE OLIVEIRA*


Membro da Banca / IFSC / Florianópolis- SC

Participação Presencial

Dr(a). *Matthias A. Schamm*


Convidado(a) / / Florianópolis - SC

Participação Presencial

☒ Aprovado () Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

☒ unanimidade

Florianópolis,

CDD 551.6
R718e

Roesner, Diogo Ricardo
Eventos extremos de precipitação associados à balneabilidade na ilha de Santa Catarina, Brasil [DIS] / Diogo Ricardo Roesner; orientação de Débora Monteiro Brentano – Florianópolis, 2025.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Chuva intensa. 2. Gestão costeira. 3. Mudanças climáticas. 4. Escherichia coli. I. Brentano, Débora Monteiro. II. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor, apoio e incentivo incondicionais
ao longo de toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais, que sempre me apoiaram e incentivaram na busca por novos conhecimentos.

Agradeço à minha namorada, que esteve comigo desde o início, apoiando e auxiliando desde a elaboração do projeto. Sou grato ao meu primo Roberto pelo auxílio na programação e pela hospitalidade.

Aos meus amigos de quatro patas (Luli e Luna), por trazerem alegria durante a produção desta dissertação e por me lembrarem da importância de fazer pausas para dar carinho.

À minha orientadora, Débora, que, além de me aceitar como orientando, mesmo diante de suas demandas pessoais, me auxiliou de forma excepcional no desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação e disponibilidade foram fundamentais para que eu conseguisse chegar ao final desta caminhada.

À minha turma de 2023, que compartilhou aulas, encontros e caronas para Itajaí, tornando a jornada mais leve e colaborativa. Ao nosso veterano Matheus e à Amanda, pela ajuda durante o mestrado e pela parceria.

Aos professores do IFSC, por compartilharem não apenas seu conhecimento técnico, mas também experiências, reflexões e inspiração para seguir na vida acadêmica e profissional. Em especial ao Professor Mário, que me acompanha há tempos e sempre abriu possibilidades para o meu desenvolvimento como aluno.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente, que proporcionou aulas incríveis e contribuiu significativamente para minha qualificação profissional.

E, por fim, ao Instituto Federal de Santa Catarina, onde vivi alguns anos da minha vida e que agora me proporcionou a oportunidade de me tornar Mestre.

"Tanto o insignificante quanto o extraordinário são arquitetos do mundo natural"
(Carl Sagan).

RESUMO

As mudanças climáticas estão afetando os padrões de precipitação, sendo projetado um aumento na frequência e intensidade das chuvas na região sul do Brasil. Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos de eventos extremos de precipitação na balneabilidade das praias da Ilha de Santa Catarina. Foram utilizados dados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia e relatórios de balneabilidade do Instituto do Meio Ambiente, abrangendo o período de janeiro de 1992 a dezembro de 2023. Para a identificação dos eventos extremos, foram calculados os percentis diários de precipitação para cada mês, resultando na identificação de 31 eventos de chuva intensa, dos quais 22 ocorreram na primavera e no verão, período de alta temporada turística na Ilha de Santa Catarina. Nos últimos oito anos do período analisado, nove eventos foram relacionados a três praias com estações de tratamento de esgoto - ETE (Canasvieiras, Jurerê e Barra da Lagoa) e três com sistemas individuais - SI (Ingleses, Campeche e Armação do Pântano do Sul). A análise evidenciou alterações na balneabilidade e nos níveis de *Escherichia coli*, variando conforme as características de cada praia. Em mais da metade dos eventos analisados, registrou-se aumento nas concentrações de *Escherichia coli*, com maior frequência na Barra da Lagoa e Armação do Pântano do Sul (89%), seguidas de Canasvieiras (78%), Campeche (67%), Jurerê (55%) e Ingleses (55%). Além disso, verificou-se correlação positiva entre o acumulado de precipitação no primeiro, segundo e terceiro dia anteriores às coletas e o aumento das concentrações de *Escherichia coli*, independentemente do tipo de sistema utilizado. Esses resultados indicam que, mesmo em áreas com infraestrutura sanitária, a ocorrência de chuvas intensas pode comprometer a qualidade da água atuando como veículo de contaminantes fecais, muitas vezes associados a irregularidades no sistema de esgotamento. Assim, o aumento da frequência desses eventos, aliado à urbanização e à pressão turística, exige aprimoramentos estruturais e de gestão costeira, como a ampliação da rede coletora, implantação de novas estações de tratamento de esgoto e intensificação da fiscalização de irregularidades, a fim de mitigar os impactos negativos das mudanças climáticas sobre a balneabilidade e a economia local.

Palavras-chave: *Escherichia coli*. Chuva intensa. Gestão costeira. Mudanças climáticas.

ABSTRACT

Climate change is affecting precipitation patterns, with an increase in the frequency and intensity of rainfall projected for southern Brazil. This study aimed to evaluate the impacts of extreme precipitation events on the bathing water quality of the beaches of Santa Catarina Island. Precipitation data from the National Institute of Meteorology and bathing water quality reports from the Environmental Institute were used, covering the period from January 1992 to December 2023. To identify extreme events, daily precipitation percentiles were calculated for each month, resulting in the identification of 31 intense rainfall events, 22 of which occurred during spring and summer the peak tourist season on the island. In the last eight years of the analyzed period, nine events were associated with three beaches equipped with wastewater treatment plants (WWTP) Canasvieiras, Jurerê, and Barra da Lagoa and three beaches using individual systems (IS) Ingleses, Campeche, and Armação do Pântano do Sul. The analysis revealed variations in bathing water quality and in *Escherichia coli* levels, depending on the specific characteristics of each beach. In more than half of the analyzed events, increases in *Escherichia coli* concentrations were observed, most frequently at Barra da Lagoa and Armação do Pântano do Sul (89%), followed by Canasvieiras (78%), Campeche (67%), Jurerê (55%), and Ingleses (55%). Furthermore, a positive correlation was found between accumulated precipitation on the first, second, and third days preceding the samplings and the increase in *Escherichia coli* concentrations, regardless of the system type. These results indicate that even in areas with wastewater infrastructure, intense rainfall events can compromise water quality by acting as vectors for fecal contaminants, often linked to irregularities in the sewage system. Therefore, the increasing frequency of such events, combined with urbanization and tourism pressure, calls for structural and management improvements, such as the expansion of sewage networks, the construction of new treatment plants, and the intensification of inspections to mitigate the negative impacts of climate change on bathing water quality and the local economy.

Keywords: *Escherichia coli*. Heavy rainfall. Coastal management. Climate change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico	18
Figura 2 – Eventos extremos de chuva intensa (1992–2023). Em vermelho, as barras que correspondem aos meses de alta temporada (novembro a março). Em azul, os meses de baixa temporada.	37
Figura 3 – Gráficos de dispersão com a concentração de <i>E. coli</i> (log10) em função da precipitação acumulada em um (a), dois (b), três (c) e cinco dias (d) anteriores à coleta na praia de Canasvieiras. Os tamanhos dos pontos indicam faixas de precipitação, agrupadas em intervalos de 30 mm	41
Figura 4 – Gráficos de dispersão da concentração de <i>Escherichia coli</i> (log) em função da precipitação acumulada no 1, 2 e 3 dia anteriores à coleta na praia da Armação do Pântano do Sul: (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias	42
Figura 5 – Gráficos de dispersão da concentração de <i>Escherichia coli</i> (log) em função da precipitação acumulada no 1, 2 e 3 dia anteriores à coleta na praia dos Ingleses: (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias	43
Figura 6 – Gráficos de dispersão da concentração de <i>Escherichia coli</i> (log) em função da precipitação acumulada no 1, 2 e 3 dia anteriores à coleta na praia dos Jurerê: (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias	44
Figura 7 – Pontos de amostragem na praia de Canasvieiras. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.	45
Figura 8 – - Conjunto de pontos com a média de <i>E. coli</i> uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.	48
Figura 9 – Pontos de amostragem na praia de Jurerê. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.	50
Figura 10 -- Conjunto de pontos com a média de <i>E. coli</i> uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.	52

Figura 11 – Pontos de amostragem na praia da Barra da Lagoa. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.	53
Figura 12 -- Conjunto de pontos com a média de <i>E. coli</i> uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.	54
Figura 13 – Pontos de amostragem na praia dos Ingleses. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.	55
Figura 14 -- Conjunto de pontos com a média de <i>E. coli</i> uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.	57
Figura 15 – Pontos de amostragem na praia do Campeche. O ponto em amarelo indica local com fluxo de água contínuo.	58
Figura 16 -- Conjunto de pontos com a média de <i>E. coli</i> uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.	59
Figura 17 – Pontos de amostragem na praia da Armação do Pântano do Sul. O ponto em amarelo indica local com fluxo de água contínuo.	60
Figura 18 -- Conjunto de pontos com a média de <i>E. coli</i> uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.	61
Figura 19 -- Comparação dos valores antes e depois dos eventos extremos de precipitação nos sistemas SI e ETE.	63
Figura 20 – Aplicação do produto Técnico-tecnológico na Escola de Educação Básica São Tarcísio, com turmas do 2.º ano do ensino médio, momento de discussão dos gráficos produzidos nesta dissertação.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eventos de chuva intensa entre 2016 e 2023. Os eventos com os maiores índices pluviométricos estão grifados na tabela. .	36
Tabela 2 – Correlação entre o acumulado de precipitação (1, 2 e 3 dias) e a concentração de <i>Escherichia coli</i> nas praias analisadas e com relação significativa	39
Tabela 3 – Correlação entre o acumulado de precipitação de 5 e 7 dias e a concentração de <i>Escherichia coli</i> nas praias analisadas . .	40
Tabela 4 – Pontos de coleta da praia de Canasvieiras com alteração qualitativa após eventos extremos de precipitação. A ordem de apresentação dos pontos relaciona-se à posição geográfica dos mesmos, de oeste a leste.	46
Tabela 5 – Eventos de chuva intensa com diferenças significativas na praia de Canasvieiras entre 2016 e 2023.	48
Tabela 6 – Pontos de coleta da praia de Jurerê com alteração qualitativa após eventos extremos de precipitação. A ordem de apresentação dos pontos relaciona-se à posição geográfica dos mesmos, de oeste a leste.	50
Tabela 7 – Pontos de coleta da praia dos Ingleses com alteração qualitativa após eventos extremos de precipitação. A ordem de apresentação dos pontos relaciona-se à posição geográfica dos mesmos, de oeste a leste.	55
Tabela 8 – Comparação entre a concentração média de <i>E. coli</i> antes e depois de eventos extremos de precipitação em praias com Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e Sistemas Individuais (SI). Os valores em destaque indicam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água e Saneamento Básico
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
IMA	Instituto do Meio Ambiente
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

SUMÁRIO

	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Ciclo Hidrológico	18
2.2	Precipitação e Balneabilidade	19
2.3	Indicador de Balneabilidade	21
2.4	Clima	23
2.5	Adaptação das zonas costeiras às mudanças climáticas	24
2.6	Importância da qualidade de água no turismo	26
2.7	Saneamento em Florianópolis	27
2.7.1	Praia de Canasvieiras	28
2.7.2	Praia de Jurerê	28
2.7.3	Praia da Barra da Lagoa	28
2.7.4	Praia dos Ingleses	29
2.7.5	Praia do Campeche	29
2.7.6	Praia da Armação do Pântano do Sul	29
3	METODOLOGIA	31
3.1	Área de estudo	31
3.2	Coleta de dados	31
3.3	Análise de dados	31
3.4	Eventos Extremos de Precipitação	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Identificação dos eventos extremos associados à chuva intensa e relacionados às estações do ano	35
4.2	Relação entre precipitação e concentração de <i>E.coli</i> na água das praias	38
4.3	Análise da balneabilidade nas praias relacionada aos eventos extremos	44
4.3.1	Praia de Canasvieiras	45
4.3.2	Praia de Jurerê	49
4.3.3	Praia da Barra da Lagoa	52
4.3.4	Praia dos Ingleses	54
4.3.5	Praia do Campeche	57

4.3.6	Praia Armação do Pântano do Sul	59
4.4	Efeito dos eventos de chuva intensa nas praias com Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e com Sistemas Individuais (SI)	61
5	PRODUTO TÉCNICO TECNOLÓGICO	66
5.1	Aplicação do Produto	66
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	70
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICES	81
	APÊNDICE A – GUIA DIDÁTICO PARA PROJETO DE AULA	82

1 INTRODUÇÃO

O uso de recursos hídricos para lazer faz parte da vida das pessoas, principalmente em países tropicais como o Brasil, que é caracterizado por altas temperaturas, fazendo com que a água do mar, rios e lagos seja utilizada para recreação. Contudo, existem algumas características para que a água esteja em condições de uso para esse fim. Para tal, é necessário a mesma se encontrar dentro dos critérios de balneabilidade exigidos pela legislação (LEMOS, 2019).

Na Ilha de Santa Catarina, em Florianópolis-SC, a análise de balneabilidade das praias é feita pelo Instituto de Meio Ambiente (IMA), que segue a Resolução do CONAMA 274/2000 para determinar as condições sanitárias a partir de indicadores microbiológicos de poluição fecal. O IMA também estabelece critérios, baseados em padrões de contaminação, que visam identificar a condição de balneabilidade de locais destinados à recreação de contato primário, ou seja, para banho e esportes aquáticos (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) onde existe a possibilidade de o banhista ingerir água (CONAMA, 2000). Os pontos de coleta para análise de balneabilidade são selecionados onde se tem um maior fluxo de pessoas e locais mais suscetíveis a poluição, sendo realizadas coletas uma vez por semana nos meses de verão e uma vez por mês, de abril a outubro (IMA, 2022).

Florianópolis está entre as cidades turísticas mais procuradas do mundo, recebendo aproximadamente 3,4 milhões de turistas nacionais e 890 mil internacionais todos os anos, que são atraídos, principalmente, pelas belas praias da ilha (SETUR, 2023). O turismo é umas das atividades que mais movimenta a economia da região. Em 2023, Santa Catarina alcançou o valor de R\$ 242,8 milhões arrecadado em ICMS, entre os meses de janeiro e julho, e Florianópolis foi a cidade que mais arrecadou devido à procura e oferta turística que oferece a região (SETUR, 2023). Diante disso, é de grande relevância as informações da qualidade da água no que diz respeito à sua balneabilidade.

De acordo com a Resolução nº CONAMA 274 (2000), as águas são classificadas como próprias ou impróprias em relação à concentração de *Escherichia coli* presentes. A classificação imprópria indica um comprometimento na

qualidade sanitária da água, gerando riscos à saúde da população. Dessa forma, considera-se a água como própria para balneabilidade quando em 80% ou mais do conjunto de amostras coletadas nas últimas 5 semanas, no mesmo local, a concentração for de no máximo 800 *E. coli*/100mL; e imprópria quando em mais de 20% do conjunto de amostras das últimas 5 semanas, no mesmo local, a concentração for acima de 800 *E. coli*/100mL. Ou, ainda, quando a última coleta for superior a 2000 *E. coli*/100mL (IMA, 2022; CONAMA, 2000).

Conforme a Resolução n° CONAMA 274 (2000), as águas doces, salobras e salinas direcionadas a balneabilidade serão classificadas como próprias ou impróprias tendo diferentes categorias. Quando próprias são classificadas nas seguintes formas: excelente, quando em 80% ou mais o grupo de amostras coletadas nas 5 semanas anteriores, no mesmo ponto, apresentarem no máximo 250 coliformes termotolerantes ou 200 *Escherichia coli*, ou 25 enterococos por 100 mL. Muito boa, se em 80% ou mais as amostras mostrarem no máximo 500 coliformes fecais termotolerantes ou 400 *Escherichia coli*, ou 50 enterococos por 100 mL e satisfatória, quando em 80% ou mais as amostras coletadas apresentarem no máximo 1.000 coliformes fecais termotolerantes ou 800 *Escherichia coli*, ou 100 enterococos por 100 mL (CONAMA, 2000).

A *Escherichia coli* é uma bactéria que pertence à família Enterobacteriaceae, sendo um organismo muito bem caracterizado entre procariotos e eucariotos, servindo como modelo para a biologia molecular. Originam-se a partir da matéria fecal do trato intestinal de animais de sangue quente, como a espécie humana, onde corresponde a 1% da população total de bactérias intestinais. As poucas linhagens patogênicas são transmitidas por alimentos e ocasionalmente pela água. Por essa razão, e por serem facilmente detectadas por meios seletivos, são amplamente utilizadas em análises de água (MADIGAN et al., 2016).

Alguns trabalhos (BERG; GUÉRCIO; ULBRICH, 2013; VALENTINI; SANTOS; VIEIRA, 2021) correlacionam de alguma maneira o aumento da pluviosidade com a piora da balneabilidade das praias. De acordo com um estudo realizado por Valentini, Santos e Vieira (2021), nos balneários da cidade de Itapoá-SC, as chuvas têm um forte impacto sobre a condição de impropriedade

das praias, evidenciando que um aumento da precipitação pode atuar como fator agravante. Especialmente porque em áreas com uma baixa e ineficiente rede de esgotamento sanitário, as chuvas carregam pelas galerias de águas pluviais, córregos e canais de drenagem grande quantidade de esgoto e detritos, aumentando consideravelmente a quantidade de bactérias nos corpos hídricos. Inúmeros fatores como surtos epidêmicos de veiculação hídrica, floração de algas tóxicas, derrames acidentais de petróleo podem influenciar a balneabilidade de uma praia a tornando imprópria durante algum período, contudo a principal causa está associada com a existência de esgoto nas praias (BERG; GUÉRCIO; ULBRICH, 2013). As águas contaminadas por esgotos podem gerar um problema de saúde pública, pois ao chegar nas praias colocam as pessoas em contato com bactérias, vírus e protozoários podendo contrair doenças, sendo a mais comum a gastroenterite que possui diferentes formas e apresenta uma série de sintomas como enjoos, dores abdominais e diarreia (BERG; GUÉRCIO; ULBRICH, 2013; KARPEN, 2025).

Segundo a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) atualmente a cobertura de esgoto em Florianópolis é de 75% na área urbana (CASAN, 2022), abrangendo diversas praias com alto potencial turístico. Contudo mesmo com a rede, ainda existe a presença de ligações irregulares que prejudicam o desenvolvimento e podem impactar diretamente na falta de balneabilidade das praias.

É de conhecimento geral que a ação antrópica vem provocando alterações significativas no meio ambiente, gerando impactos ambientais negativos principalmente por meio da poluição e desmatamento que ao longo dos anos tem causado um desequilíbrio no clima, tendo como consequência eventos extremos, que são caracterizados como fenômenos que ocorrem com alta intensidade fora dos padrões climáticos da região (MIYAKE; RODRIGUES, 2023). Os fatores naturais têm uma alta relevância sobre a qualidade dos recursos hídricos, e em condições incomuns causadas devido às alterações climáticas pode ter consequências sobre a balneabilidade (VALENTINI; SANTOS; VIEIRA, 2021).

A região de Florianópolis tem um clima subtropical úmido sofrendo

atuações constantes de sistemas frontais durante todo o ano, os índices pluviométricos estão entre os mais elevados da região sul tendo uma distribuição de chuvas maior no verão (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007) (GUERRA; OLIVEIRA, 2022). Segundo Köppen e Geiger a classificação do clima em Florianópolis é Cfa tendo uma temperatura média de 20.8 °C e uma pluviosidade média de 1506 mm (CLIMATE, s.d.). Este trabalho ocupou-se de verificar de que maneira a alteração do clima, relacionadas as alterações nos padrões de precipitação, podem influenciar na qualidade da balneabilidade e busca entender as alterações da condição de balneabilidade após eventos extremos de precipitação. Espera-se oferecer uma análise das interações entre alterações climáticas e a qualidade das águas costeiras.

1.1 Justificativa

Analizando o cenário atual, segundo Calvin et al. (2023), no relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) é projetado um aumento na frequência e intensidade de precipitação, aumentando as inundações locais geradas pela chuva na região Sul do Brasil. A qualidade da balneabilidade pode ser impactada pelas chuvas que podem carregar poluentes das áreas urbanas, e o aumento da impropriedade da balneabilidade das praias pode ser um indicativo de problemas, principalmente relacionados ao saneamento (SATURNINO, 2021). Se esses eventos associados à precipitação influenciam na balneabilidade das praias da Ilha de Santa Catarina, isso pode gerar problemas econômicos em diversos setores, como no turismo que tem forte impacto sobre a economia da região. Estudos relacionados a essa adversidade são essenciais para compreender como esses eventos associados à precipitação afetam a balneabilidade, e assim fornecer informações importantes para a adaptação a essas mudanças climáticas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar os impactos dos eventos extremos de precipitação na balneabilidade de praias da Ilha de Santa Catarina.

1.2.2 Objetivos Específicos

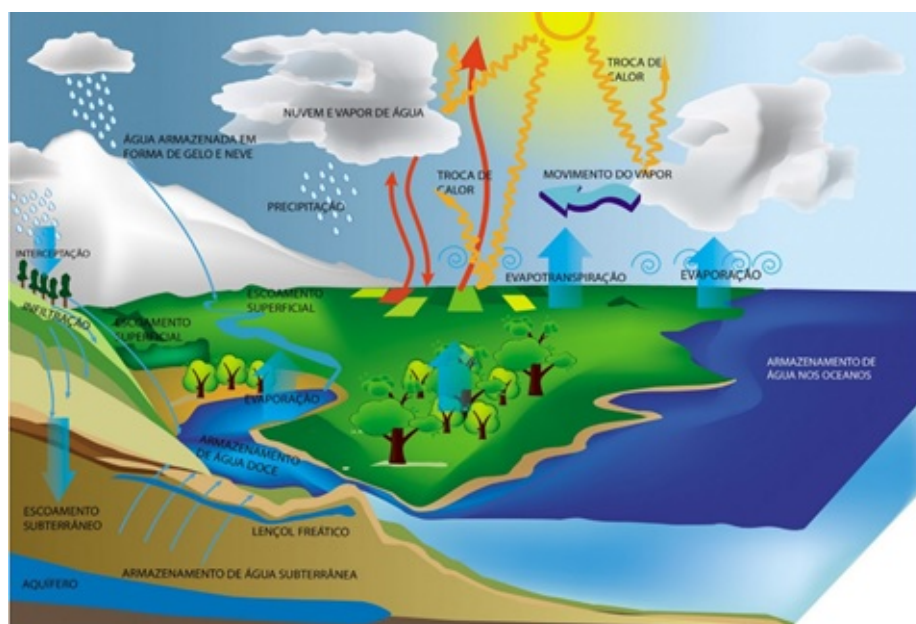
- a) Identificar os episódios de chuva intensa e chuvas persistentes na Ilha de Santa Catarina no período de janeiro de 1992 a dezembro de 2023;
- b) Investigar as possíveis causas da alteração de balneabilidade após eventos extremos de precipitação;
- c) Relacionar a presença/ausência de estações de tratamento de esgoto com o impacto sobre a balneabilidade causado por eventos de precipitação intensa ou persistente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ciclo Hidrológico

Á água é essencial para a manutenção da vida no planeta, sendo encontrada em diferentes estados, líquido (oceanos, rios e lagos etc), sólido (geleiras) e gasoso (vapor da água). O ciclo hidrológico Figura 1 ocorre através de um sistema fechado a nível global, onde a energia solar associada à gravidade e o movimento de rotação da terra impulsionam a circulação da água entre a superfície e a atmosfera (CARVALHO; SILVA, 2006). O ciclo hidrológico acontece por diferentes etapas onde a água se movimenta através da atmosfera, continentes e oceanos (RENNÓ; BORMA, 2016). Essa movimentação se dá por meio da evaporação, evapotranspiração, precipitação, infiltração e escoamento superficial que formam um ciclo interligado distribuindo a água por toda a Terra.

Figura 1 – Ciclo Hidrológico



Fonte: ACQUABLOG (2023).

Nesse ciclo a água evapora e condensa, formando nuvens que vão gerar a precipitação. Uma parte da chuva precipitada vai infiltrar e a outra evapotranspirar dependendo do tipo de solo e da vegetação. Em casos em que

a precipitação é maior do que a infiltração ocorre o escoamento até rios que vão desaguar nos mares ou evaporar sobre a superfície, completando o ciclo (TRECE et al., 2020).

A espécie humana tem interferido no ciclo hidrológico por meio da captação da água. No Brasil, conforme Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas, sendo utilizada principalmente para irrigação de lavouras, que corresponde a 49,8% da utilização, e 34% para abastecimento público, onde a água é tratada e distribuída para diferentes fins, dentre os quais está o abastecimento residencial e industrial (SAÚDE, 2004). Após a utilização dos recursos hídricos para fins domésticos, há problemas relacionados à falta de saneamento e a presença de ligações irregulares da rede de esgoto na rede pluvial. Esta condição faz com que o esgoto doméstico ou industrial seja carregado para corpos d'água, desagando nos leitos de rios que vão lançar essa carga orgânica nos mares. Como consequência, temos a contaminação da água, afetando a saúde pública e o meio ambiente (CASAN, 2022). Conforme a Fundação Nacional de Saúde (2004), a degradação das águas tem uma alta incidência de mortalidade por transmissão hídrica, já que várias gastroenterites e doenças diarreicas estão relacionadas à degradação da água.

Nos últimos trinta anos, o Brasil teve uma redução de 15,7% da superfície de água, o que corresponde a toda a região nordeste do país. Os impactos dessa redução já podem ser sentidos pelas pessoas, sobretudo na produção de alimentos e no racionamento de água em grandes centros urbanos. A ação antrópica tem forte influência nessa perda, principalmente devido à construção de barragens para produção de energia e represas para irrigação, as quais contribuem para a alteração do fluxo hídrico, impactando negativamente na biodiversidade (MapBiomass, 2021).

2.2 Precipitação e Balneabilidade

A balneabilidade pode ser impactada de diversas formas, sendo a precipitação um fator principal, especialmente em períodos mais chuvosos, que podem contribuir para uma maior carga de efluentes nas praias (BERG; GUÉR-

CIO; ULBRICH, 2013). Como indicado pela Agência de Proteção Ambiental da Escócia (SEPA, 2023) o clima tem impacto na qualidade da água, decorrente das fortes chuvas que são responsáveis por eliminar contaminantes, tanto em terrenos rurais como urbanos associados também ao extravasamento de esgoto em áreas afetadas.

Hirai e Porto (2016) identificaram uma correlação positiva entre os índices pluviométricos acumulados e a concentração de indicadores fecais na água, podendo atingir um nível significativo em condições persistentes com maior acúmulo de água. Resultado semelhante, foi encontrado por Burigo (2020), onde, em alguns pontos analisados, os meses com um maior volume de chuva, apresentaram uma relação positiva entre a pluviosidade e o número mais provável de *E.coli*. Da mesma forma, Alves, Machado e Oliveira (2020), constaram, por meio do monitoramento de 36 praias na cidade de Salvador-BA, que 12 apresentaram uma relação entre precipitação e a qualidade da água.

Franco e Balduino (2020) avaliaram a balneabilidade na praia do Formigueiro no município de Porto Nacional/TO, e a maior presença de coliformes (*Escherichia coli*) foi observada em períodos com alta pluviosidade, resultante do fato de que são nesses momentos que a água escoada pelo solo entra em contato com impurezas, lançamento inadequado de esgotos e resíduos sólidos. Böer et al. (2023), atribuíram a condição de impropriedade de alguns locais de coleta da praia de Canavieiras em Florianópolis/SC a uma possível relação com os pontos de drenagem pluvial. Estes pontos, em dia de forte precipitação, são capazes de arrastar grande carga de matéria orgânica proveniente de efluentes domésticos irregulares.

As chuvas podem potencializar a falta de balneabilidade. Campos et al. (2006) examinaram a estação chuvosa em Maragogi/AL, onde as análises de qualidade da água foram feitas de acordo com eventos de precipitação. Nos períodos examinados, foi constatado que as chuvas agravaram a qualidade das águas das praias, já que ocorreu um aumento considerável na quantidade de bactérias (CAMPOS et al., 2006). Penna et al. (2021) analisaram as águas balneares do Mar Adriático com o objetivo de reduzir o impacto da contaminação microbiana local. Foi encontrada uma relação entre os eventos de chuva máxima

durante o período do estudo e o aumento nos índices de *E.coli* 12 horas após esses eventos. No estudo de Ordulj et al. (2022) realizado em 11 locais costeiros do mar adriático central que possui um alto potencial turístico, não foi encontrada uma relação da chuva com a balneabilidade. Contudo, esse estudo foi realizado na estação do verão, considerada seca nessas regiões. Sendo assim, de acordo com os autores, provavelmente a quantidade de precipitação no período da análise não foi suficiente para causar uma maior entrada de efluentes. Se esse estudo fosse realizado em outras estações caracterizadas por chuvas mais intensas, provavelmente haveria um aumento na carga de efluentes nas zonas costeiras, o que poderia impactar negativamente na qualidade da água (ORDULJ et al., 2022).

Uma avaliação realizada no norte da Toscana, na Itália, durante um período de 5 anos, onde, com base nas diretrizes europeias, foi classificada com índices baixos de balneabilidade devido à contaminação fecal decorrente das valas de drenagem. Constatou-se uma relação entre as densidades bacterianas que podem afetar a condição de balneabilidade e a quantidade de precipitação, confirmando o impacto das variáveis meteorológicas na qualidade das águas (FEDERIGI; VERANI; CARDUCCI, 2017).

A associação entre a balneabilidade e precipitação é de fundamental importância na gestão de corpos d'água, pois em eventos de elevada precipitação pluviométrica, combinado com características do ambiente, podem gerar impropriedade em algum balneário (IMA, 2022). Portanto, a fim de investigar o que afeta a qualidade hídrica, é necessário o monitoramento dessa relação.

2.3 Indicador de Balneabilidade

As pesquisas de Balneabilidade no litoral Catarinense são realizadas regularmente desde 1976 pelo Instituto do Meio ambiente (IMA), mediante a amostras da água do mar em 237 pontos (IMA, 2022). As coletas são realizadas pela equipe do IMA metodicamente, até um metro de profundidade registrando as condições dos pontos de amostragem e levando em consideração as condições de maré, temperatura da amostra no momento da coleta e a quantidade de chuva das últimas 24 horas no local (IMA, 2022).

As amostras coletadas são examinadas pelo método fluorogênico tendo como substrato o Colilert®-18, que é um sistema de identificação de coliformes e *Escherichia coli*. Esse método é caracterizado por ser um teste rápido e de fácil utilização, já que o seu tempo de incubação é limitado entre 18 e 22 horas. Sendo que após esse período são aceitos apenas resultados negativos. O teste consiste em um meio de cultura para análise de água, onde detecta e quantifica coliformes totais e *E.coli*. Esse teste utiliza dois indicadores de nutrientes que são fontes de carbono e são capazes de ser metabolizados por enzimas. Esse tipo de teste difere dos métodos tradicionais que usam grande quantidade de substrato, favorecendo a proliferação de diversos organismos, inclusive aqueles que não são de interesse, aumentando assim as chances de ocorrerem resultados falsos negativos. O teste Colilert®-18 identifica um único coliforme ou *E. coli* por amostra, eliminando interpretações subjetivas (IDEXX Brasil Laboratórios Ltda, 2025).

Conforme a aplicação do método, os coliformes crescem e, através da enzima β -galactosidase metabolizam o substrato, alteram sua cor para amarelo; a *E.coli* utiliza a enzima β -glucuronidase para metabolizar o mesmo substrato, criando fluorescência. As amostras que apresentarem coloração amarela ou fluorescência são consideradas positivas indicando a presença de coliformes totais e *E.coli* (IDEXX Brasil Laboratórios Ltda, 2025).

Existem outras formas bem usuais para a determinação de coliformes, como o método de tubos múltiplos. Esse tipo de técnica baseia-se na inoculação de volumes decrescentes de amostras em um meio de cultura propício ao crescimento de microrganismos selecionados. Cada volume é inoculado em múltiplos tubos, onde ocorre a diluição da amostra. A partir disso, são adquiridos inóculos, obtendo-se um resultado negativo em ao menos um tubo da série. Com a combinação dos resultados positivos e negativos, é possível ter uma avaliação das bactérias em estudo por meio de cálculos de probabilidade (CETESB, 2017).

O método de tubos múltiplos para analisar os coliformes totais ocorre a partir de dois ensaios. No ensaio presuntivo, acontece a adição de volumes determinados da amostra em séries de tubos contendo o substrato Caldo Lauril Triptose (CLT) com púrpura de bromocresol, incubados a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por um

período entre 24 e 48 horas. Nesse momento, ocorre um aumento de organismos fermentadores da lactose. A acidificação, com ou sem produção de gás a partir da fermentação da lactose, é a evidência para a presença de bactérias do grupo coliforme. No ensaio confirmativo, acontece a passagem de cada cultura de resultado positivo do teste anterior para caldo lactosado com verde brilhante e bile a 2% (CLVBB), ocorrendo incubação a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por um período de 48 horas. Após esse período, a presença de gás é a confirmação para a presença do grupo coliforme (CETESB, 2017).

A confirmação de coliformes termotolerantes ocorre mediante a transferência de amostras de cada cultura com resultados positivos em CLT para tubos contendo meio de cultura EC (coliformes termotolerantes) ou EC MUG (*E. coli*), os quais serão incubados por um período de 24 ± 2 horas em banho-maria ou incubadora a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Se as amostras apresentarem produção de gás decorrente da fermentação da lactose, o resultado é positivo para coliformes termotolerantes; ou para *E. coli*, se houver fluorescência azul sob lâmpada ultravioleta (CETESB, 2017).

Conforme a Fundação Nacional de Saúde (2019), a *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme sendo muito importante no processo de análise da qualidade da água, pois sua origem fecal é indiscutível e de simples determinação. É de fundamental relevância a análise de coliformes na água, já que não seria econômico determinar patógenos específicos, sendo assim a presença de coliformes de origens fecais são um indicativo da existência de organismos patogênicos presentes no local de coleta (SAÚDE, 2019).

2.4 Clima

Um estudo realizado por Oliveira (2022) apresenta que as condições do tempo e o clima da América do Sul são influenciados por sistemas de escala sinótica que podem durar semanas, como os Sistemas frontais, Ciclones Extratropicais, Jato de Baixos Níveis, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Pacífico Sul (ASPS). Esses sistemas junto com sistemas sinóticos de mesoescala, intensificam-se formando sistemas de inter-relação que atuam sobre a precipitação e eventos

extremos em Santa Catarina (OLIVEIRA, 2022).

A ilha de Santa Catarina conforme a classificação de Köppen-Geiger possui um clima do tipo Cfa, que corresponde a categoria subtropical úmido, com clima temperado (SANTIAGO et al., 2022). Esse tipo de clima é caracterizado por possuir verão quente e inverno brando, com índices pluviométricos constantes durante todo o ano, devido à sua posição ao sul dos trópicos o que contribui para uma concentração de núcleos de condensação nas camadas inferiores da região insular de Florianópolis, influenciando o regime de chuvas (LANDUCHA, 2023). A distribuição média anual na Ilha de Santa Catarina é de 1493,12 mm, sendo que janeiro é o mês com a maior média de precipitação, chegando a 250,6 mm, e junho é o mês menos chuvoso, com 75,7 mm de precipitação média. No que se refere a temperatura média, nos meses mais frios ela pode variar entre 15 °C e 18 °C, já nos meses de verão a média fica entre 24 °C e 26 °C (LANDUCHA, 2023).

As mudanças climáticas vêm impactando o clima em todo o mundo, e a Ilha de Santa Catarina, como parte desse contexto global pode sofrer consequências como alterações nos padrões de precipitação, resultando em períodos de seca prolongados e chuvas mais intensas aumentando as chances de inundações, como apresentando no Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), onde é projetado para os próximos anos um aumento na frequência e intensidade de precipitação, aumentando as inundações locais geradas pela chuva na região Sul do Brasil (CALVIN et al., 2023). Além dos impactos ambientais as mudanças climáticas podem gerar consequências a saúde humana, mediante aos eventos climáticos extremos, como ondas de calor, tempestades e inundações ampliando a incidência de doenças diarreicas, principalmente de veiculação hídrica (SAÚDE, 2019).

2.5 Adaptação das zonas costeiras às mudanças climáticas

Com frequência, discute-se que as mudanças climáticas vêm causando diversos danos e alterações nos ambientes costeiros, como o aumento do nível do mar, erosão costeira, tempestades mais intensas e inundações. Muitas dessas consequências são irreversíveis (LAINO; IGLESIAS, 2023). A tendência,

conforme o relatório do Painel Intergovernamental (2023), é um aumento dos riscos associados a eventos extremos, afetando as pessoas e a infraestrutura das cidades.

As alterações climáticas em escala local são de difícil entendimento, não existindo muita preocupação referente à relevância do problema, além das dificuldades da gestão ambiental, na qual se encontram limitações financeiras, técnicas e culturais (ARAÚJO, 2021).

Em uma pesquisa feita por Peres, Neves e Taddei (2020), na qual os autores por meio de um questionário classificaram os desafios relacionados à gestão costeira como responsabilidade principalmente dos governos municipais, existe uma preocupação por parte dos gestores ambientais das zonas costeiras em relação à tomada de decisões referentes aos impactos das mudanças climáticas. A elaboração de trabalhos científicos e estudos de caso nas zonas costeiras, bem como o treinamento dos profissionais envolvidos na formulação de políticas de mitigação, pode ser uma ferramenta importante para amenizar possíveis consequências, uma vez que, de acordo com os gestores, a preparação deve ser baseada em melhores informações sobre o assunto (PERES; NEVES; TADDEI, 2020).

Existem problemas de gerenciamento por parte de governos regionais, que, mesmo apresentando estratégias em documentos de planejamento frente às mudanças climáticas, não as colocam em prática (BIRCHALL; BONNETT; KEHLER, 2023). Com o apoio financeiro do governo, é possível realizar avaliações de riscos, análises de vulnerabilidade e levantamento de dados, como apresenta o estudo de Birchall, Bonnett e Kehler (2023), no qual, por meio da liderança do governo regional, foi possível realizar essas ações, resultando em uma maior conscientização climática e desenvolvendo programas de adaptação climática.

No Brasil, como mencionado por Oliveira et al. (2012), no Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, foram elaborados uma série de diretrizes com o objetivo de amenizar ou evitar o impacto das mudanças climáticas nas regiões costeiras. Entre as principais estratégias recomendadas estão:

- I. Elaborar um programa de aquisição de dados contínuos e padronizados;
- II. Integrar e operar sistemas de informação e dados para monitoramento;
- III. Integrar instrumentos de planejamento territorial nas diferentes esferas com foco na erosão costeira;
- IV. Determinar áreas prioritárias para intervenção;
- V. Gerar conhecimento para diagnósticos, monitoramento e previsão do impacto e resposta;
- VI. Integrar políticas públicas para incrementar ações de caráter preventivo e corretivo.

É de grande relevância que as adaptações das zonas costeiras em relação as mudanças climáticas tenham uma conexão entre o trabalho participativo da comunidade, apoiado pela produção científica de instituições acadêmicas, para o melhor monitoramento dos fenômenos e possíveis consequências, e um incentivo maior por parte dos órgãos públicos que são os responsáveis por proteger a população, infraestrutura das cidades e a proteção dos recursos naturais de uma forma sustentável (VIZINHO et al., 2015).

2.6 Importância da qualidade de água no turismo

As belas paisagens naturais da Ilha de Santa Catarina sempre foram um atrativo, contribuindo para impulsionar a economia da região, principalmente por meio da pesca e do turismo. De acordo com Batístela (2022), Florianópolis foi um dos lugares mais procurados para hospedagem em 2023. A cidade representa praticamente 20% dos empregos no turismo catarinense (MUELLER, 2023).

O valor agregado do turismo em Florianópolis, em um levantamento feito por meio da Secretaria de Estado do Turismo de Santa Catarina (SETUR, 2023), mostra que foi arrecadado um total de R\$ 79,592,529 em 2022. No mesmo ano, conforme apresentado pela Setur, foi registrado um saldo de empregos relacionados ao turismo de 31,5 mil, destacando os setores de alimentação

e hospedagem, que são os que mais empregam pessoas no turismo. Em 2023, a cidade foi a que mais registrou abertura de empresas turísticas, sendo criadas 1738 empresas no primeiro semestre do ano, levando em consideração o conjunto de atividades que envolve a maior parte dos gastos relacionados ao turismo (SETUR, 2023).

Com o objetivo de manter esse cenário para os próximos anos, é muito importante a conservação da boa qualidade das águas, já que são um dos recursos mais buscados para a recreação de contato primário na Ilha. Apesar disso, a urbanização e a falta de saneamento básico vêm degradando os ambientes naturais e consequentemente impactando de forma negativa na falta de balneabilidade desses ambientes, gerando uma qualidade ambiental não satisfatória (PETERSEN; GUILHERME; CUNHA, 2012). É indispensável a preocupação em relação a essas demandas, já que a negligência pode agravar os problemas e fazer com que os turistas busquem alternativas em outros lugares refletindo na economia (ROCHA, 2022).

2.7 Saneamento em Florianópolis

É indiscutível que uma boa gestão do saneamento influencia na qualidade de vida das pessoas, já que a falta de saneamento básico impacta negativamente na qualidade ambiental do local e no desenvolvimento econômico da população (SARTORATO, 2020).

Em Florianópolis, seguindo o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (2021), os sistemas de esgotamento sanitário são operados pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), um empreendedor privado (SES do Balneário de Jurerê internacional), e uma entidade pública federal (SES da Base Aérea). A Casan tem expectativas de desenvolvimento em relação à cobertura de esgotos, com a implementação de novos Sistemas de Esgotamento Sanitário em alguns bairros onde não se tem a coleta pública. Projeta-se que, até 2025, o atendimento da área urbana seja ampliado para 91,88% (CASAN, 2022).

Nos locais onde a coleta pública está ausente, o esgotamento sanitário é realizado por sistemas individuais regulares ou irregulares, onde o esgoto

final acaba sendo direcionado para os rios, sistemas de drenagem, mar ou solo (SILVA et al., 2021).

Baseado no estudo de Saturnino (2021), foram analisadas três praias com o sistema de tratamento de esgoto presente (Barra da Lagoa, Canasvieiras e Jurerê) e outras três que utilizam apenas de sistema de tratamento individual (Ingleses, Campeche e Armação do Pântano do Sul). Neste estudo, as praias com ETEs tiveram melhores condições de balneabilidade, enquanto as praias com Sistema Individual (SI) apresentaram impropriedades com mais frequência, principalmente no período de veraneio. Contudo, não foi avaliada a interferência da pluviometria na balneabilidade.

2.7.1 Praia de Canasvieiras

A praia de Canasvieiras é um dos locais que mais atraem turistas todos os anos durante a alta temporada, tanto de origem nacional quanto internacional. Localizada no norte da ilha, é uma praia que possui uma infraestrutura atrativa e uma beleza natural, o que a torna um destino popular para quem busca lazer e descanso. A praia conta com sistema de tratamento de esgoto. Apesar disso, o elevado fluxo de turistas exige esforços para evitar a sobrecarga dos recursos da região (VIANNA et al., 2025).

2.7.2 Praia de Jurerê

A praia de Jurerê está localizada no norte da Ilha de Santa Catarina. Ela possui dois quilômetros de extensão e é dividida em Jurerê Tradicional e Jurerê Internacional. A região teve uma forte expansão urbana a partir da década de 1960 e, atualmente, é uma área altamente urbanizada, sendo uma das praias mais conhecidas e procuradas, principalmente por famílias, devido às suas águas calmas e à infraestrutura (BITENCOURT, 2014).

2.7.3 Praia da Barra da Lagoa

A Barra da Lagoa está localizada no leste da Ilha de Santa Catarina e tem como principal característica um canal que está separado por meio de um molhe, conectando a lagoa ao mar. A praia possui diversas opções

gastronômicas e possibilita a prática de modalidades esportivas como o surf (DALINGHAUS, 2016). A região conta com uma estação de tratamento de esgoto desde o ano de 2008, localizada no Parque Estadual do Rio Vermelho, possuindo uma vazão média de 18 L/s, que é bem inferior à sua capacidade máxima de 64 L/s (CASAN, 2021). Consequentemente, com o aumento do fluxo de pessoas na alta temporada, o sistema ainda possui uma alta capacidade.

Aquelas sem rede coletora de esgoto, apenas sistema individual no período do estudo são:

2.7.4 Praia dos Ingleses

A Praia dos Ingleses é um importante destino turístico, sendo uma das praias com maior índice de visitantes, essenciais para movimentar a economia da região, principalmente na alta temporada (SATURNINO, 2021). Localizada no norte da Ilha, a praia possui uma extensa faixa de areia com 4,5 km de extensão, a praia conta também com a presença de dunas e vegetação de restinga, essenciais para a proteção contra a erosão e servindo de habitat para diversas espécies de plantas e animais (DALINGHAUS, 2016).

2.7.5 Praia do Campeche

A Praia do Campeche está situada na região sudeste da Ilha de Santa Catarina, entre as praias da Joaquina e do Morro das Pedras. A ocupação urbana na área é recente, especialmente se comparada com outras regiões de Florianópolis. A praia é caracterizada por suas belezas naturais, como áreas de restinga, e a presença de muitas áreas de preservação permanente (GENOVEVA, 2023). A praia possui ondas fortes, o que favorece a prática de diversos esportes aquáticos, como surfe, bodyboard e windsurf.

2.7.6 Praia da Armação do Pântano do Sul

A Praia da Armação do Pântano do Sul está situada na parte sul da Ilha de Florianópolis e possui uma extensão aproximada de 3500 m. Durante a alta temporada, a praia atrai muitos visitantes e ganha bastante movimentação. Fora desse período, a praia oferece um ambiente tranquilo e acolhedor,

preservando a autenticidade do local. A praia possui um molhe e é cortada pelo Rio Quinca Antônio (sangradouro da Lagoa do Peri), que deságua no mar (BARLETTA et al., 2018).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O local de estudo do presente trabalho é a Ilha de Santa Catarina, localizada na latitude -27.5969, e longitude -48.5495. A Ilha de Santa Catarina corresponde a maior parte do município de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina. A cidade é conhecida por suas belas praias e paisagens naturais, o que atrai uma grande quantidade de turistas, principalmente, nos meses de verão, entre dezembro e fevereiro.

3.2 Coleta de dados

Para a identificação dos eventos de precipitação extrema, foram utilizados dados diários de precipitação (mm) provenientes da estação automática A806 – Florianópolis/SC e das estações convencionais, ambas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados, de acesso público, abrangem o período de janeiro de 1992 a dezembro de 2023 e foram obtidos diretamente no banco de dados disponibilizado pelo INMET. Os dados de balneabilidade foram obtidos a partir dos Relatórios Anuais de Balneabilidade do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), disponíveis em seu site institucional. Foram considerados todos os pontos de monitoramento localizados nas praias de Canasvieiras, Jurerê, Barra da Lagoa, Ingleses, Campeche e Armação do Pântano do Sul. O parâmetro utilizado na análise foi exclusivamente a concentração de *Escherichia coli*, expressa em Número Mais Provável (NMP)/100 ml, método quantitativo que estima a densidade do microrganismo alvo na amostra com base em probabilidades estatísticas.

3.3 Análise de dados

Após a coleta de dados, eles foram organizados e testados para normalidade. De acordo com Normando et al. (2010), a distribuição normal apresenta dados contínuos que estão dispostos em uma curva de distribuição onde os dados se concentram em volta de uma média se dispersando simetricamente

a partir desse ponto central. O teste de normalidade da amostra é fundamental para a definição dos testes de hipóteses que serão utilizados. Para situações em que as variáveis não apresentaram uma distribuição normal, foram utilizados testes não-paramétricos.

Em análises exploratórias, correlacionou-se a pluviometria e a balneabilidade, esperando-se relação negativa entre ambas. A correlação de Pearson é utilizada quando as variáveis estão normalmente distribuídas, sendo calculada por um teste paramétrico. Para testes não paramétricos, onde a distribuição dos dados não é normal, o coeficiente de correlação que deve ser usado é o coeficiente de correlação de Spearman (AKOGLU, 2018). A correlação é caracterizada por ser uma relação entre duas variáveis, onde uma delas vai estar correlacionada a outra de alguma forma, mostrando se existe uma ligação linear. Para observar a correlação entre os dados de precipitação e os índices de *E.coli*, foi utilizado o acumulado de um, dois, três, cinco e sete dias anteriores às coletas de água.

3.4 Eventos Extremos de Precipitação

Para a análise dos eventos extremos de chuva intensa e chuva persistente, foram considerados os últimos 31 anos (janeiro de 1992 a dezembro de 2023). Com o intuito de identificar esses eventos, calcularam-se, para cada mês do ano, os percentis diários a partir dos dados da estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Assim, definiu-se como Chuva Intensa (CI) o evento em que a precipitação diária foi maior ou igual ao percentil 99 (Eq. (1)). Já a Chuva Persistente (CP) foi caracterizada quando a precipitação diária superou 1 mm em pelo menos três dias consecutivos e a média móvel de três dias foi maior ou igual ao percentil 99 (Eq. (2)).

$$P_d \geq q_n(0,99P_d) \quad (1)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=3} P_{d(t-n-1)} \geq q_n(0,99P_d) \quad (2)$$

Foram também calculados os eventos de chuva forte com base no percentil 95, o que resultou na identificação de 68 de episódios de precipitação elevada. No entanto, devido ao grande número de ocorrências, esses eventos não foram considerados nas análises apresentadas neste trabalho.

Os extremos de precipitação ou momentos de chuva persistente dos últimos oito anos (2016 a 2023) que ocorreram nos meses correspondentes a alta temporada na Ilha de Santa Catarina (novembro a março) foram considerados para verificar a possível alteração da balneabilidade nas praias selecionadas. Foi verificado o histórico da balneabilidade da última semana de cada ponto de coleta, de cada praia, e comparado com a balneabilidade registrada nas coletas imediatamente seguintes aos eventos. Estes resultados foram apresentados de forma descritiva, considerando o resultado de água como própria e imprópria.

Também, a média de *E. coli* em cada praia, referente à semana anterior ao evento extremo, foi comparada com o valor de *E. coli* em cada praia, após o evento extremo. Esta comparação foi realizada com o conjunto de pontos de coleta da praia, utilizando a média de *E. coli* destes pontos. Portanto, o resultado foi a diferença significativa ou não da concentração de *E. coli* na praia entre antes e após o evento, indicando o possível impacto do clima na balneabilidade. Foi utilizado um teste apropriado (Mann-Whitney) para comparação de médias de dois grupos (antes e após o evento), conforme a natureza dos dados, com significância de 5%.

As possíveis causas da alteração de balneabilidade após eventos extremos de precipitação foram investigadas. Pontos de coleta de água para análise de balneabilidade que possuem drenagem pluvial superficial em direção ao mar estão mais suscetíveis à contaminação, aumentando o índice de *E. coli*. De acordo com o que foi apresentado por Böer et al. (2023), que observou uma maior impropriedade da água em locais com fluxos de água em direção ao mar, principalmente associados a possíveis irregularidades nas ligações de esgotamento sanitários, impactando ainda mais os corpos d'água. Além disso, a qualidade da água tende a ser pior nos locais onde não há estações de tratamento de esgoto (SATURNINO, 2021).

Utilizando a plataforma Google Earth, foi possível analisar a evolução

dos pontos de coletas nos diferentes anos considerados nesse estudo, principalmente para identificar possíveis pontos de drenagem pluvial superficiais nas praias selecionadas. Além disso, foram realizadas saídas de campo pontuais para observar de forma direta os pontos de coleta considerados críticos, que apresentaram fluxo de água contínuo. Os dados foram tabulados e relacionados à balneabilidade de forma descritiva.

Finalmente, para relacionar a presença/ausência de estações de tratamento de esgoto com o impacto sobre a balneabilidade causado por eventos de precipitação intensa ou persistente, os dados obtidos descrevendo o histórico da balneabilidade nas praias antes e após os eventos extremos foram comparados nas praias com ambas as condições. Neste caso, os dados de colimetria obtidos após os eventos extremos das praias com estações de tratamento de esgoto e das praias com sistema individual foram comparados com um teste apropriado para comparação de médias de dois grupos (praias com estação de tratamento e praias com sistema individual), conforme a natureza dos dados, com significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo consiste na identificação dos eventos extremos associados à chuva intensa e relacionados às estações do ano, El Niño e La Niña. A partir da análise detalhada dos dados meteorológicos e climáticos é possível compreender como esses fatores podem influenciar na balneabilidade das praias da Ilha de Santa Catarina.

4.1 Identificação dos eventos extremos associados à chuva intensa e relacionados às estações do ano

A análise dos dados de precipitação no período de 31 anos (1992 a 2023) resultou num total de 31 eventos extremos relacionados à chuva intensa, sendo que 22 desses eventos ocorreram nos meses de alta temporada na Ilha de Santa Catarina (novembro a março), que correspondem as estações de primavera e verão e são mais propensos a um aumento de chuvas, que podem ser potencializadas pela influência de alguns fenômenos como El Niño (Figura 2). Esse resultado é semelhante ao encontrado por Cardoso, Quadro e Bonetti (2020), que observou que a maior incidência de eventos extremos de precipitação na Região Sul do Brasil ocorre nos meses de verão, enquanto o inverno é a estação menos favorável a esses eventos.

A observação climática mensal de precipitação na Região Sul do Brasil mostra que os períodos mais chuvosos estão concentrados justamente entre os meses de outubro a março, visto que a região correspondente a Ilha de Santa Catarina os acumulados mais altos se encontram entre os meses de novembro a março (GUERRA; OLIVEIRA, 2022). Nos últimos 8 anos correspondentes ao período, foram identificados um total de 9 eventos de chuva intensa entre esses meses. Esse intervalo de tempo foi considerado porque, além de ser mais recente, nesse período, os dados de balneabilidade são mais consistentes e sistemáticos e para geração dos mesmos utilizou-se uma única metodologia, o que permite uma análise mais robusta da relação entre eventos extremos de precipitação e a qualidade da água. Os três eventos que apresentaram os maiores índices pluviométricos ocorreram nos meses de dezembro, janeiro e

fevereiro, também no verão (Tabela 1).

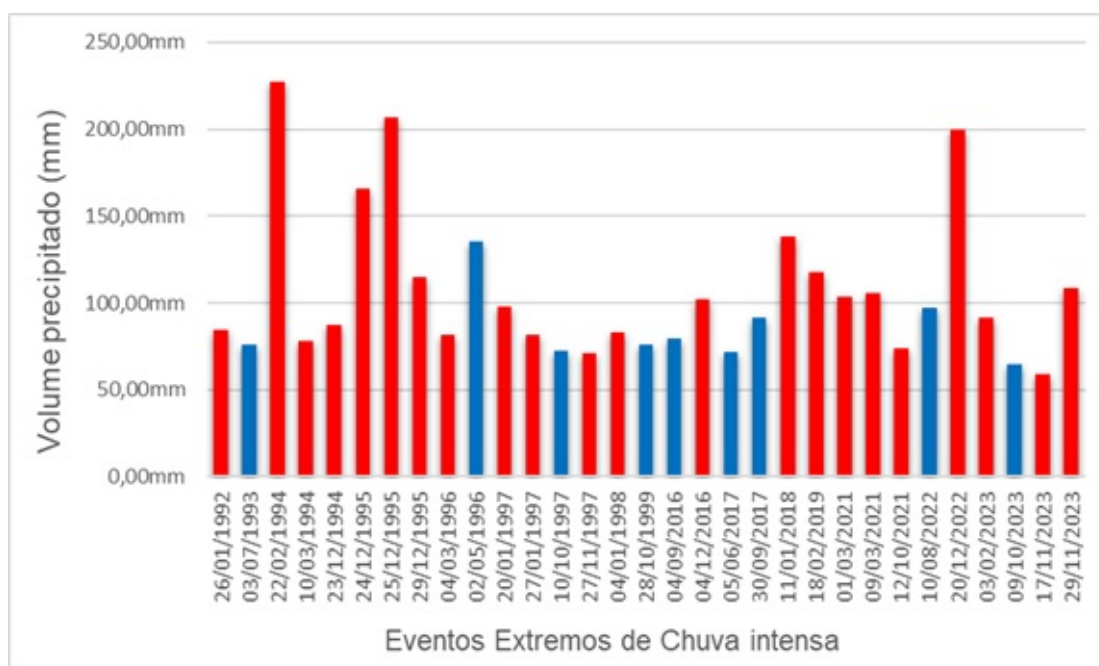
Tabela 1 – Eventos de chuva intensa entre 2016 e 2023. Os eventos com os maiores índices pluviométricos estão grifados na tabela.

Data	Precipitação Total (mm)
04/12/2016	102,4
11/01/2018	138
18/02/2019	117,4
01/03/2021	103,8
09/03/2021	105,8
20/12/2022	200
03/02/2023	91,8
17/11/2023	58,8
29/11/2023	108,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Durante o período de alta temporada (novembro a março), o aumento das chuvas reflete em uma tendência maior na ocorrência de eventos extremos, como identificado neste estudo (Figura 2). Já os meses de outono e inverno são caracterizados por uma redução das chuvas em praticamente toda a Região Sul do Brasil (GUERRA; OLIVEIRA, 2022). Entender essa variação sazonal pode ser essencial para monitorar e prever os impactos dos eventos extremos relacionados às chuvas sobre a balneabilidade.

Figura 2 – Eventos extremos de chuva intensa (1992–2023). Em vermelho, as barras que correspondem aos meses de alta temporada (novembro a março). Em azul, os meses de baixa temporada.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Os registros relacionados à chuva persistente no período analisado foram observados apenas no percentil 89, não havendo registros de eventos acima desse valor. Em razão disso, não serão considerados neste trabalho, pois, mesmo que a chuva tenha sido persistente, não alcançou o percentil mínimo estabelecido de acordo com a metodologia adotada para ser caracterizada como evento extremo neste estudo (PINTO; SCHUCH; BRENTANO, 2023).

A influência do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) durante os meses mais quentes pode intensificar ainda mais a precipitação, aumentando o risco de enchentes e outros problemas relacionados ao excesso de chuva. Avaliando os resultados referentes à identificação dos eventos de chuva intensa dos últimos 31 anos e relacionando-os com os anos em que ocorreram El Niño e La Niña, observa-se que os anos com El Niño têm uma tendência a apresentar chuvas acima da média na região sul do Brasil, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de eventos extremos. Isso foi observado nos anos de 1997 e 2023,

quando, segundo a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (2024), os fenômenos de El Niño correspondentes a esses anos estavam entre os mais fortes já registrados. De acordo com Pegorim (2023), o El Niño de 2023 teve influência em quase todos os eventos com excesso de chuva nas diversas regiões do Brasil. Consequentemente, nesse período, foi identificado o maior número de eventos extremos de chuva intensa, totalizando quatro eventos em cada um desses anos (Figura 2).

No intervalo de tempo entre 2000 e 2015, não foram identificados eventos extremos de chuva intensa com o percentil 99, o que pode estar relacionado a uma mudança no comportamento da precipitação a partir do ano de 1999. Conforme o estudo de Barcellos et al. (2020), que analisou o período de 1999 até 2017, foi observado um aumento nas anomalias negativas de precipitação. Isso, associado a uma maior frequência da fase negativa do El Niño no período, gerou uma diminuição da pluviosidade ao longo dos anos. No entanto, após esse período, foi identificado um aumento nos eventos extremos, o que pode ser explicado por um possível aumento positivo na precipitação.

4.2 Relação entre precipitação e concentração de *E.coli* na água das praias

A avaliação da correlação entre o acumulado de precipitação do acumulado de um, dois e três dias anteriores à coleta de água e a concentração de *Escherichia coli* em cada praia apresentou os seguintes resultados: em Canasvieiras, a correlação foi positiva, fraca e estatisticamente significativa em todos os períodos analisados, em Jurerê e Ingleses, a correlação também foi positiva, fraca e significativa; já na Armação do Pântano do Sul, a correlação foi positiva, porém mais baixa, ainda assim significativa. Esses resultados sugerem que o acumulado de precipitação, especialmente nos três dias que antecedem a coleta, está relacionado ao aumento nos níveis de *E. coli* nas praias analisadas (Tabela 2).

Embora a correlação seja fraca, é significativa e os dados indicam uma tendência de aumento na contaminação fecal da água nas praias após a chuva. Esta tendência sugere uma possível influência do impacto das ligações

irregulares de esgoto doméstico nas galerias de água pluvial. No entanto, é provável que outras variáveis, alheias a este estudo, também influenciem nesse aumento. Já nas praias do Campeche e da Barra da Lagoa, a correlação foi praticamente inexistente.

Tabela 2 – Correlação entre o acumulado de precipitação (1, 2 e 3 dias) e a concentração de *Escherichia coli* nas praias analisadas e com relação significativa

Praia	1 dia		2 dias		3 dias	
	Coef. ρ	Valor- p	Coef. ρ	Valor- p	Coef. ρ	Valor- p
Canasvieiras	0,265	<0,001	0,254	<0,001	0,367	0,000
Jurerê	0,234	<0,001	0,227	0,001	0,173	0,020
Ingleses	0,255	<0,001	0,223	0,001	0,249	0,010
Armação	0,134	0,048	0,141	0,038	0,172	0,010

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O acumulado de mais de três dias parece não ter efeito sobre a concentração de *E. coli* nas praias, uma vez que para todas as praias avaliadas com exceção de Canasvieiras onde foi verificada correlação significativa com o acumulado de cinco dias, não houve correlação quando se testou o acumulado de cinco e sete dias (Tabela 3), de forma exploratória. Ou seja, o efeito da chuva na concentração de *E. coli* em quatro das seis praias analisadas (67%) é mais evidente até três dias após o evento de precipitação.

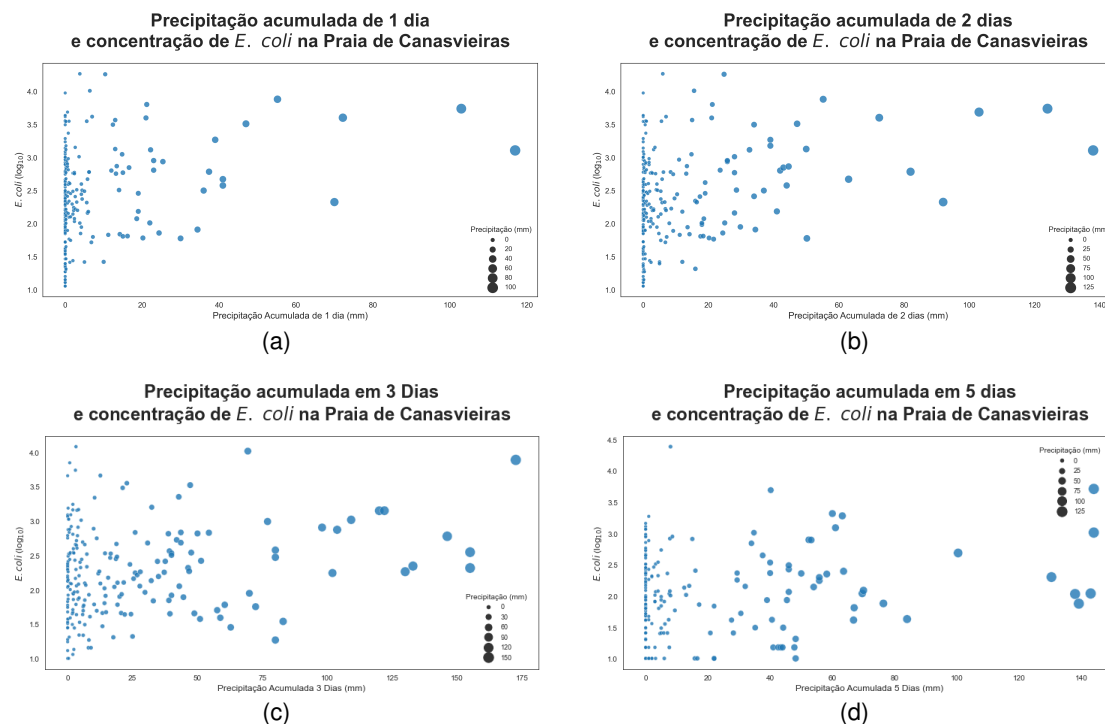
Tabela 3 – Correlação entre o acumulado de precipitação de 5 e 7 dias e a concentração de *Escherichia coli* nas praias analisadas

5 dias			7 dias		
Praia	Coef. ρ	Valor- p	Praia	Coef. ρ	Valor- p
Canasvieiras	0,264	0,000	Canasvieiras	0,061	0,389
Jurerê	-0,017	0,820	Jurerê	0,006	0,938
Barra	0,074	0,330	Barra	-0,086	0,243
Armação	0,061	0,420	Armação	0,124	0,083
Campeche	0,057	0,450	Campeche	0,086	0,227
Ingleses	0,117	0,120	Ingleses	0,089	0,213

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os gráficos de dispersão abaixo mostram a relação do acumulado de precipitação de um, dois, três e cinco dias na praia de Canasvieiras (Figura 3). É possível observar um aumento geral na concentração de *Escherichia coli* associado ao acumulado de precipitação, o que pode comprometer a qualidade da água. Para Canasvieiras (Figura 3) fica evidente essa tendência: conforme aumenta o volume de chuva, observa-se maior variação nos dados, indicando que chuvas concentradas em curto período podem gerar impactos ambientais negativos. Nota-se ainda que o impacto da precipitação é mais evidente nos acumulados de um e dois dias, período em que o efeito da chuva sobre a qualidade da água é mais direto. Já no acumulado de 5 dias, a relação tende a perder força, possivelmente em função da diluição da matéria orgânica trazida pelas chuvas e da influência de outros fatores ambientais sobre a concentração bacteriana.

Figura 3 – Gráficos de dispersão com a concentração de *E. coli* (log10) em função da precipitação acumulada em um (a), dois (b), três (c) e cinco dias (d) anteriores à coleta na praia de Canasvieiras. Os tamanhos dos pontos indicam faixas de precipitação, agrupadas em intervalos de 30 mm

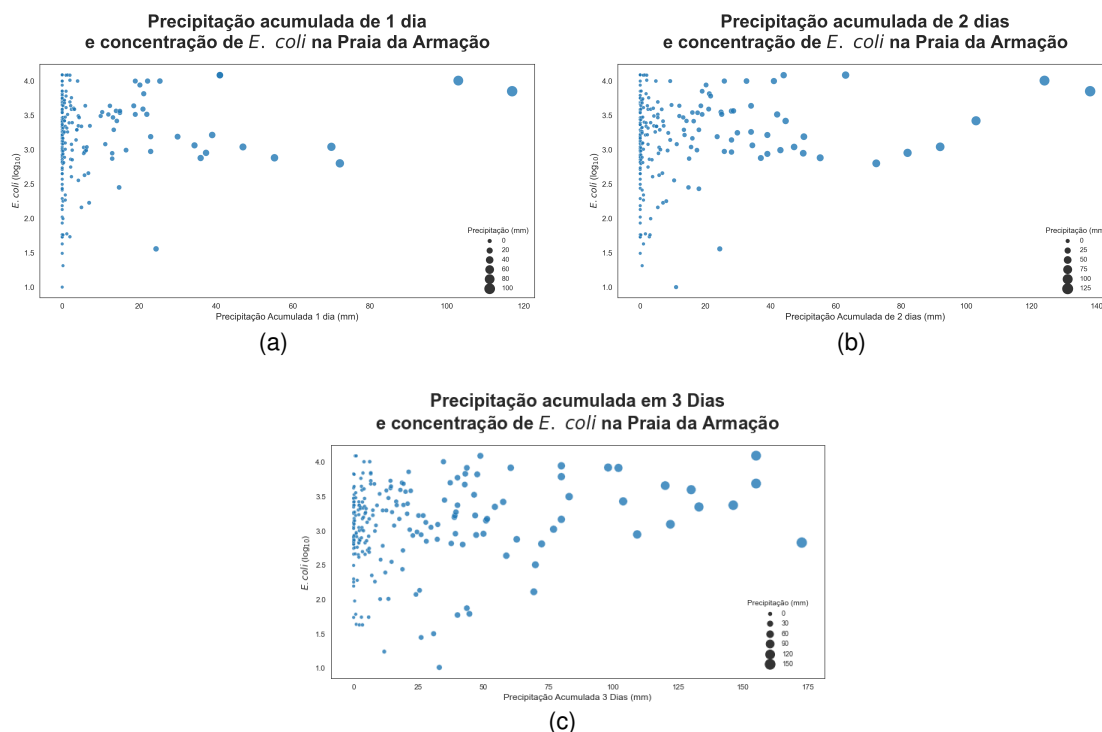


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 4 apresenta a correlação entre o acumulado de precipitação e os valores de *Escherichia coli* observados no primeiro, segundo e terceiro dia na praia da Armação do Pântano do Sul.

Mesmo com baixos níveis de precipitação, nesta localidade foram encontradas concentrações elevadas de *E. coli*, conforme foi identificado na presente pesquisa, mesmo assim, percebe-se um aumento nas concentrações conforme o acúmulo de chuva, o que indica que existem outros aspectos que podem afetar a dinâmica do local. Em síntese, nesta praia, a precipitação intensifica a elevada carga de coliformes fecais, refletindo a eficiência limitada do sistema de esgotamento local.

Figura 4 – Gráficos de dispersão da concentração de *Escherichia coli*(log) em função da precipitação acumulada no 1, 2 e 3 dia anteriores à coleta na praia da Armação do Pântano do Sul: (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias

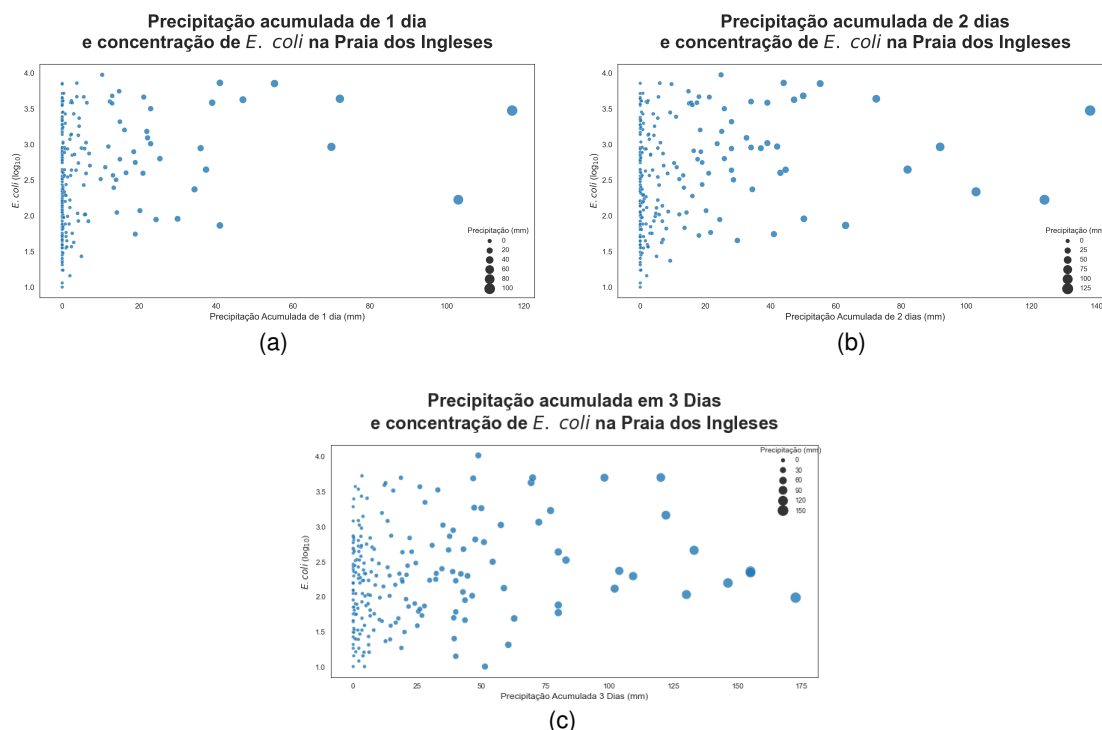


Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Na sequência, a Figura 5 mostra os resultados referentes à praia dos Ingleses, evidenciando a mesma relação entre a precipitação acumulada de um, dois e três dias e as concentrações de *E. coli*. Os gráficos permitem visualizar a dispersão dos coliformes fecais nessa praia.

A dispersão dos dados indicam uma relação positiva entre a precipitação e a concentração de *E. coli*. Observa-se um padrão gradual de aumento, acompanhado de maior dispersão, indicando casos de contaminação acentuada conforme o incremento da chuva. Esse padrão é mais evidente nos acumulados de um e dois dias, em que o efeito da chuva é mais imediato e atua como agente dispersor de contaminação microbiológica, possivelmente relacionada a irregularidades.

Figura 5 – Gráficos de dispersão da concentração de *Escherichia coli*(log) em função da precipitação acumulada no 1, 2 e 3 dia anteriores à coleta na praia dos Ingleses: (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias



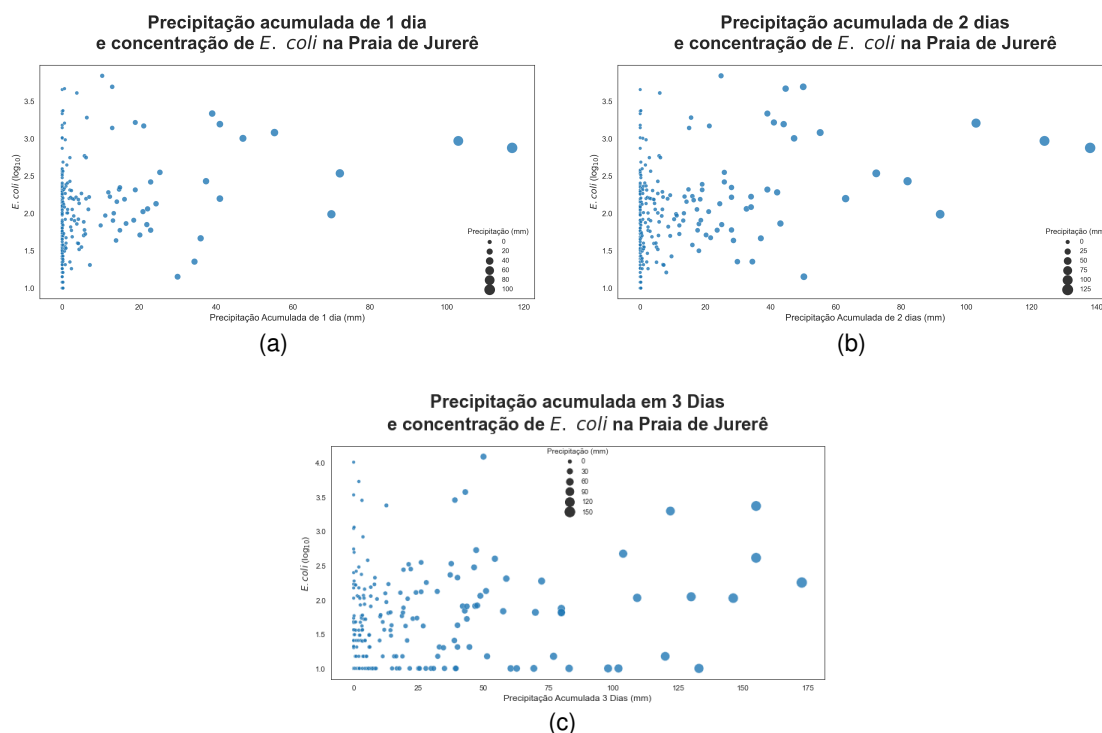
Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Em termos gerais, as análises realizadas na praia de Jurerê demonstram uma relação positiva, embora de intensidade reduzida. Isso pode estar relacionado ao fato de que a chuva atua como dispersor relevante no local, mas não de forma isolada. Considerando o contexto urbano, em paralelo à elevada frequência de veranistas, a origem difusa da contaminação também implica riscos.

A Figura 6 apresenta a correlação observada nessa praia. Assim como nas praias anteriores, os dados são organizados em função do acumulado de precipitação nos três períodos avaliados, possibilitando examinar a resposta das concentrações de *E. coli*. Em Jurerê, que possui estação de tratamento de esgoto, o padrão difere um pouco das demais praias, ocorreram poucas amostras com valores elevados de *E. coli* mesmo com acúmulo de precipitação. Apesar de a praia apresentar uma boa resposta, alguns episódios pontuais de

contaminação foram registrados.

Figura 6 – Gráficos de dispersão da concentração de *Escherichia coli*(log) em função da precipitação acumulada no 1, 2 e 3 dia anteriores à coleta na praia dos Jurerê: (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Por fim, a influência da precipitação acumulada nos níveis de *E.coli* pode variar com as características específicas de cada praia, sendo que algumas apresentam respostas mais diretas, com aumento de coliformes diretamente ligado a esse fator, enquanto outras de forma mais discreta e estável, embora não deixem de ser impactadas pelas chuvas.

4.3 Análise da balneabilidade nas praias relacionada aos eventos extremos

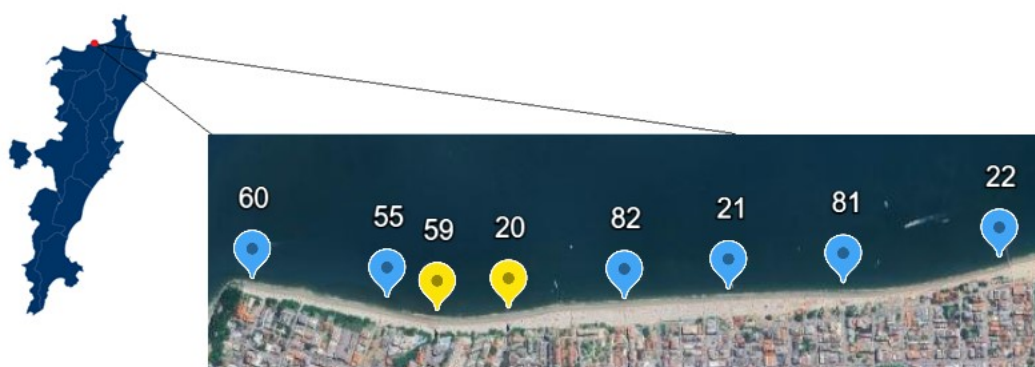
Neste capítulo, são abordadas as concentrações médias de *Escherichia coli* em três praias com estação de tratamento de esgoto (Canasvieiras, Jurerê, Barra da Lagoa) e três com sistema individual (Ingleses, Campeche e

Armação do Pântano do Sul) durante os eventos extremos identificados nos últimos 8 anos (2016 a 2023). Com base nisso, serão apresentados os resultados das análises estatísticas com as diferenças significativas nas concentrações de *E. coli* antes e depois desses eventos. De forma exploratória, os eventos extremos foram relacionados aos pontos de coleta de água de cada praia para análise qualitativa da balneabilidade, revelando se houve ou não mudança da qualidade da água de própria para imprópria antes e após cada evento.

4.3.1 Praia de Canasvieiras

A Praia de Canasvieiras é avaliada em oito pontos ao longo da orla (Figura 7). Considerando a avaliação qualitativa na praia de Canasvieiras (mudança da qualidade da água de própria para imprópria) antes e após o evento extremo, temos a análise que segue.

Figura 7 – Pontos de amostragem na praia de Canasvieiras. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.



Fonte: Google Earth, 2024; elaboração própria.

Considerando os nove eventos extremos identificados para o período, seis (67%) deles causaram modificação na categoria da balneabilidade, em pelo menos um ponto de coleta ao longo da orla (Tabela 4). Os dois eventos que não causaram este efeito foram os do dia 09/03/2021 e 29/11/2023.

Tabela 4 – Pontos de coleta da praia de Canasvieiras com alteração qualitativa após eventos extremos de precipitação. A ordem de apresentação dos pontos relaciona-se à posição geográfica dos mesmos, de oeste a leste.

Data	60	55	59	20	82	21	81	22
04/12/2016	x	x	x		x		x	
11/01/2018					x	x		x
18/02/2019	x	x						
01/03/2021	x	x				x		
09/03/2021*								
20/12/2022	x							
03/02/2023							x	x
17/11/2023			x					
29/11/2023*								

* = Sem modificação qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No evento do dia 04/12/2016, ocorreu uma alteração na condição da água em cinco dos oito pontos de coleta (21, 55, 59, 60 e 82) (Figura 7), onde a água passou de própria para imprópria. Essa mudança indica que a chuva intensa causou um impacto negativo na praia. Apesar de não ter apresentado uma diferença significativa estatisticamente, esse evento comprometeu mais de 50% dos pontos de coleta da praia. Em 11/01/2018, a análise mostrou uma alteração da qualidade da água de própria para imprópria nos pontos 21, 22, 81 e 82. A repetição de alguns pontos de coleta afetados no evento anterior pode sugerir que algumas áreas estão mais vulneráveis a contaminações após as chuvas.

No evento de 18/02/2019, que apresentou um dos maiores índices pluviométricos (117,4 mm), a condição qualitativa de balneabilidade alterou-se de água própria para imprópria nos pontos de coleta número 20, 55 e 59. A água, que estava própria nas três semanas anteriores à chuva intensa, passou para condição de imprópria nas seis semanas seguintes em todos os pontos. Durante o evento de 01/03/2021, os pontos 21, 22, 55, 59, 60 e 82 apresentaram alta concentração de *E. coli*. Em três desses pontos (21, 59 e 60), a concentração

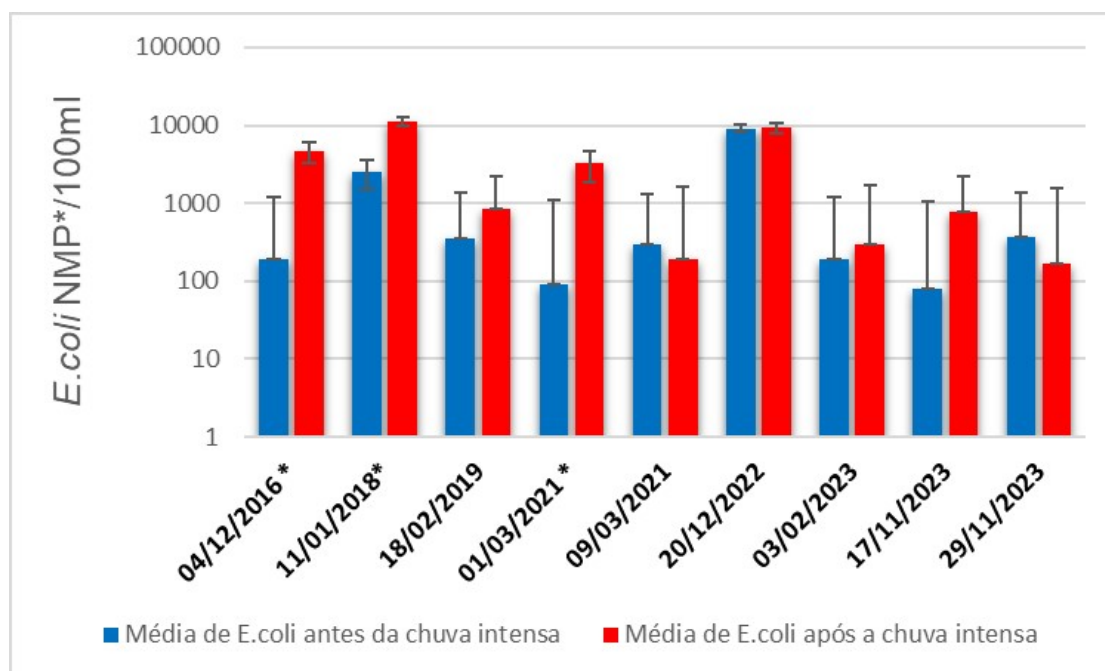
excedeu muito a quantidade permitida, ocorrendo alteração na condição de própria para imprópria.

Em 20/12/2022, foram observadas alterações na qualidade da água nos pontos 22 e 81, indicando uma continuidade na vulnerabilidade de certas áreas da praia após chuvas intensas. O ponto 22 fica próximo ao Rio do Bráz, onde o banco de areia da praia normalmente impede que a água do rio chegue ao mar. Contudo, em períodos de chuvas intensas ou com o aumento da maré, pode ocorrer o deságue no mar, impactando o local onde se encontra esse ponto de coleta. Em 17/11/2023, a alteração qualitativa ocorreu somente no ponto 59.

O ponto 59 é onde a balneabilidade decai com mais frequência após eventos extremos de precipitação. Esse ponto, de acordo com as imagens analisadas no Google Earth, tem permanecido com fluxo de água contínuo na mesma localização desde o ano de 2016. Em situações de chuva intensa, isso pode ser um ponto crítico, já que parece receber uma alta carga orgânica (esgoto doméstico), o que requer atenção particular. Essa alta carga pode estar associada a efluentes oriundos de ligações clandestinas que nesses períodos geralmente acabam extravasando com maior intensidade até a praia, influenciando na qualidade da água.

Com relação a avaliação quantitativa, nessa pesquisa, foi possível observar um aumento na concentração média de *E.coli* em sete dos nove eventos extremos analisados (78%) (Figura 8). Dentre esses, três eventos apresentaram concentrações de *E.coli* significativamente maior após o evento extremo (Tabela 5).

Figura 8 – - Conjunto de pontos com a média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.



* = Eventos com aumento significativo da concentração de *E. coli* após a chuva intensa

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Tabela 5 – Eventos de chuva intensa com diferenças significativas na praia de Canasvieiras entre 2016 e 2023.

Data	Valor de p
04/12/2016	0,007
11/01/2018	0,011
01/03/2021	0,002

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O trabalho de Lima (2023), realizado nas praias da Barra da Tijuca no município do Rio de Janeiro, também constatou diferenças significativas na colimetria após os períodos de chuva. De forma similar, os resultados observados na praia de Canasvieiras indicam que eventos extremos de precipitação estão fortemente correlacionados com aumentos significativos na concentração de

E. coli. Esses aumentos muito provavelmente estão diretamente relacionados ao escoamento superficial, onde, em momentos de chuva intensa, uma grande carga de esgoto doméstico é carregada até a praia.

Schmitz (2022) destaca que a urbanização, a presença do Rio Vargem do Brás e outras galerias pluviais que deságuam na praia de Canasvieiras, são os principais fatores que influenciam negativamente na qualidade da água. Mesmo possuindo sistema de tratamento de esgoto, este pode não ser suficiente, tendo sua eficiência comprometida devido a irregularidades, como ligações clandestinas e extravasamentos, ou operando com uma demanda maior do que a capacidade de suporte no bombeamento das estações elevatórias, em períodos de alta temporada, quando ocorre um aumento na população flutuante. Segundo a Prefeitura de Florianópolis (2022), por meio do programa Se Liga na Rede, em parceria com a CASAN, já foram realizadas inspeções em mais de 7,4 mil imóveis, tendo sido identificadas irregularidades sanitárias em 6,6 mil deles. Parte dessas irregularidades está relacionada à conexão da rede de esgoto diretamente à rede pluvial, além de extravasamento e entupimento do esgoto nas redes públicas (FLORIANÓPOLIS, 2022).

Estudos mais antigos, como apontado por Rosa et al. (2012), já apresentavam preocupação com esse problema na praia. O autor enfatiza que o sistema de tratamento de esgoto da região de Canasvieiras deve considerar a população máxima a ser atendida principalmente nos meses de alta temporada, já que o bairro sofre constantemente com a alta demanda no verão, o que gera consequências negativas para moradores e turistas.

4.3.2 Praia de Jurerê

A praia de Jurerê conta com cinco pontos de coleta de água para análise de balneabilidade (Figura 9). A partir da análise qualitativa, foram observadas alterações na condição da água em quatro eventos de chuva intensa (tabela 6).

Figura 9 – Pontos de amostragem na praia de Jurerê. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.



Fonte: Google Earth, 2024; elaboração própria.

Tabela 6 – Pontos de coleta da praia de Jurerê com alteração qualitativa após eventos extremos de precipitação. A ordem de apresentação dos pontos relaciona-se à posição geográfica dos mesmos, de oeste a leste.

Data	76	18	19	54	68
04/12/2016				x	
11/01/2018	x	x	x	x	
18/02/2019*					
01/03/2021				x	
09/03/2021*					
20/12/2022	x				
03/02/2023*					
17/11/2023*					
29/11/2023*					

* = Sem modificação qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os eventos dos dias 04/12/2016, 11/01/2018, 01/03/2021 e 20/12/2022 apresentaram alterações em alguns dos pontos de coleta, especificamente nos pontos 76, 18, 19 e 54 (Tabela 6). Destaca-se o dia 11/01/2018 onde, com exce-

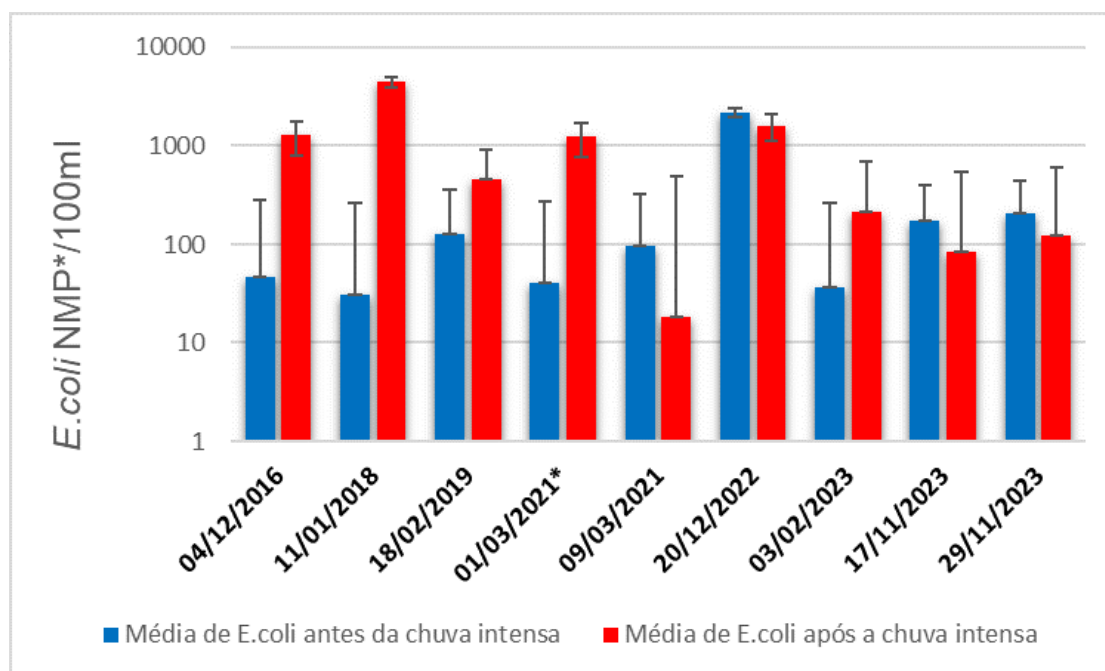
ção do ponto 68, todos os outros pontos monitorados tiveram suas condições alteradas de própria para imprópria (Figura 9).

O ponto 68 é um dos pontos de coleta onde existe um fluxo contínuo de água nas proximidades. Nesse caso específico, o aumento no volume de água devido à chuva intensa pode ter contribuído para a diluição dos poluentes, já que a chuva pode ter superado a capacidade do fluxo contínuo e transportado os poluentes para longe, inclusive para os demais pontos, melhorando assim os parâmetros em relação a outros locais. Embora a análise de Zhou et al. (2022) tenha sido realizada em rios urbanos na China, que apresentam características diferentes das praias, o estudo mostrou que eventos de enchente podem diluir contaminantes, reduzindo a concentração de poluentes e alterando a qualidade da água em determinados pontos.

O ponto 54 foi um dos locais onde houve contaminação recorrente. Nessa área, não foi observado nenhum fluxo de água até a praia, apenas residências em frente ao ponto de coleta. As chuvas intensas dos dias 04/12/2016, 11/01/2018 e 01/03/2021 podem ter contribuído para o aumento do escoamento superficial próximo ao local, transportando contaminantes do solo ou de transbordamento dos sistemas de esgoto para o ponto de coleta, e afetando a balneabilidade.

Na comparação das médias do conjunto de todos os pontos na praia de Jurerê, observou-se um aumento na concentração de *E.coli* em cinco dos nove eventos (55%), demonstrando que mais da metade dos eventos impactaram no aumento da concentração bacteriana, indicando aumento da contaminação fecal (Figura 10). Sendo que a chuva intensa do dia 01/03/2021 apresentou uma diferença significativa ($p = 0,002$), o que indica que houve uma alteração estatisticamente relevante na concentração de *E.coli*.

Figura 10 – - Conjunto de pontos com a média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.



* = Eventos com aumento significativo da concentração de *E. coli* após a chuva intensa

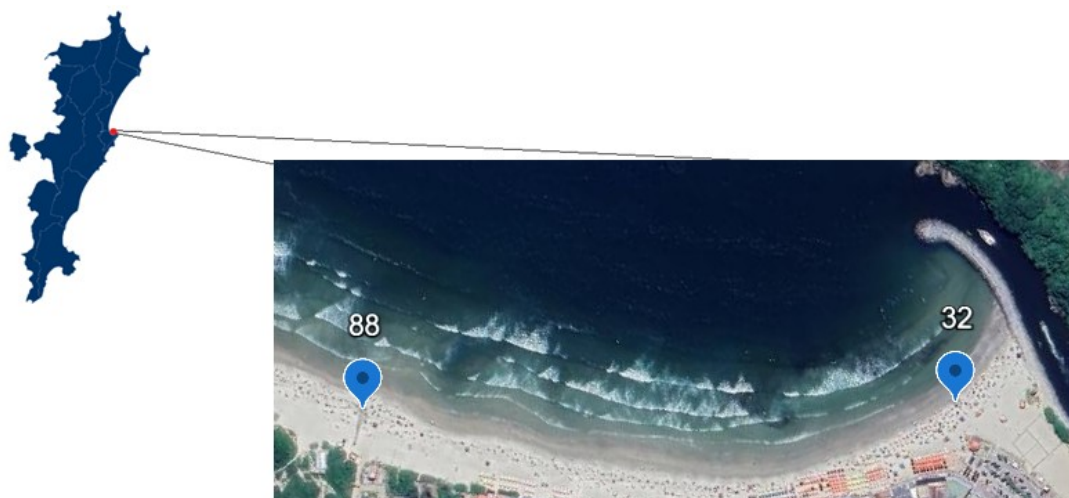
Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A partir da análise da praia de Jurerê, é possível inferir que haja uma relação entre os eventos extremos monitorados e a condição de balneabilidade da praia. Diante desses resultados, é essencial realizar um monitoramento constante e considerar outros fatores que possam eventualmente influenciar a qualidade da água.

4.3.3 Praia da Barra da Lagoa

Na análise qualitativa, foi registrada alteração na condição de própria para imprópria em apenas um dos nove eventos extremos. Na chuva intensa de 09/03/2021, o ponto 32 (Figura 11) teve sua condição alterada de própria para imprópria imediatamente após o evento. A partir desse diagnóstico, a praia da Barra da Lagoa mesmo com os impactos dos eventos extremos, manteve a sua condição dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação para os diversos usos da água.

Figura 11 – Pontos de amostragem na praia da Barra da Lagoa. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.

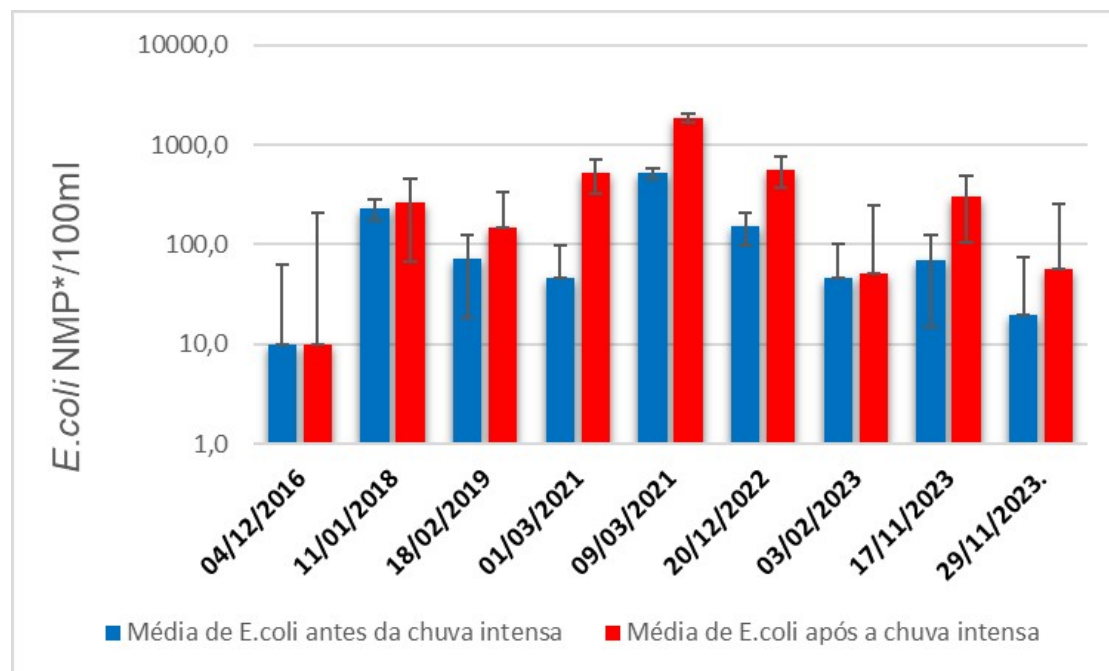


Fonte: Google Earth, 2024; elaboração própria.

Na Barra da Lagoa, observou-se um aumento na concentração média de *E. coli* em oito dos nove eventos identificados (Figura 12). Apenas em um desses eventos a concentração de *E. coli* permaneceu inalterada. No entanto, segundo a análise estatística, não foi observada diferença significativa nos níveis de concentração de *E. coli* entre os eventos.

Isso indica que, mesmo havendo alterações nas concentrações médias de *E. coli* em praticamente todos os eventos extremos, esses aumentos não foram suficientes para apontar uma mudança significativa, o que pode estar diretamente relacionado a um sistema de tratamento de esgoto que opera adequadamente, e pode contribuir para mitigar os impactos negativos gerados a partir de eventos extremos. Ou a ausência de drenagem pluvial para a praia em diferentes pontos da orla. Esta se dá através do canal da Barra da Lagoa que tem um volume de água importante e de certa maneira dilui eventuais contribuições de esgoto doméstico pontuais.

Figura 12 – - Conjunto de pontos com a média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.3.4 Praia dos Ingleses

A praia dos Ingleses possui 7 pontos de coleta, em três deles foi observado fluxo de água contínuo até o mar (Figura 13). Até o período de análise deste trabalho esta praia apresentava sistema individual de tratamento de esgoto.

Figura 13 – Pontos de amostragem na praia dos Ingleses. Os pontos em amarelo indicam locais com fluxo de água contínuo.



Fonte: Google Earth, 2024; elaboração própria.

A alteração na condição de própria para imprópria na Praia dos Ingleses ocorreu em três eventos extremos (tabela 7).

Tabela 7 – Pontos de coleta da praia dos Ingleses com alteração qualitativa após eventos extremos de precipitação. A ordem de apresentação dos pontos relaciona-se à posição geográfica dos mesmos, de oeste a leste.

Data	77	27	58	78	28	57	29
04/12/2016*							
11/01/2018			x		x		
18/02/2019*							
01/03/2021*							
09/03/2021*							
20/12/2022			x				
03/02/2023*							
17/11/2023	x						
29/11/2023*							

* = Sem modificação qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No dia 11/01/2018, os pontos 28 e 58 passaram para a condição de impróprios após a chuva intensa, havendo uma deterioração na qualidade da água. No dia 20/12/2022, o ponto 58 também teve sua condição alterada;

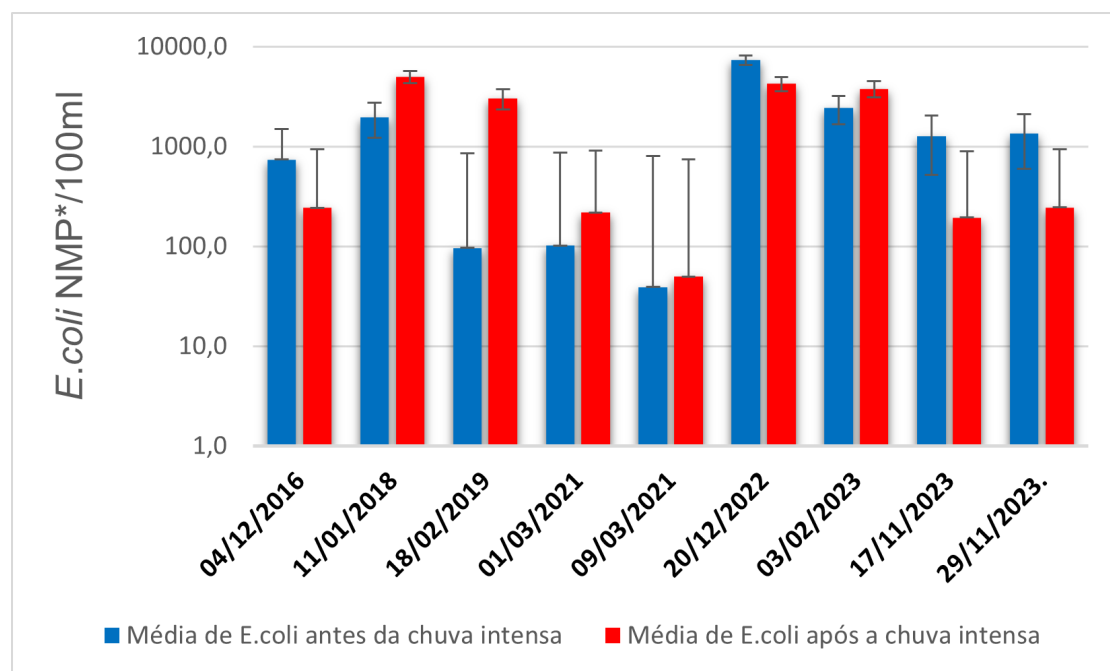
a água que se encontrava própria passou para imprópria. A reincidência em relação ao ponto 58 em dois eventos extremos pode estar relacionada a sua localização, ao lado do ponto 78, que possui um fluxo de água contínuo em direção à água do mar. Em momentos de chuva intensa a quantidade de esgoto (indicada pela concentração de *E. coli*) e detritos carregada até a praia pode influenciar as condições no ponto de coleta 58 e não no ponto de coleta 78 devido à hidrodinâmica, gerada por ventos, correntes e oscilação de maré.

No evento referente à data de 17/11/2023, o ponto 27 também teve sua condição alterada após a chuva intensa, passando de próprio para impróprio. Esse ponto possui um fluxo de água contínuo, o que facilita a dispersão de matéria orgânica proveniente de outros lugares (Figura 14). Como resultado, esses locais estão mais suscetíveis à alteração da qualidade da água.

Na Praia dos Ingleses, houve um aumento na concentração de *E. coli* em cinco dos nove eventos de chuva intensa (55%); contudo, sem apresentar uma diferença significativa (Figura 14). Nos eventos correspondentes às datas de 04/12/2016, 20/12/2022, 17/11/2023 e 29/11/2023, foi observada uma média maior anteriormente a cada evento, devido ao fato de a balneabilidade estar afetada com uma alta carga bacteriana antes do período de coleta registrado, não relacionada ao clima.

Essa contaminação prévia pode ter um impacto maior do que os fatores climáticos, como mostram os resultados do programa de Saneamento Básico da CASAN. O programa Trato pelo Capivari, até 2023, fiscalizou cerca de 8 mil imóveis na Praia dos Ingleses. Durante as fiscalizações, foram identificados 1.859 imóveis com irregularidades nas ligações de esgoto, sendo que a segunda irregularidade mais comum foi a conexão indevida do esgoto à rede pluvial. Esse tipo de ligação é um dos principais responsáveis pela poluição do Rio Capivari e, consequentemente, pela contaminação da Praia dos Ingleses (CASAN, 2023). No mesmo ano, o programa lacrou 11 tubulações de esgoto ilegais e encontrou imóveis que, apesar de já terem sido fiscalizados, continuaram em situação irregular (CASAN, 2023).

Figura 14 – - Conjunto de pontos com a média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.3.5 Praia do Campeche

A Praia do Campeche, que é uma das praias que utiliza sistema individual, apresentou alteração qualitativa somente no evento extremo do dia 29/11/2023, no qual as coletas foram feitas durante o evento e foi possível observar o impacto imediato da chuva intensa. Nesse evento, ocorreu alteração nos pontos 73 e 75 (Figura 15), onde a água se encontrava própria e passou para a condição de imprópria.

Figura 15 – Pontos de amostragem na praia do Campeche. O ponto em amarelo indica local com fluxo de água contínuo.



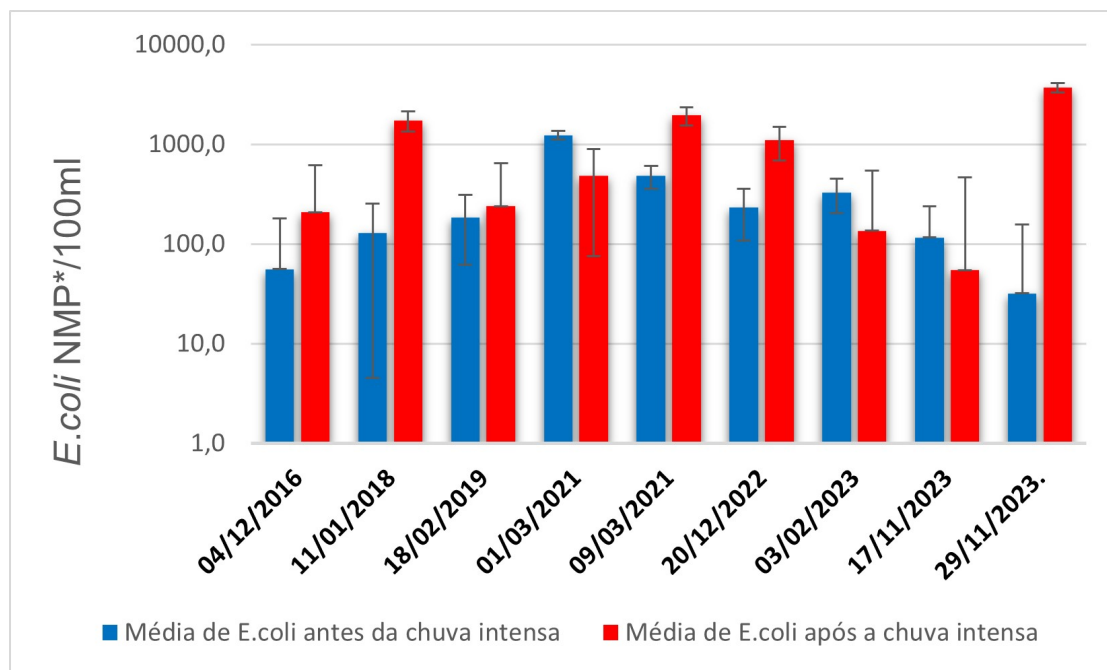
Fonte: Google Earth, 2024; elaboração própria.

O ponto 73 corresponde à região onde desemboca o Rio Noca, conhecida popularmente como o riozinho do Campeche, uma área muito procurada para lazer na alta temporada, recebendo até mesmo eventos como shows. O ponto 75 está a 100 metros à direita do riozinho. Com o aumento na intensidade da precipitação durante o evento extremo e pelo fato de a praia não possuir rede de coleta de esgoto, essas áreas ficam mais suscetíveis à poluição. Em relação à qualidade da água no ponto 73 durante outros eventos de chuva intensa, na maior parte deles não houve alteração na condição, pois a qualidade da água já se encontrava imprópria, havendo somente um aumento da concentração de *E.coli* após o período.

A comparação das médias de *E.coli* de todos os pontos da praia uma semana antes e na semana seguinte à chuva intensa apresentou um aumento na concentração em seis dos nove eventos (67%) (Figura16). Por meio da análise estatística aplicada, não foi identificada nenhuma diferença significativa na concentração média de *E.coli*. Embora tenha ocorrido um aumento, esses aumentos não foram estatisticamente relevantes. Contudo, mesmo sem uma diferença significativa, o aumento na concentração após a chuva intensa mostra

que os eventos extremos podem contribuir para a deterioração da qualidade da água.

Figura 16 – - Conjunto de pontos com a média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.

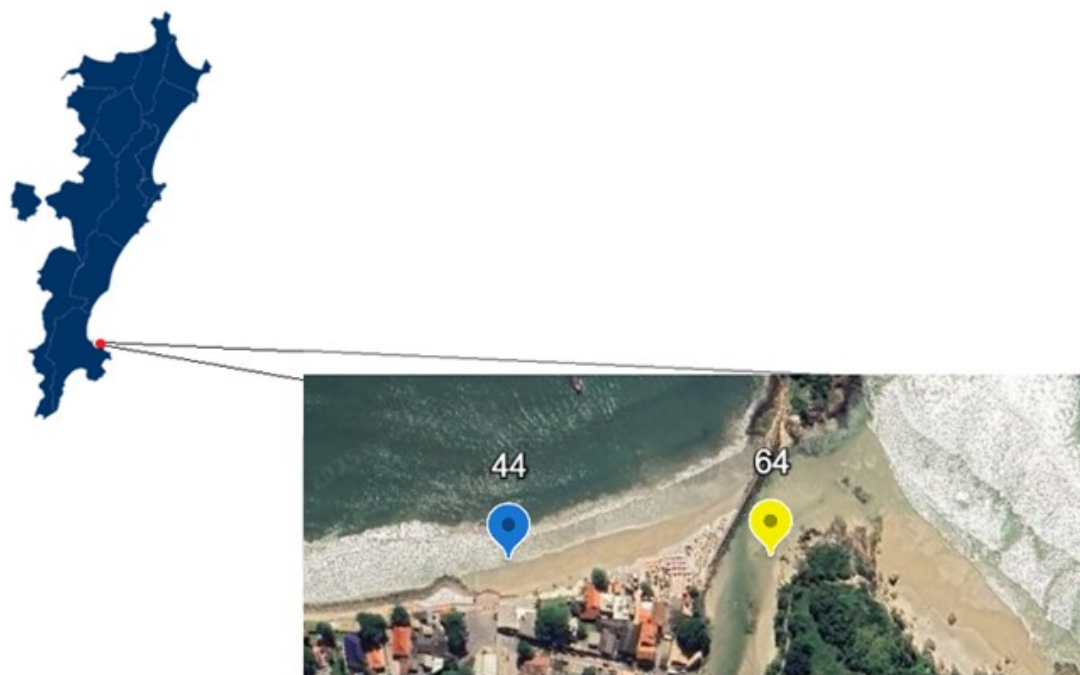


Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.3.6 Praia Armação do Pântano do Sul

A praia da Armação do Pântano do Sul possui apenas 2 pontos de coleta de água (Figura 17). Em relação à análise qualitativa, não foram observadas alterações na qualidade da água após os eventos de chuva intensa uma vez que a água está constantemente classificada como imprópria. O ponto de coleta 64, que está localizado na desembocadura do Rio Sangradouro que cruza uma grande área urbana, a qualidade da água apresentou condições de contaminação prévias a chuva intensa antes de todos os eventos extremos identificados.

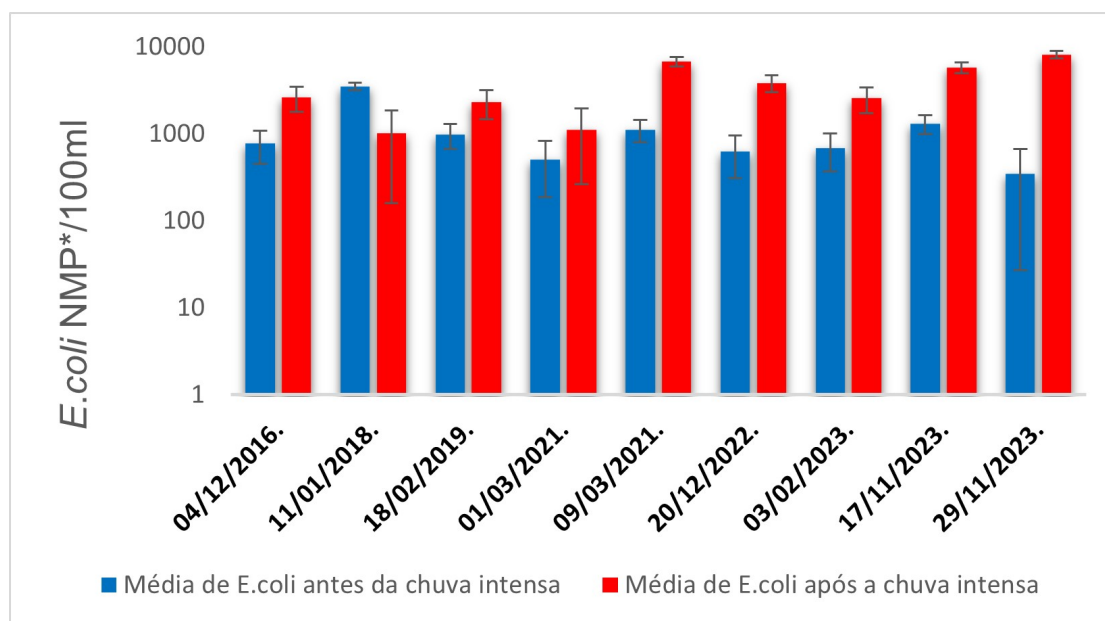
Figura 17 – Pontos de amostragem na praia da Armação do Pântano do Sul. O ponto em amarelo indica local com fluxo de água contínuo.



Fonte: Google Earth, 2024; elaboração própria.

Em relação à análise quantitativa, foi verificado um aumento na concentração média de *E. coli* em oito dos nove eventos extremos (89%) (Figura 18). Isso sugere que, mesmo havendo problemas de balneabilidade em alguns pontos da praia, a concentração de bactérias pode ser potencializada após períodos de chuva intensa, mesmo não havendo diferenças significativas conforme o teste estatístico.

Figura 18 – - Conjunto de pontos com a média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.4 Efeito dos eventos de chuva intensa nas praias com Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e com Sistemas Individuais (SI)

A comparação da concentração média de *Escherichia coli* após os eventos de chuva intensa nas praias com Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e aquelas que utilizam Sistema Individual (SI) revelou diferenças específicas entre os locais.

Em relação às praias com ETE, Canasvieiras foi a que apresentou a maior concentração média de *Escherichia coli* após evento extremo ($4.331,0 \pm 4.240,1$ NMP/100 mL; $p = 0,289$), seguida de Jurerê ($544,0 \pm 513,2$ NMP/100 mL; $p = 0,034$) e Barra da Lagoa ($422,0 \pm 585,6$ NMP/100 mL; $p = 0,021$). Quanto às praias que utilizam sistema individual, a Armação do Pântano do Sul apresentou uma média de *E. coli* após evento extremo de $3.811,0 \pm 2.559,1$ NMP/100 mL ($p = 0,003$), seguida da praia dos Ingleses ($1.895,0 \pm 2.084,9$ NMP/100 mL; $p = 0,826$) e Campeche ($1.072,6 \pm 1.223,9$ NMP/100 mL; $p = 0,855$) (Tabela 8).

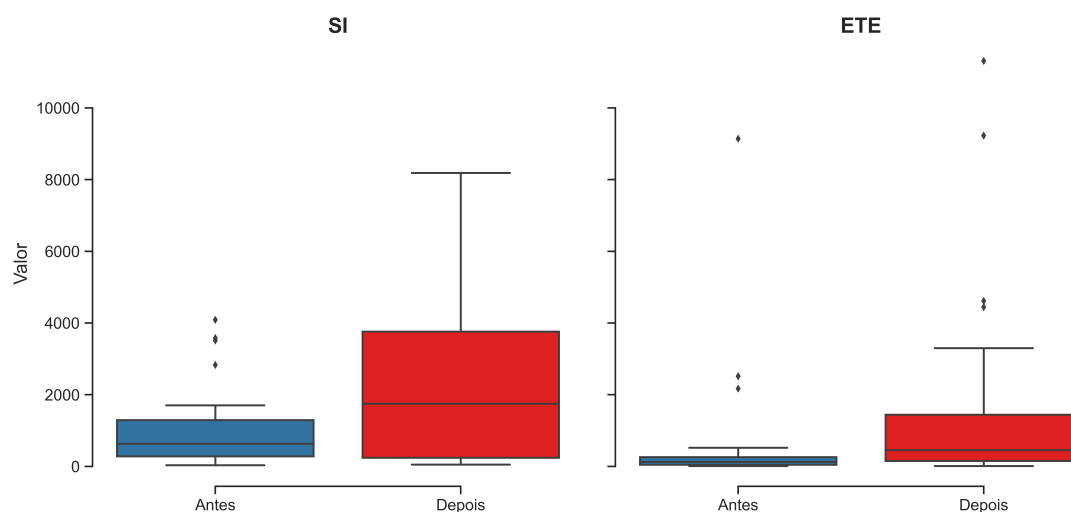
Tabela 8 – Comparação entre a concentração média de *E. coli* antes e depois de eventos extremos de precipitação em praias com Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e Sistemas Individuais (SI). Os valores em destaque indicam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

Praias (Grupo)	Média Antes	Desv. Padrão Antes	Média Depois	Desv. Padrão Depois	Valor-p
Canasvieiras (ETE)	1468,4	2976,0	4331,0	4240,1	0,289
Jurerê (ETE)	131,0	225,0	544,0	513,2	0,034
Barra da Lagoa (ETE)	129,2	161,0	422,0	585,6	0,021
Armação (SI)	1095,6	955,3	3811,0	2559,1	0,003
Ingleses (SI)	1774,0	1430,4	1895,0	2084,9	0,826
Campeche (SI)	310,0	373,3	1072,6	1223,9	0,855

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao comparar estatisticamente a concentração de *E. coli* após eventos extremos de precipitação nas praias com ETE e nas praias com SI, não foram observadas diferenças significativas ($p = 0,945$). Entretanto, ainda que os eventos extremos de precipitação impactem de forma semelhante as praias servidas por ETE e por SI, ao analisar separadamente cada tipo de sistema, observa-se que não há diferenças significativas na concentração de *E. coli* antes e depois dos eventos extremos de precipitação nas praias com SI ($p = 0,098$). Já nas praias com ETE, a concentração de *E. coli* passa a ser significativamente maior após eventos extremos de precipitação ($p = 0,009$) (Figura 19).

Figura 19 – -Comparação dos valores antes e depois dos eventos extremos de precipitação nos sistemas SI e ETE.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Este dado é relevante pois mostra que nas praias com ETE a qualidade da água previamente aos eventos extremos é superior que naquelas praias com SI. Contudo, mesmo nestas praias altos índices de precipitação podem influenciar negativamente na qualidade da água. Em última análise, o fato de as praias com ETE apresentarem um efeito maior após a chuva está associado à triste realidade de que as praias com SI já apresentavam concentrações elevadas de *E. coli* antes do evento de precipitação, o que inibe a observação do efeito dos impactos da chuva nessas áreas (Figura 19).

Apesar da presença de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), como na praia de Canasvieiras, o fato de esta apresentar impactos semelhantes aos observados em praias que utilizam sistemas individuais de tratamento sugere a ocorrência de possíveis irregularidades operacionais ou estruturais. Estudos indicam que o crescimento populacional, ao gerar sobrecarga nas ETEs, bem como falhas nos processos de tratamento, pode comprometer a eficiência do sistema, resultando na liberação de contaminantes nos corpos d'água (SOUZA, 2023). Além disso, pontos com fluxo contínuo de água contribuem para a dispersão desses poluentes no ambiente, quando não há correta ligação do esgotamento sanitário à rede coletora.

As praias analisadas neste estudo foram selecionadas com base no trabalho de Saturnino (2021), que investigou o efeito do crescimento populacional sobre a balneabilidade das praias de Florianópolis. A autora demonstrou que, entre 2007 e 2019, o aumento populacional impactou significativamente a qualidade da água, tanto em praias atendidas por Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) quanto naquelas que utilizam sistemas individuais (SI). Além disso, observou uma piora na qualidade da água durante o verão, período de alta população flutuante devido ao turismo. Os achados do presente estudo corroboram esses resultados, indicando que, independentemente do sistema de tratamento implementado, a qualidade da água se deteriorou, também, após eventos de chuva intensa.

Jurerê e Canasvieiras, ainda que possuam ETE foram bastante afetadas pelos eventos extremos de precipitação. Esta informação sugere que a infraestrutura de saneamento pode não ser suficiente para suportar a carga gerada por chuvas intensas, indicando o desafio que as mudanças climáticas podem trazer para o setor de saneamento que exige adaptabilidade às novas tendências.

Esse padrão é semelhante ao observado pela Agência de Proteção Ambiental (2024) da Irlanda, onde altos índices de precipitação nos meses de verão do Hemisfério Norte (julho e agosto) resultaram em mais interdições de praias devido à má condição de balneabilidade. Esse fenômeno está associado a falhas na infraestrutura, como conexões irregulares entre redes pluviais e sistemas de esgoto, as quais sobrecarregam o sistema, permitindo que águas residuais sejam despejadas no ambiente marinho (MORETTI; SILVA, 2024). Costa (2021) também reportou piora na balneabilidade em praias da costa leste do Nordeste brasileiro durante períodos chuvosos, reforçando a relação entre precipitação e qualidade da água.

Além dos eventos extremos de precipitação, outros fatores podem influenciar a qualidade da água, como erosão costeira, direção do vento, correntes marítimas e impacto antrópico decorrente da urbanização e do turismo. Bertan et al. (2024) destacam que a expansão urbana e mudanças na geomorfologia das praias reduzem a capacidade de diluição das águas, agravando a contaminação.

De forma semelhante, Sousa (2024) observou que a praia de Itararé, no litoral paulista, apresentou as maiores concentrações de contaminação fecal devido ao grande número de turistas e ao aumento do volume de efluentes na alta temporada.

Alves, Machado e Oliveira (2020) indicam que, embora a precipitação contribua para o aporte de bactérias, outros fatores também influenciam esse processo, como a qualidade dos rios urbanos, as marés e o lançamento de esgoto doméstico. Dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2025) apontam que a presença de córregos desaguando nas praias e o aumento do fluxo turístico também impactam negativamente a balneabilidade.

No Sul da Ilha, apesar do crescimento urbano recente, a população ainda é menor do que no Norte da Ilha (DORSA, 2015). No entanto, o aumento da urbanização pode intensificar os desafios relacionados ao saneamento, ampliando os impactos sobre a qualidade da água. Esse problema é evidente em Jurerê e Canasvieiras, que, apesar de possuírem rede coletora de esgoto, apresentaram resultados piores do que praias com sistemas individuais após eventos extremos de precipitação. Isso sugere que a sobrecarga ou ineficiência da rede pode comprometer sua capacidade de tratamento, tornando-a insuficiente para atender à demanda da região.

Problemas de infraestrutura também foram relatados por Gajewska et al. (2024), que analisaram a contaminação da água pluvial e de esgoto no noroeste da Polônia. Os autores destacam que falhas no planejamento dos sistemas de drenagem podem sobrecarregar a rede de esgoto, agravando a contaminação durante chuvas intensas. Esse efeito é potencializado pela urbanização em áreas costeiras, como observado nas praias estudadas. Bilgiç e Baba (2023) reforçam que o crescimento urbano descontrolado contribui para o aumento de inundações, sobrecarga da infraestrutura de saneamento e acúmulo de poluentes nos corpos d'água.

Por outro lado, praias menos urbanizadas tendem a apresentar melhores condições de balneabilidade. Segundo (2015) aponta que ambientes preservados sofrem menor interferência humana e, conseqüentemente, menor impacto na qualidade da água.

5 PRODUTO TÉCNICO TECNOLÓGICO

Em seu trabalho, Oliveira (2021), observou que a maior parte dos estudos acadêmicos relacionados às mudanças climáticas e à educação ambiental está concentrada nos Estados Unidos e em países europeus. Embora haja uma melhora crescente no Brasil, ela ainda é insuficiente, tornando imprescindíveis parcerias institucionais para o fortalecimento da pesquisa. Ademais, é fundamental promover o desenvolvimento do conhecimento sobre o tema desde a formação básica dos estudantes, a fim de estimular uma consciência ambiental crítica, capaz de compreender os desafios locais e globais impostos pelas mudanças climáticas e de promover ações transformadoras e sustentáveis (GRINGS et al., 2025).

Visto que a educação é fundamental na construção da sociedade e que ensinar não é apenas transferir conhecimento, mas sim criar possibilidades para sua própria construção, sendo necessário integrar o conhecimento teórico a vivência dos discentes (FREIRE, 1996), foi planejado, com base nos resultados deste estudo, um guia com um projeto de aula para alunos do ensino médio (ver Apêndice A). O objetivo é servir como material de apoio para que docentes abordem a temática em sala de aula, integrando os conteúdos da disciplina de Biologia, do 2º ano do ensino médio que explora o Reino Monera, e compartilhando conhecimento sobre os critérios de balneabilidade, evidenciando assim sua importância para a saúde pública e o meio ambiente, além de conscientizar sobre as consequências das mudanças climáticas para o estado sanitário das praias e os impactos que essas alterações podem gerar para a população.

5.1 Aplicação do Produto

A aplicação do produto foi realizada na Escola de Educação Básica São Tarcísio, contemplando duas turmas do segundo ano do Ensino Médio (Figura 20). No primeiro momento, os estudantes seguiram uma aula expositiva previamente elaborada, no qual foram introduzidos os conceitos e as principais características do Reino Monera, com ênfase na bactéria *Escherichia coli*. Na sequência, os discentes foram orientados a trazer reportagens relacionadas a

problemas de balneabilidade, a fim de promover a contextualização do tema.

Figura 20 – Aplicação do produto Técnico-tecnológico na Escola de Educação Básica São Tarcísio, com turmas do 2.º ano do ensino médio, momento de discussão dos gráficos produzidos nesta dissertação.



Fonte: Fotografia do acervo pessoal do autor (2025).

De modo geral, observou-se que os alunos não possuíam conhecimento prévio sobre o conceito de balneabilidade ou dos procedimentos técnicos utilizados nas análises da qualidade da água. Entre os questionamentos recorrentes, destacou-se a percepção de que a água estaria poluída apenas quando apresentava coloração escura, aspecto estagnado ou visibilidade de esgoto sendo despejado diretamente na praia.

Prevvia-se, como parte da proposta pedagógica, a realização de uma saída de campo ao Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), com o objetivo de acompanhar uma análise da qualidade da água. Apesar do contato inicial com os responsáveis e da demonstração de interesse em viabilizar a atividade, não houve retorno posterior por parte da instituição. Considerando que demandaria uma logística específica, incluindo a elaboração de um projeto, optou-se por não realizar a saída. Nesse contexto, destaca-se a importância de

propor atividades alternativas que possam suprir a ausência da vivência prática.

Durante a análise dos gráficos apresentados nesta dissertação, os estudantes já familiarizados com os conceitos de *E. coli*, balneabilidade e os efeitos de fatores ambientais como a precipitação demonstraram habilidade em interpretar e descrever os dados com clareza. Esse resultado é considerado positivo, uma vez que os materiais produzidos se mostraram didáticos e acessíveis a diferentes públicos, contribuindo significativamente para a ampliação do conhecimento dos discentes.

Por fim, a aplicação do projeto alcançou os objetivos propostos, promovendo reflexões relevantes entre os estudantes sobre os impactos das mudanças climáticas na realidade local, bem como incentivando a discussão sobre possíveis ações mitigadoras que possam ser adotadas para enfrentar tais desafios no futuro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma alteração importante na categoria de balneabilidade, passando de própria para imprópria, após eventos extremos de precipitação em todas as praias analisadas, independentemente do sistema de tratamento adotado. No entanto, os locais da praia onde essa alteração ocorre, nem sempre coincidem exatamente com aqueles que possuem drenagem pluvial superficial, evidenciando a importância da hidrodinâmica de dispersão dos poluentes na identificação das fontes de contaminação por esgoto. Variáveis como maré e vento podem influenciar essa dispersão e devem ser consideradas em estudos futuros.

Todas as praias analisadas apresentaram, majoritariamente, aumento na concentração de *Escherichia coli* após eventos extremos de precipitação. Esse aumento foi registrado em mais da metade dos eventos analisados em Canasvieiras (78%), Jurerê (55%), Ingleses (55%) e Campeche (67%). E, nas praias da Barra da Lagoa e Armação do Pântano do Sul, ocorreu em oito dos nove eventos analisados (89%).

As praias com Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), de forma geral, apresentam uma balneabilidade melhor que aquelas que utilizam sistemas individuais (SI), previamente aos eventos extremos. Contudo, em praias com ambas as situações (presença de ETE ou SI) há aumento na concentração de *E.coli* após os eventos extremos de precipitação. Este aumento é significativo nas praias com ETE.

Dessa forma, a presença de ETE não assegura, por si só, uma balneabilidade dentro dos critérios estabelecidos pela Resolução Conama nº 274/2000 nas praias avaliadas. Sobre tudo se o sistema estiver operando com irregularidades em períodos de chuva intensa, quando há maior escoamento superficial e transporte de poluentes.

Diante da crescente ocorrência de eventos extremos de precipitação, os resultados deste estudo evidenciam o desafio do setor de saneamento básico frente às mudanças climáticas está no sentido de mitigar a deterioração da qualidade da água nas praias.

Esta pesquisa ressalta a necessidade não apenas de melhorias na infraestrutura, como a ampliação de rede coletora de esgoto e implantação de ETEs, mas também de mais fiscalização nas irregularidades de conexões a redes coletoras existentes. Estas medidas visariam mitigar os impactos negativos que as mudanças climáticas podem trazer à qualidade da água nas praias, o que tem uma relação direta com a economia local.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Em estudos futuros, recomenda-se a inclusão de variáveis adicionais, tais como velocidade e direção do vento, maré e temperatura da água, de modo a possibilitar uma análise mais abrangente dos fatores que influenciam a balneabilidade. Recomenda-se, também, a caracterização da população flutuante, especialmente durante os períodos de alta temporada, nas áreas correspondentes às praias analisadas. A incorporação dessas variáveis poderá propiciar interpretações mais robustas e detalhadas sobre os impactos de eventos extremos de precipitação na qualidade da água das praias.

REFERÊNCIAS

- Administração Oceânica e Atmosférica Nacional. *El Niño 23-24 é um dos cinco mais fortes já registrados, diz Organização Meteorológica Mundial*. 2024. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/03/el-nino-23-24-e-um-dos-cinco-mais-fortes-ja-registrados-diz-organizacao-meteorologica-mundial>. Acesso em: abril. 2024.
- AKOGLU, H. *User's guide to correlation coefficients*. [S.l.]: Emergency Medicine Association of Turkey, 2018. 91-93 p.
- ALVES, L. d. S.; MACHADO, B. B. N.; OLIVEIRA, D. F. d. Balneabilidade das praias do litoral de salvador (bahia): investigação da interferência da precipitação nas densidades de *escherichia coli*. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, p. 161–174, 2020. ISSN 2595-4431.
- AMBIENTAL, A. de P. *Bathing water quality remains high overall, but heavy summer rainfall is putting pressure on our beaches*. 2024. <https://www.epa.ie/news-releases/news-releases-2024/bathing-water-quality-remains-high-overall-but-heavy-summer-rainfall-is-putting-pressure-on-our-ph>. Acesso em: jul. 2025.
- ARAÚJO, G. P. de. *Análise da organização institucional de pequenos municípios para a adaptação aos efeitos das mudanças climáticas globais*. Dissertação (Dissertação (Mestrado)) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Acesso em: 25 jul. 2023. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-15122021-163546/>>.
- BARCELLOS, D. R. et al. Análise da variabilidade temporal da precipitação na cidade de florianópolis/sc. *Ciência e Natura*, v. 42, p. e9, 9 2020. ISSN 2179-460X.
- BARLETTA, R. et al. *ANÁLISE HIDRODINÂMICA E DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE RECUPERAÇÃO DA PRAIA DA ARMAÇÃO DO PÂNTANO DO SUL-FLORIANÓPOLIS (SC)*. 2018.
- BATÍSTELA, C. *Florianópolis é a cidade brasileira mais procurada para hospedagem em 2023*. 2022. Acesso em: 28 ago. 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2022/12/26/florianopolis-e-a-cidade-brasileira-mais-procurada-para-hospedagem-em-2023-aponta-ranking-do-airbnb.ghtml>>.

BERG, C. H.; GUÉRCIO, M. J.; ULBRICH, V. R. Indicadores de balneabilidade: a situação brasileira e as recomendações da *world health organization*. *IJKem*, p. 83–101, jul. 2013.

BERTAN, L. L. et al. Balneability IÁzaro, domingos dias and perequÊ-mirim beaches, municipality of ubatuba-sp, compared to urban physical and socio-environmental environments. *Revista de Gestao Social e Ambiental*, ANPAD - Associacao Nacional de Pos-Graduacao e Pesquisa em Administracao, v. 18, 2024. ISSN 1981982X.

BILGIÇ, E.; BABA, A. Effect of urbanization on water resources: challenges and prospects. In: *Earth and Environmental Sciences Library*. [S.l.]: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 81–108. Acesso em: 6 ago. 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-43348-1_4>.

BIRCHALL, S. J.; BONNETT, N.; KEHLER, S. The influence of governance structure on local resilience: Enabling and constraining factors for climate change adaptation in practice. *Urban Climate*, Elsevier B.V., v. 47, 1 2023. ISSN 22120955.

BITENCOURT, R. *KELENN SOBÉ CENTENARO ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DA PRAIA DE JURERÊ ATRAVÉS DE MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO* Orientadora: Dra. Neres de Lourdes da. 2014.

BURIGO, M. C. *Análise da balneabilidade na região sul da Ilha de Santa Catarina: influência das variáveis meteorológicas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Santa Catarina, 2020.

BöER, A. M. V. et al. Balneabilidade nos períodos pré-pandemia e pandêmico de covid-19. *Revista Técnico-Científica do IFSC*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC, v. 1, p. 1–11, abr. 2023.

CALVIN, K. et al. *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 2023*. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>>.

CAMPOS, A. M. V. et al. *PRELIMINARY STUDY OF THE pH, SALINITY AND BALNEABILITY OF MARAGOGI-ALAGOAS, AT THE 2004 RAINY SEASON*. 2006. 1249-1252 p.

CARDOSO, C. de S.; QUADRO, M. F. L. de; BONETTI, C. Persistence and comprehensiveness of extreme precipitation events in the south of brazil:

Space variability and atmospheric patterns. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 35, p. 219–231, 4 2020. ISSN 19824351.

CARVALHO, D. F. d.; SILVA, L. D. B. d. *Hidrologia Agosto/2006*. 2006.

CASAN. *Esclarecimentos sobre o sistema de esgotamento sanitário da Barra da Lagoa*. 2021. Acesso em: 02 jul. 2024. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/esclarecimentos-sobre-o-sistema-de-egotamento-sanitario-da-barra-da-lagoa0>>.

CASAN. *CASAN projeta mais de 90% de cobertura de esgoto até 2025*. 2022. Acesso em: 08 ago. 2023. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/florianopolis-casan-projeta-mais-de-90-de-cobertura-de-esgoto-ate-20250>>.

CASAN. *Trato pelo Capivari ultrapassa 8 mil imóveis inspecionados em Ingleses*. 2023. Acesso em: 12 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/trato-pelo-capivari-ultrapassa-8-mil-imoveis-inspecionados-em-ingleses0>>.

CETESB. *Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli: Determinação pela técnica de tubos múltiplos*. 2017. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 5ª ed. Acesso em: 25 jul. 2025. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM_-NTC-L5.202_5aed_dez-2018.pdf.

CLIMATE. *Clima: Santa Catarina*. s.d. Acesso em: 17 out. 2023. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/santa-catarina-199/>>.

CONAMA. Documento oficial, *Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000*. 2000.

COSTA, C. R. *AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE EM PRAIAS DA COSTA LESTE DO NORDESTE BRASILEIRO*. 2021.

DALINGHAUS, C. *ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA FORMA EM PLANTA E PERFIL NAS PRAIAS DA BARRA DA LAGOA, MOÇAMBIQUE E INGLESSES, FLORIANÓPOLIS-SC: APLICAÇÕES EM ANÁLISE DE PERIGOS COSTEIROS*. 2016.

DORSA, A. R. *O mundo é o mar: pescadores tradicionais e seus mapas mentais – Armação do Pântano do Sul, Florianópolis-SC*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

FEDERIGI, I.; VERANI, M.; CARDUCCI, A. Sources of bathing water pollution in northern tuscany (italy): Effects of meteorological variables. *Marine Pollution Bulletin*, v. 114, p. 843–848, 1 2017. ISSN 0025326X.

FLORIANÓPOLIS. *Floripa Se Liga Na Rede inicia inspeções de esgoto no Saco dos Limões e na Costeira do Pirajubaé*. 2022. Acesso em: 12 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/seliganarede/index.php?pagina=notpaginanoti=24988>>.

FRANCO, J. P.; BALDUINO, R. Evaluation of the balneability of formigueiro beach in the municipality of porto nacional/to. *Natural Resources, Companhia Brasileira de Producao Cientifica*, v. 10, n. 3, p. 162–167, ago. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2020.003.0016>. Acesso em: 25 jul. 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2020.003.0016>>.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*. [S.l.]: Paz e Terra, 1996. 148 p. ISBN 8521902433.

Fundação Nacional de Saúde. Manual Técnico, *Manual de saneamento*. 2004.

GAJEWSKA, M. et al. Occurrence of specific pollutants in a mixture of sewage and rainwater from an urbanized area. *Scientific Reports*, v. 14, p. 18119, 8 2024. ISSN 2045-2322. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-024-69099-8>>.

GENOVEVA, S. da S. *A Cidade, a orla e as dinâmicas naturais: Uma proposta de qualificação urbano-ambiental na orla leste da Planície do Campeche*. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/244964>. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Curso de Arquitetura. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/244964>>.

GRINGS, J. A. et al. *EDUCAÇÃO AMBIENTAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: PERCEPÇÕES DE ESTUDANTES DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO A RESPEITO DOS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS*. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/19282>>.

GUERRA, C.; OLIVEIRA, D. E. *REGIONALIZAÇÃO DO CLIMA EM SANTA CATARINA*. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2930>. Acesso em: maio 2024.

HIRAI, F. M.; PORTO, M. F. do A. O desenvolvimento de ferramentas de predição de balneabilidade baseadas em níveis de precipitação: Estudo de caso da praia de cachoeira das emas (sp). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, ABES - Associacao Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, p. 797–806, 2016. ISSN 14134152.

IDEXX Brasil Laboratórios Ltda. *Colilert*. 2025. <https://www.idexx.com.br/pt-br/water/water-products-services/colilert/>. Acesso em: jul. 2025.

IMA. *Relatório de Balneabilidade 2021/2022*. 2022.

Acesso em 17 de março de 2023. Disponível em:

<https://balneabilidade.ima.sc.gov.br/assets/3910_05_Anuario_de_Balneabilidade.pdf>.

KARPEN, E. *Beloved NYC beach among 10 diarrhea-prone “bacteria hot spots” revealed*. 2025. Acesso em 22 jul. 2025. Disponível em: <<https://nypost.com/2025/05/22/lifestyle/beloved-nyc-beach-among-10-diarrhea-prone-bacteria-hot-spots-revealed/>>.

LAINO, E.; IGLESIAS, G. *Extreme climate change hazards and impacts on European coastal cities: A review*. [S.l.]: Elsevier Ltd, 2023.

LANDUCHA, M. B. *ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE COMO INDICADORES DO CLIMA URBANO DE FLORIANÓPOLIS – SC*. 2023. 1-58 p.

LE MOS, E. d. J. S. Relatório Técnico, *Aspectos de qualidade, balneabilidade e trofia das águas de praias da margem direita do baixo rio Tapajós*. 2019.

LIMA, R. A. *A influência da pluviosidade na balneabilidade nas praias da Barra da Tijuca, município do Rio de Janeiro*. 2023. 1-65 p.

MADIGAN, M. T. et al. *Microbiologia de brock*. v. 14, p. 1–987, 2016.

MapBiomias. *Superfície de água no Brasil reduz 15% desde o início dos anos 90*. 2021. <https://brasil.mapbiomas.org/2021/08/23/superficie-de-agua-no-brasil-reduz-15-desde-o-inicio-dos-anos-90/>. Acesso em: jul. 2025.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: Noções Básicas e Climas no Brasil*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.

MIYAKE, M.; RODRIGUES, W. *Eventos Climáticos Extremos: Uma Rápida Introdução em 2023 Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP-Abril de 2023*. 2023. 1-4 p. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/world-us-canada-44731929>>.

- MORETTI, R. d. S.; SILVA, E. A. *Impacto na vida dos cidadãos das ligações entre as redes de águas pluviais e de esgotos*. 2024. <https://ondasbrasil.org/impacto-na-vida-dos-cidadaos-das-ligacoes-entre-as-redes-de-aguas-pluviais-e-de-esgotos/>. Acesso em: jul. 2025.
- MUELLER, F. *Turismo de SC prevê alcançar saldo de 163 mil empregos em 2023*. 2023. <https://www.nsctotal.com.br/noticias/turismo-de-sc-preve-alcancar-saldo-de-163-mil-empregos-em-2023>. Acesso em: jul. 2025.
- NORMANDO, D. et al. *A escolha do teste estatístico-um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint**. 2010. 101-106 p. Disponível em: <<http://www.dentalpress.com.br/bioestatistica>.>.
- OLIVEIRA, M. et al. *Estratégia de Zonas Costeiras Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*. 2012. 238-262 p.
- OLIVEIRA, N. C. R. d. *Relatório Técnico, Mudanças climáticas e educação ambiental: percepção e práticas de professores em escolas municipais de Teresina, Piauí*. 2021.
- OLIVEIRA, R. d. *Sistema de detecção de frentes frias associadas a eventos meteorológicos de médio e alto impacto no Centro Sul da América do Sul*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- ORDULJ, M. et al. The effect of precipitation on the microbiological quality of bathing water in areas under anthropogenic impact. *Water (Switzerland)*, MDPI, v. 14, 2 2022. ISSN 20734441.
- PAULO, C. A. D. E. D. S. *Balneabilidade e Saúde*. 2025. <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesaude/>. Acesso em: jul. 2025.
- PEGORIM, J. *Retrospectiva Clima do Brasil 2023*. 2023. https://www.climatempo.com.br/noticia/2023/12/31/retrospectiva-clima-2023-do-brasil-3450#google_vignette. Acesso em: jul. 2025.
- PENNA, P. et al. Water quality integrated system: A strategic approach to improve bathing water management. *Journal of Environmental Management*, v. 295, 10 2021. ISSN 03014797.
- PERES, A. P.; NEVES, N. C. R. de F.; TADDEI, R. Attitudes and perceptions of environmental managers in relation to climate change in the coastal region of the state of sao paulo, brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, v. 58, 2020. ISSN 01032003.

PETERSEN, L.; GUILHERME, O. .; CUNHA, F. *Índice de Qualidade de Praia Praia de Canasvieiras - Florianópolis - SC*. 2012.

PINTO, F. M.; SCHUCH, F. S.; BRENTANO, D. M. Extreme precipitation events and geomorphic adjustments in the riverscape: A case study in southern brazil. *Resources, Environment and Sustainability*, Elsevier B.V., v. 13, 9 2023. ISSN 26669161.

Prefeitura de Florianópolis. *Floripa Se Liga Na Rede inicia inspeções de esgoto no Saco dos Limões e na Costeira do Pirajubaé*. 2022. <https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/seliganarede/index.php?pagina=notpagina¬i=24988>. Acesso em: jul. 2025.

RENNÓ, C. D.; BORMA, L. d. S. *Processos Hidrológicos*. 2016. Acesso em: 01 abr. 2017. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/camilo/prochidr/>>.

ROCHA, E. C. d. Relatório Técnico, *Programa Bandeira Azul e as praias de Florianópolis: uma análise das potencialidades da ilha*. 2022. 1–62 p.

ROSA, L. D. et al. *Índice de Qualidade de Praia – Praia de Canasvieiras – Florianópolis – SC*. 2012. [S.l.: s.n.].

SANTIAGO, A. et al. *Fatores e elementos climáticos usando a classificação de Köppen-Geiger*. 2022.

SARTORATO, I. P. *Análise de indicadores de saneamento ambiental nos bairros de Sambaqui e de Santo Antônio de Lisboa (Florianópolis/SC) integrando a percepção da comunidade local*. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218311/TCC_IVANAPSARTORATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 144 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218311/TCC_IVANAPSARTORATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SATURNINO, M. P. *Efeito do crescimento populacional e da atividade de veraneio sobre a balneabilidade das praias de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228478/TCC%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: ago. 2023.

SAÚDE, F. N. d. *Manual de Saneamento*. s.l.: s.n., 2019.

SAÚDE, F. N. de. Manual Técnico, *Manual de saneamento*. 2004.

SCHMITZ, A. V. *Avaliação da balneabilidade das praias da Ilha de Santa Catarina – Florianópolis (SC), Brasil*. 2022.

SEGUNDO, I. D. B. *ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SALUBRIDADE AMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS COM POTENCIAL TURÍSTICO DO LITORAL NORTE PARAIBANO*. 2015.

SEPA. Relatório Técnico, *Bathing waters FAQ 4 September 2023: Where do you monitor bathing water quality?* 2023. 1–6 p.

SETUR. *Buenos Aires recebe evento de divulgação de Florianópolis*. 2023. <https://estado.sc.gov.br/noticias/buenos-aires-recebe-evento-de-divulgacao-de-florianopolis/>. Acesso em: 16 out. 2023.

SETUR. *ICMS Turístico*. 2023. Acesso em: 12 nov. 2023. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizDQ3ZTk3YWltNGViOC00ZGE2LTg4YWEtNmUzYTAw>>

SETUR. *Santa Catarina abre 12 mil empresas de turismo em 2023 e supera índice alcançado no período pré-pandemia*. 2023. Disponível em: <<https://estado.sc.gov.br/noticias/santa-catarina-abre-12-mil-empresas-de-turismo-em-2023-e-supera-indice-alcancado-no-periodo-pre-pandemia/>>.

SILVA, L. B. e. et al. Relatório Técnico, *Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico*. 2021.

SOUSA, B. M. *A influência dos turistas na densidade de Enterococcus sp. nas praias de São Vicente – SP*. 2024. 1-25 p.

SOUZA, S. D. O. *DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE UMA BACIA DE ESGOTAMENTO EM FORTALEZA/CE*. 2023.

TRECE, I. B. et al. Cartilha, *Cartilha: Ciclo Hidrológico — PET Floresta UFRRJ*. 2020.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B. D.; VIEIRA, V. H. Relatório Técnico, *Meio Ambiente (Brasil)*. 2021. 45–55 p.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B. D.; VIEIRA, V. H. Relatório Técnico, *Meio Ambiente (Brasil)*. 2021. 45–55 p.

VIANNA, P. H. F. et al. Educação ambiental e turismo sustentável: Estratégias para reduzir os impactos na praia de canasvieiras, Florianópolis – sc. *Revista ft*, v. 29, p. 20–21, 2 2025. ISSN 16780817. Disponível em: <<https://revistaft.com.br/educacao-ambiental-e-turismo-sustentavel-estrategias-para-reduzir-os-impactos-na-praia-de-canasvieiras-florianopolis-sc/>>.

VIZINHO, A. et al. Swap-planeamento participativo da adaptação costeira às alterações climáticas. 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/283017832>>.

ZHOU, M. et al. Dilution or enrichment: the effects of flood on pollutants in urban rivers. *Environmental Sciences Europe*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, v. 34, 12 2022. ISSN 21904715.

APÊNDICES



O que as bactérias podem nos contar sobre a relação entre mudanças climáticas e a balneabilidade das praias?

Produto Técnico Tecnológico

Área: Ciências da Natureza / Biologia / Educação Ambiental

Autor: Diogo Ricardo Roesner

Ano: 2025

Apresentação

Este guia foi elaborado como um apoio para docentes do ensino básico na abordagem de temas contemporâneos relacionados às mudanças climáticas, articulando-os com as disciplinas de Biologia e Ciências. Além disso, busca-se trabalhar a Educação Ambiental nas escolas. A partir de dados reais da análise de uma dissertação de mestrado sobre a influência dos eventos extremos de precipitação na balneabilidade das praias da Ilha de Santa Catarina, é proposto um projeto de aula sobre o estudo das bactérias pertencentes ao reino Monera, especialmente a *Escherichia coli*, e seus impactos na qualidade da água das praias, considerando também os efeitos das mudanças climáticas sobre a dinâmica desses microrganismos nos ambientes costeiros. O material propõe promover o pensamento crítico e científico dos discentes, em consonância com os conhecimentos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) nas disciplinas de Biologia e Ciências.

Este guia de projeto de aula está fundamentado nas múltiplas competências presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), seguindo as competências gerais da Educação Básica, como a construção do conhecimento a partir do saber científico para compreender a realidade; a investigação; a análise crítica e a resolução de problemas; a discussão com base em fatos e dados confiáveis; e a reflexão e o cuidado pessoal, coletivo e com o planeta (BRASIL, 2018).

Objetivos de aprendizagem

Objetivo Geral – Demonstrar, a partir da *Escherichia coli*, pertencente ao Reino Monera, sua relação com a balneabilidade e o impacto das mudanças climáticas em praias, por meio de aulas expositivas, visitação ao Instituto do Meio Ambiente (IMA) e análise de dados reais.

Objetivos Específicos

- Estudar a *E. coli* dentro do contexto do Reino Monera, com foco nas características das bactérias.
- Conceituar balneabilidade e sua importância para a saúde pública.
- Entender o papel da *E. coli* como um indicador microbiológico na análise da qualidade da água.
- Refletir como as mudanças climáticas podem impactar na balneabilidade das praias.

Estrutura e carga horária

Esse guia está dividido em **três aulas teóricas de 45 minutos** cada, totalizando **2 horas e 15 minutos**, além de uma visita técnica com duração aproximada de 4 horas resultando em uma carga horária total estimada de **6 horas e 15 minutos**. A metodologia inclui aulas expositivas, atividade de discussão coletiva, análise de resultados sobre o tema principal, saída de campo para visita técnica e relatório final.

Sequência Didática

Aula 1 - Introdução ao Reino Monera e a *E.coli*

Objetivos

- Compreender as principais características do Reino Monera.
- Conhecer as características da bactéria *Escherichia coli*.

Contéudos

Classificação dos seres vivos

- ☐ Reino Monera: definição e representantes (bactérias e cianobactérias).

Características celulares dos procariontes

- ☐ Ausência de núcleo verdadeiro (material genético no nucleóide).
- ☐ Presença de parede celular composta por peptidoglicano.
- ☐ Organização unicelular.

Reprodução nos procariontes

- ☐ Reprodução assexuada por divisão binária.

Diversidade metabólica dos microrganismos

- ☐ Organismos autotróficos.
- ☐ Organismos heterotróficos.

Importância sanitária das bactérias

- ☐ Relevância sanitária da *Escherichia coli* como bioindicadora de contaminação fecal.

- ☐ Relação entre bactérias e saúde pública.

Classificação bacteriana

- ☐ Morfologia (Ex: bacilos como a *E. coli*).
- ☐ Classificação pela coloração de Gram (Gram-positivas e Gram-negativas).

Desenvolvimento da aula

O desenvolvimento da aula consistirá em uma **aula expositiva** com o auxílio de slides (material de apoio). A aula será iniciada com a apresentação dos conteúdos a serem estudados. Na primeira parte, o docente deverá abordar o que é o Reino Monera e suas principais características.

O que é o Reino Monera?

O Reino Monera é um dos reinos dos seres vivos, caracterizado por organismos procariontes, unicelulares, autótrofos ou heterótrofos.

O grupo dos moneras compreendem as bactérias e as cianobactérias (algas azuis ou cianofíceas).

Características gerais do Reino Monera

Organismos procariontes: significa que suas células não possuem um núcleo definido. O material genético (DNA) está disperso no citoplasma, em uma região chamada nucleóide.

Unicelulares: todos os organismos do Reino Monera são unicelulares, ou seja, são formados por uma única célula.

Reprodução assexuada: a reprodução geralmente ocorre por divisão binária, um tipo de reprodução assexuada onde a célula se divide em duas células geneticamente idênticas.

Diversidade metabólica: Os organismos do reino monera pode ser autotróficos (produzem seu próprio alimento) ou heterotróficos (obtem alimento do ambiente).

Presença de parede celular: a maioria dos representantes apresenta uma parede celular composta de **peptidoglicano, que oferece proteção e forma à célula.**

Na segunda parte da aula, será apresentada a bactéria *Escherichia coli*, que será utilizada como bactéria modelo para o estudo do Reino Monera. Por ser uma espécie bem conhecida, de fácil cultivo em laboratório e com grande importância ambiental e sanitária, a *E. coli* permitirá ilustrar de forma concreta as principais características dos organismos desse reino, como estrutura celular, forma de reprodução, tipo de parede celular e metabolismo.

O que é a *Escherichia coli*?

***Escherichia coli*:** É uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae. Cresce em meio complexo a 44–45 °C, possui formato de bastonete e pode se mover utilizando flagelos. É uma bactéria Gram-negativa, ou seja, possui uma parede celular externa, o que dificulta a entrada de certos antibióticos. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, podendo ser encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente (CONAMA, 274).



Fotografia ao microscópio eletrônico de uma bactéria (*Escherichia coli*) com múltiplas fímbrias. (Cores artificiais.)

(Lopes; Rosso, 2020, p. 23)

Material de Apoio

Aula - 01



REINO MONERA

Professor: Diogo

2 ano

REINO MONERA

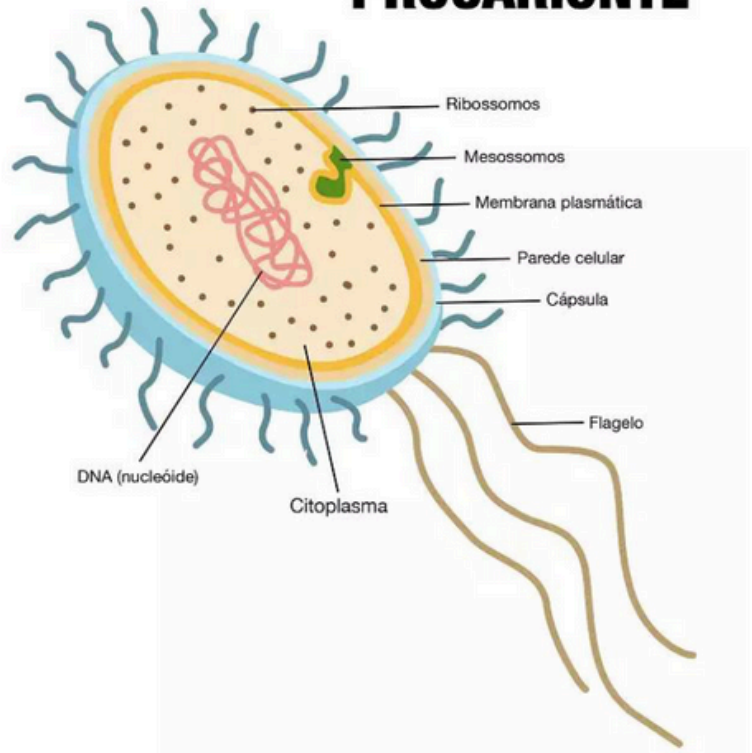
- O Reino Monera é um dos reinos dos seres vivos, caracterizado por organismos procariontes, unicelulares, autótrofos ou heterótrofos.
- O grupo do monera compreende as bactérias e as cianobactérias (algas azuis ou cianofíceas).



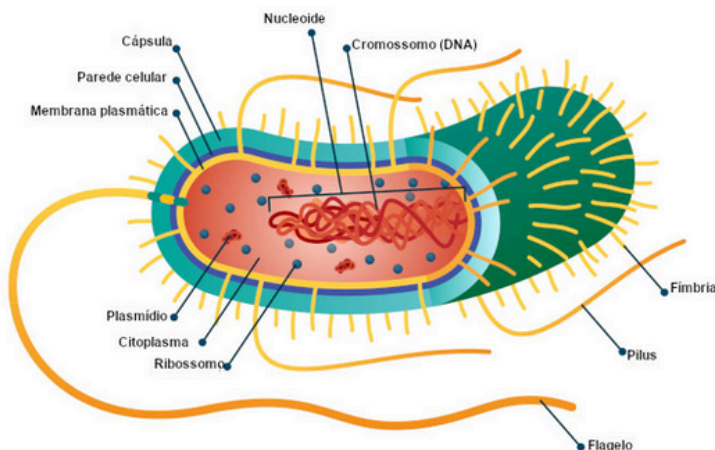
CARACTERÍSTICAS DO REINO MONERA

- **Autotrófico:** Organismo capaz de produzir seu próprio alimento. Exemplo: plantas, algas e algumas bactérias.
- **Heterotrófico:** Organismo incapaz de produzir seu alimento, necessitando de outro ser vivo para sua nutrição.
- **Unicelular:** é um organismo que consiste em apenas uma célula

CÉLULA PROCARIONTE



DISPOSIÇÃO DO DNA NO CITOPLASMA BACTERIANO



•Ausência de carioteca (membrana nuclear):

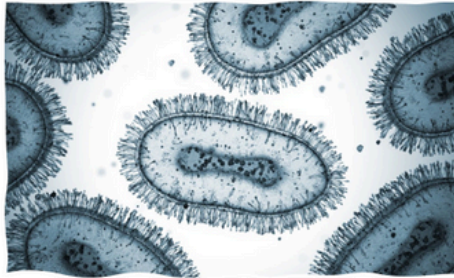
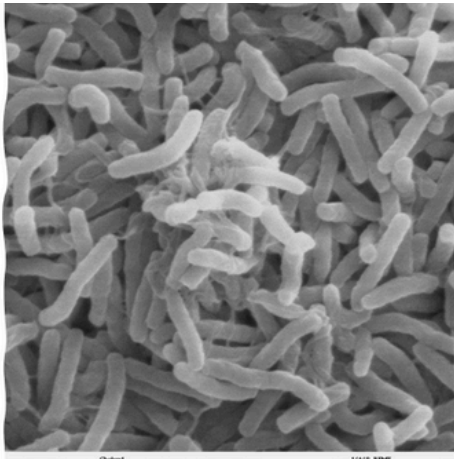
O material genético fica solto no citoplasma, sem estar envolto por uma membrana.

•DNA circular e único:

Possuem geralmente uma única molécula de DNA circular, que contém as informações genéticas da célula.

•Organização simples, mas funcional:

Mesmo sem núcleo organizado, o nucleóide comanda as funções vitais da bactéria, como metabolismo e reprodução.

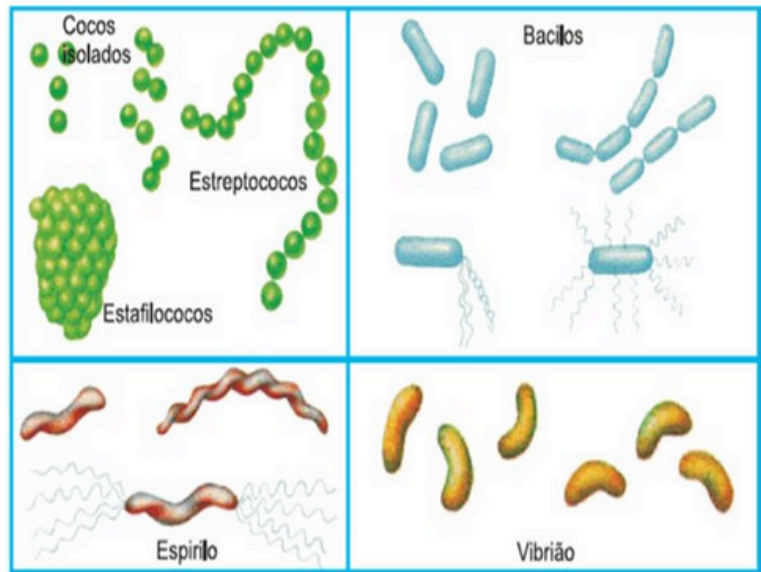


BACTÉRIAS

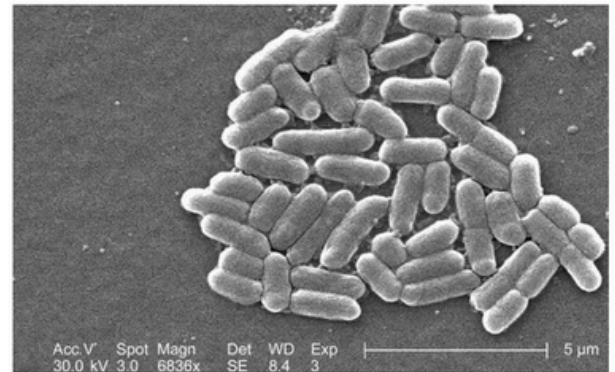
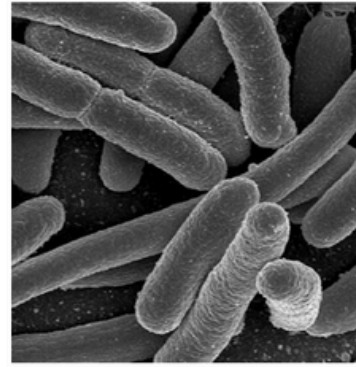
- As **bactérias** são microrganismos unicelulares que estão entre os **menores, mais simples e mais abundantes organismos do planeta**. A maioria não ultrapassa um micrômetro – a milésima parte do milímetro.
- Elas são encontradas em um grande diversidade de ambientes, como no **solo, na água doce, no mar, no ar, na superfície e no interior dos organismos e nos materiais em decomposição**.

MORFOLOGIA DAS BACTÉRIAS

- As bactérias podem viver isoladamente ou construir agrupamentos coloniais de diversos formatos.
- **Bacilos:** apresentam formas alongadas;
- **Cocos:** com formas esféricas. Porém, eles podem se associar formando diversos tipos de colônias: diplococos, estafilococos, estreptococos, pneumococos e tétrede.
- **Espirilos:** apresentam forma de espiral;
- **Vibriões:** em forma de vírgula.



O QUE É A *ESCHERICHIA COLI*?



Características da *Escherichia coli*

- Bactéria da família Enterobacteriaceae
- Formato de bastonete e flagelada (capaz de se mover)
- Cresce em meio complexo a 44–45 °C

Características

- Bactéria Gram-negativa

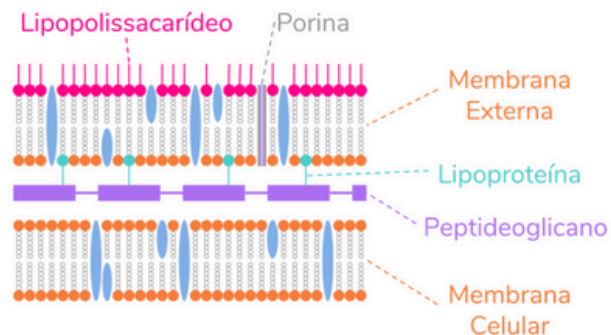
Resistência: parede celular externa dificulta ação de antibióticos

Presença no ambiente:

- Abundante em fezes humanas e animais
- Encontrada em esgotos, efluentes e águas contaminadas



A Parede Celular Gram Negativos



IMPORTÂNCIA DAS BACTÉRIAS

- Muitas bactérias são úteis para as nossas vidas, como o **ácido acético, usado para a fabricação do vinagre, os lactobacilos usados na fabricação de iogurtes, queijos e coalhadas**, como também as que vivem no trato digestivo e produzem vitaminas essenciais à saúde.
- As bactérias decompositoras permitem a decomposição da matéria orgânica morta, colaborando na reciclagem de diversos elementos.



REPRODUÇÃO DAS BACTÉRIAS

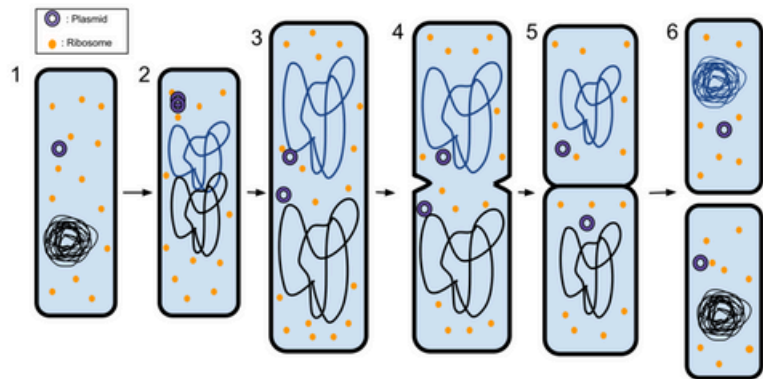
Tipo principal: Assexuada

Fissão Binária (Cisão Simples)

- Forma **duas células-filhas idênticas**

Características:

- Processo **rápido e eficiente**
- Pode ocorrer a cada 20 minutos em condições ideais
- Contribui para a **grande proliferação** bacteriana



Apesar de se reproduzirem assexuadamente, bactérias podem trocar material genético por:

- Conjugação
- Transformação
- Transdução

Aula 2 - Reino Monera e a Balneabilidade

Objetivos

- Conceituar balneabilidade.
- Relacionar *E. coli* com indicadores de contaminação fecal.

Contéudos

Conceito de Balneabilidade:

- ☐ Definição de balneabilidade (Resolução CONAMA 274/2000).
- ☐ Relação entre balneabilidade e saúde.
- ☐ Indicadores de qualidade da água, com foco na contaminação por coliformes fecais (*E. coli*).

Legislação sobre Balneabilidade:

- ☐ Limites microbiológicos estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000.
- ☐ Classificação da balneabilidade (excelente, muito boa, satisfatória, imprópria) de acordo com a concentração de *E. coli*.

Relação com Questões Climáticas:

- ☐ Discussão sobre o impacto das questões climáticas na qualidade da água e balneabilidade.
- ☐ Importância do monitoramento da qualidade da água para práticas recreativas.

Importância da Balneabilidade para a Saúde Pública:

- ☐ Relação entre a balneabilidade e a prevenção de doenças.
- ☐ Impactos da poluição bacteriana na saúde pública e ambiental.

Desenvolvimento da aula

Informações prévias dos alunos:

Solicitar que os alunos pesquisem notícias sobre balneabilidade e as tragam para a aula. Eles devem relacionar essas notícias com os conhecimentos já abordados sobre o Reino Monera, com foco na diversidade bacteriana e no envolvimento das bactérias na saúde humana e ambiental. Como pré-requisito, os estudantes já devem ter aprendido conceitos gerais sobre o Reino Monera, incluindo morfologia, formas de reprodução e as características da *Escherichia coli*.

Discussão inicial:

Iniciar a aula com uma discussão sobre a balneabilidade, utilizando as reportagens compartilhadas pelos alunos e outras reportagens que o professor pode trazer. Perguntar se sabem o que é balneabilidade e se já ouviram falar de *E. coli* em relação à qualidade da água. Relacionar o conceito de balneabilidade com as questões climáticas.

Em seguida, o professor deve apresentar o **conceito de balneabilidade** de forma mais detalhada, explicando seus critérios e sua importância para a saúde pública. Será apresentada também uma tabela com os parâmetros definidos pela **Resolução CONAMA n° 274/2000**, destacando os limites de *Escherichia coli* e os respectivos índices de qualidade da água.

Conceito de Balneabilidade:

De acordo com a Resolução Conama 274/2000, balneabilidade se refere à condição de uma área de água (como praias, rios e lagoas) ser adequada para práticas de recreação, como o banho, sem riscos à saúde humana. A balneabilidade é determinada principalmente pela quantidade de coliformes fecais, como a *E. coli*, uma bactéria indicadora de poluição e possíveis agentes patogênicos que podem causar doenças. A Resolução 274/2000 estabelece padrões microbiológicos para essas águas, com base em valores limites para a contaminação bacteriológica.

Balneabilidade e *E. coli*: Limites Estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000

CATEGORIA		<i>Escherichia coli</i> (NMP 100 mL)
	EXCELENTE	80% ou Mais no máximo 200 <i>E.coli</i>
PRÓPRIA	MUITO BOA	80% ou Mais no máximo 400 <i>E.coli</i>
	SATISFATÓRIA	80% ou Mais no máximo 800 <i>E.coli</i>
IMPRÓPRIA		Mais de 20% das 5 últimas amostras excederam 800 <i>E. coli</i>
		Maior que 2000 <i>E.coli</i> na última medição

Importância da Balneabilidade: Abordar a importância da balneabilidade para saúde pública e monitoramento da qualidade da água.

Material de Apoio

NSC Total

Como a balneabilidade das praias influencia no aumento dos casos de viroses no verão

A chegada do verão traz uma série de eventos "previsíveis" para essa época do ano. Filas para as praias, invasão de turistas e...

23 de jan. de 2025

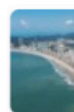


GZH

Praias catarinenses têm piora na balneabilidade, com 68 pontos impróprios para banho

Segundo o Instituto do Meio Ambiente (IMA), litoral de Santa Catarina possui 71,4% locais próprios para banho (170); no levantamento...

27 de dez. de 2024



ND Mais

Entenda como são feitos os testes que determinam a balneabilidade das praias de Santa Catarina

Em Florianópolis, uma dupla de guarda-vidas coleta amostras em 87 pontos das praias, de segunda a quarta-feira e, depois, entrega o material...

18 de jan. de 2023



NSC Total

Praia badalada de Florianópolis está na lista de pontos impróprios para banho; confira

Florianópolis teve redução no número de praias inadequadas para banho. Dos 87 pontos analisados pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA) entre...

14 de jan. de 2025



O que é Balneabilidade?

De acordo com a Resolução Conama 274/2000, balneabilidade se refere à condição de uma área de água (como praias, rios e lagoas) ser adequada para práticas de recreação, como o banho, sem riscos à saúde humana. A balneabilidade é determinada principalmente pela quantidade de coliformes fecais, como a *E. coli*, uma bactéria indicadora de poluição e possíveis agentes patogênicos que podem causar doenças. A Resolução 274/2000 estabelece padrões microbiológicos para essas águas, com base em valores limites para a contaminação bacteriológica.

CATEGORIA		<i>Escherichia coli</i> (NMP 100 mL)
	EXCELENTE	80% ou Mais no máximo 200 <i>E.coli</i>
PRÓPRIA	MUITO BOA	80% ou Mais no máximo 400 <i>E.coli</i>
	SATISFATÓRIA	80% ou Mais no máximo 800 <i>E.coli</i>
IMPRÓPRIA		Mais de 20% das 5 últimas amostras excederam 800 <i>E. coli</i>
		Maior que 2000 <i>E.coli</i> na última medição

Aula 3 - Monitoramento Ambiental a partir da Análise da qualidade da Água: Uma visita técnica ao Instituto do Meio Ambiente (IMA).

Objetivos

- Compreender a importância do monitoramento da qualidade da água e os métodos utilizados para sua análise.
- Conhecer o Instituto do Meio Ambiente (IMA) e o papel na gestão ambiental e no controle da qualidade dos recursos hídricos.
- Observar o funcionamento dos laboratórios e os procedimentos realizados na análise da água das praias.

Contéudos

Procedimento da Análise de Amostras da Água das praias:

- ☐ Importância da análise da qualidade da água.
- ☐ Técnicas de coleta de amostras de água.
- ☐ Métodos utilizados para testar a presença de bactérias, como a *Escherichia coli*.

Desenvolvimento

A visita técnica ao **Instituto do Meio Ambiente (IMA)**, localizado no bairro Monte Verde, em Florianópolis – SC, será realizada em **um único turno** e deverá ser viabilizada por meio de **transporte fretado pela escola**.

A saída da escola ocorrerá em horário previamente agendado, com todos os alunos embarcando juntos no veículo disponibilizado pela instituição de ensino. Durante o trajeto, os

estudantes serão acompanhados pelo professor responsável e por outro profissional da escola, ambos responsáveis pela supervisão e organização do grupo.

Ao chegarem ao IMA, os alunos serão recebidos pela **equipe técnica do Instituto**, que conduzirá o primeiro momento da visita, consistindo na **apresentação institucional**. Nesse momento, será realizada uma breve introdução sobre as funções, atribuições e a importância do IMA.

O Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) é uma entidade pública estadual criada em 2017, em substituição à antiga FATMA. Com sede em Florianópolis e 16 Gerências Regionais distribuídas pelo estado, o órgão tem como missão principal garantir a preservação dos recursos naturais catarinenses. Dentre suas atribuições, um dos destaques é o monitoramento da balneabilidade do litoral, realizado desde 1976, por meio da análise da qualidade das águas para banho humano. As coletas seguem os critérios da Resolução Conama 274/2000 e são feitas semanalmente no verão e mensalmente no restante do ano, com os resultados da qualidade da água sendo divulgados para a população em geral. Além disso, o IMA executa programas e ações voltados à conservação ambiental e ao incentivo à sustentabilidade no estado (IMA, 2025).

Visita ao Laboratório: Os alunos acompanharão o processo de análise de amostras de água. O técnico do IMA pode explicar como as amostras são coletadas, como os testes são feitos para detectar bactérias como a *E. coli*.

Observação de Equipamentos: Os alunos poderão visualizar os equipamentos utilizados para realizar a análise de água e aprender sobre as tecnologias aplicadas no processo.

Aula 4 - Bactérias na água: como as mudanças climáticas impactam a balneabilidade?

Objetivos

- Relacionar o impacto das mudanças climáticas com os conteúdos estudados.
- Explicar o conceito de eventos extremos.
- Discutir possíveis ações de adaptação e mitigação das mudanças climáticas para uma melhor gestão costeira.

Contéudos

Eventos Extremos

- ☐ O que são eventos climáticos extremos e como têm se intensificado com as mudanças climáticas.

Análise de Dados Meteorológicos

- ☐ Leitura e interpretação de gráficos e tabelas.

Impactos Ambientais e na Saúde

- ☐ Relação entre chuvas fortes, *E. coli* e balneabilidade.

Saneamento Básico e Infraestrutura Costeira

- ☐ Diferença entre ETE e SI.
- ☐ Como o saneamento influencia a qualidade da água.

Gestão Costeira e Sustentabilidade

- ☐ Discussão sobre estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Desenvolvimento da aula

A aula vai ocorrer de forma expositiva e, após uma breve introdução sobre mudanças climáticas, começa com a seguinte pergunta: “**O que são eventos extremos?**”

Em seguida, deve ser apresentada a seguinte definição:

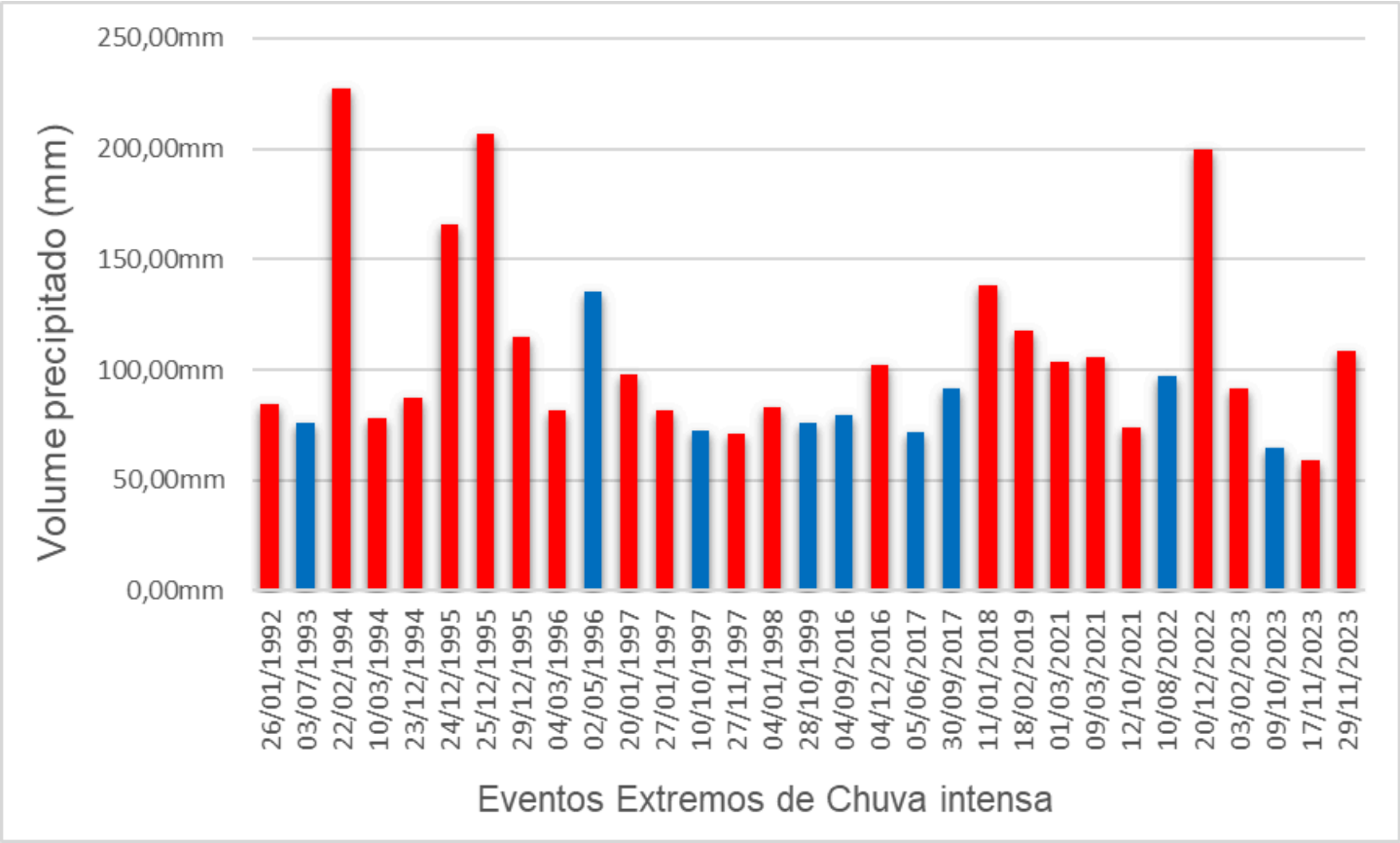
Eventos extremos - são fenômenos climáticos ou meteorológicos que ocorrem com intensidade acentuada e fora dos padrões considerados normais, como secas prolongadas, chuvas intensas e ondas de calor (GREENPEACE BRASIL, 2025).

Após a definição, é explicado que a aula tem como foco os **eventos extremos de precipitação na Ilha de Santa Catarina**, destacando sua importância tanto ambiental quanto social, especialmente em regiões turísticas.

Apresenta-se que serão utilizados **dados reais de precipitação referentes aos últimos 31 anos (1992 a 2023)**, com o seguinte destaque:

Este guia sugere como fonte os resultados da análise dos dados de precipitação no período de 31 anos (1992 a 2023) na Ilha de Santa Catarina, que identificou 31 eventos extremos de chuva intensa. Esses dados podem ser utilizados para discutir a frequência das chuvas intensas nas diferentes estações e relacioná-los com os períodos de maior fluxo de pessoas devido à atividade turística.

Eventos Extremos de Chuva intensa identificados na Ilha de Santa Catarina no período entre 1992 a 2023. Em vermelho, as barras que correspondem aos meses entre novembro e março (alta temporada).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Eventos de chuva intensa entre 2016 e 2023. Os eventos com os maiores índices pluviométricos estão em destaque na tabela.

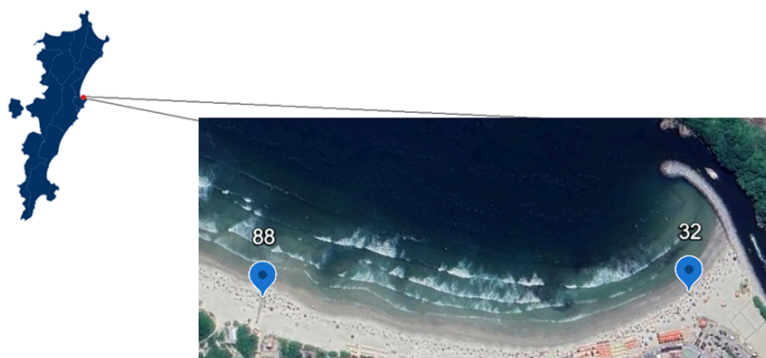
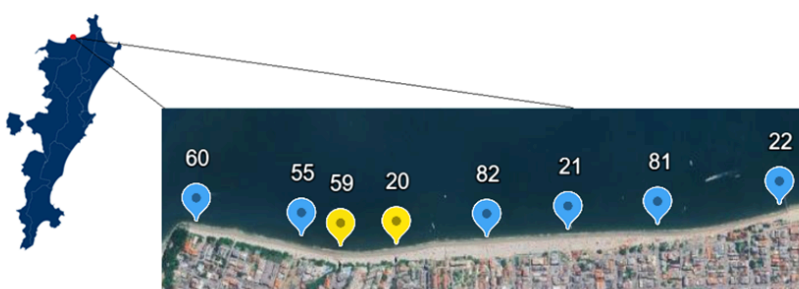
Data	Precipitação Total (mm)
04/12/2016	102,4
11/01/2018	138
18/02/2019	117,4
01/03/2021	103,8
09/03/2021	105,8
20/12/2022	200
03/02/2023	91,8
17/11/2023	58,8
29/11/2023	108,6

Após a explicação inicial, por meio do gráfico e da tabela apresentados, os discentes têm a oportunidade de interpretá-los, permitindo a análise da frequência dos eventos extremos de precipitação durante o período em questão e sua relação com as estações mais chuvosas do ano, que correspondem à alta temporada em Santa Catarina.

Análise das praias

Em seguida, serão mostradas as imagens das praias do estudo que foram utilizadas para analisar os impactos dos Eventos Extremos na Balneabilidade:

Praias com estação de Tratamento de Esgoto (ETEs): Canasvieiras, Jurerê e Barra da lagoa.



Praias com sistema individual (SI): Ingleses, Campeche e Armação do Pântano do Sul.



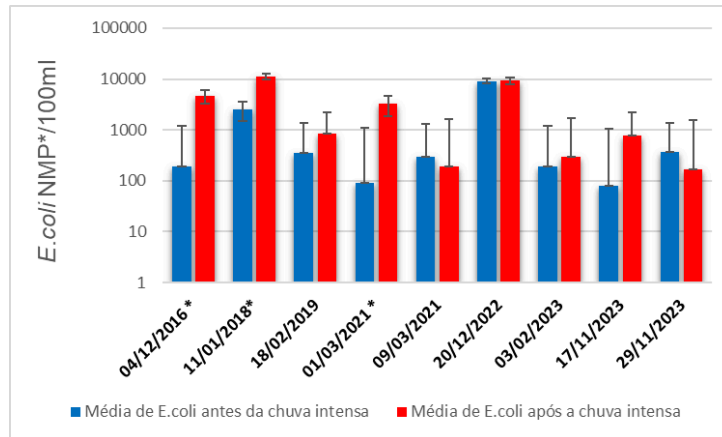
Após a apresentação das praias utilizadas no estudo, serão exibidos os gráficos com a média de *E. coli* na semana anterior à chuva intensa e na semana seguinte ao evento identificado.

Em seguida os alunos deverão ser divididos em grupos e propor que discutam as seguintes questões:

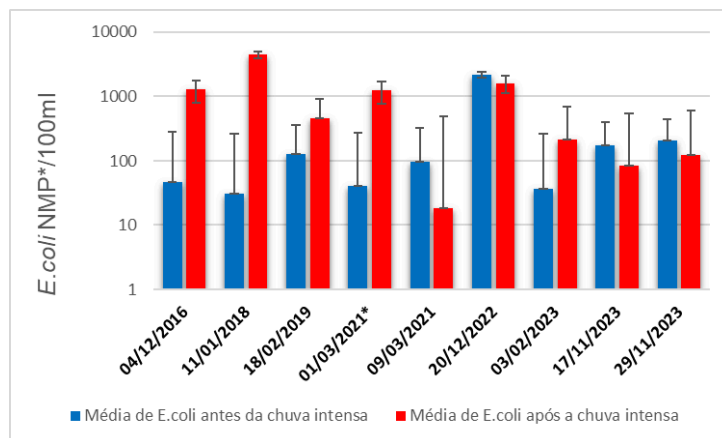
- Houve aumento nos níveis de *E. coli* na semana seguinte ao evento extremo? Em quais praias o aumento foi mais significativo?
- Quais fatores podem ter contribuído para esse aumento?

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

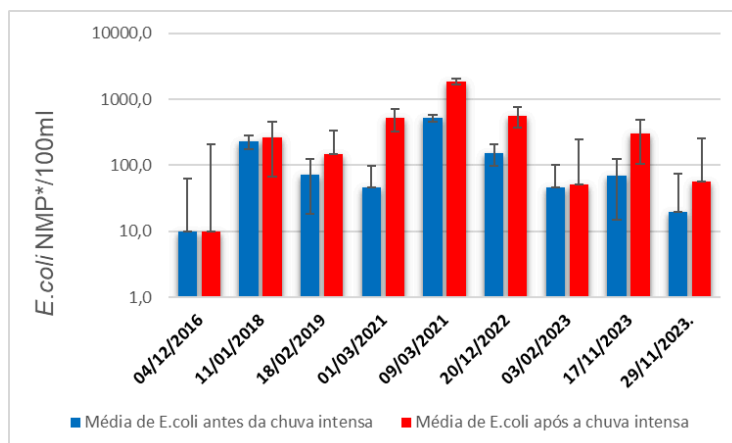
Canasvieiras



Jurerê

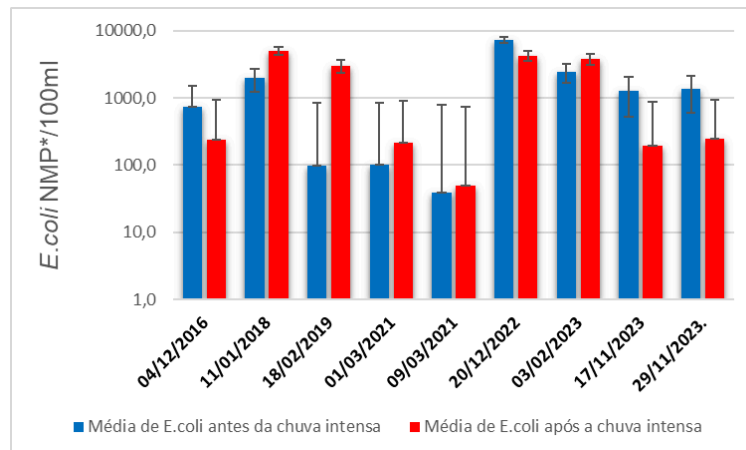


Barra da Lagoa

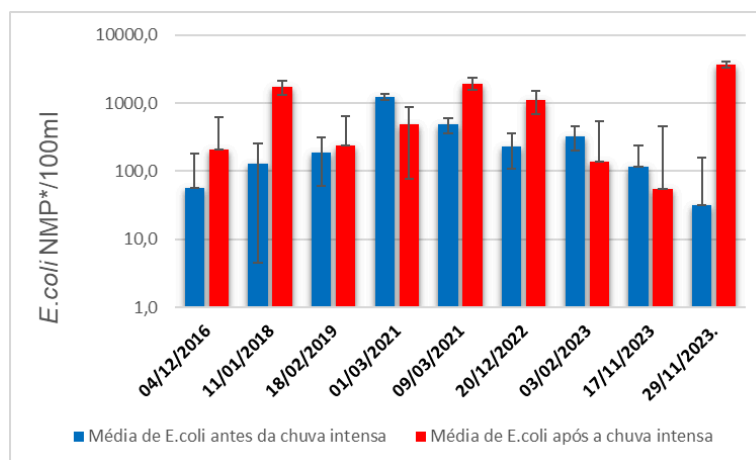


Sistema Individual (SI)

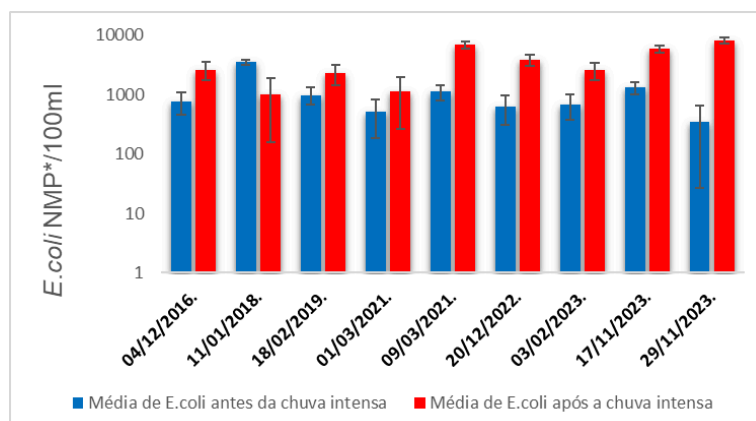
Ingleses



Campeche



Armação do Pântano do Sul



Para finalizar a aula, é proposto uma **discussão coletiva** com os alunos sobre os impactos das mudanças climáticas na qualidade da água das praias e sobre quais **medidas podem contribuir para mitigar esses impactos**, promovendo uma melhor gestão costeira.

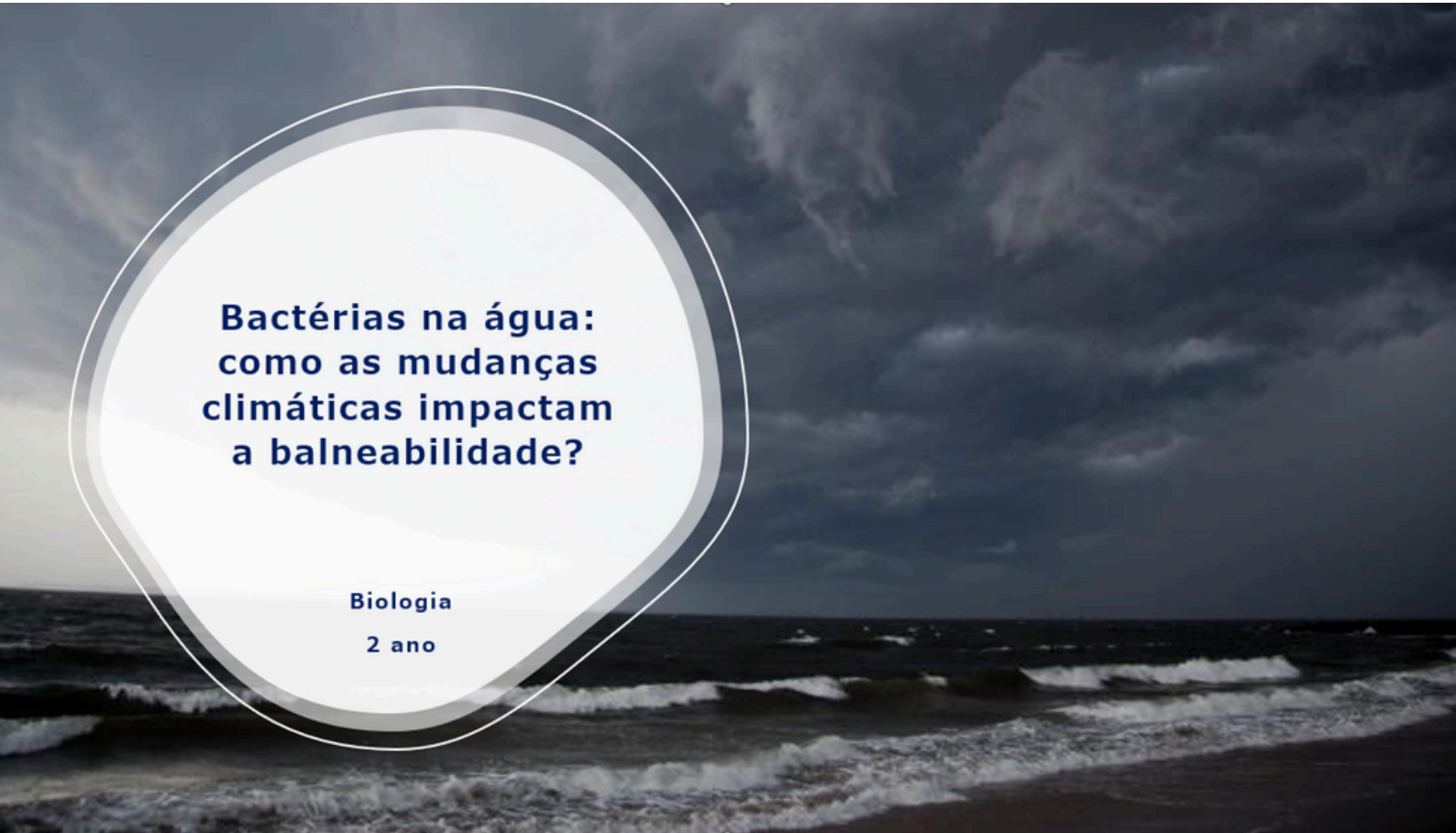
Entre os pontos a serem abordados, destacam-se:

- O aumento da frequência de eventos extremos, como chuvas intensas;
- A contaminação da água por escoamento superficial e irregularidades no sistema de saneamento;
- Os riscos à saúde pública e à balneabilidade das praias;
- Os danos ambientais e econômicos ao turismo e à pesca.

Ressalta-se que a **adaptação das áreas costeiras às mudanças climáticas** deve envolver a **participação ativa da comunidade**, o **engajamento das universidades** e o **apoio efetivo dos órgãos públicos**. Além da produção de conhecimento científico, é fundamental manter um **monitoramento contínuo**, com o objetivo de **reduzir os impactos negativos dos eventos climáticos extremos**, tanto no meio ambiente quanto na população, promovendo, assim, um **desenvolvimento verdadeiramente sustentável**.

Material de Apoio

Aula - 04



**Bactérias na água:
como as mudanças
climáticas impactam
a balneabilidade?**

Biologia
2 ano

Mudanças Climáticas

Alterações de longo prazo nas temperaturas e padrões climáticos.

Desde o século XIX, a principal causa tem sido as atividades humanas.

A queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) é a maior responsável.

Cada aumento na temperatura intensifica os perigos climáticos, como:

- Ondas de calor mais intensas.
- Chuvas mais pesadas.
- Eventos climáticos extremos.
- Riscos crescentes para a saúde humana e os ecossistemas.

Eventos Extremos

O que são eventos extremos?

Eventos extremos são fenômenos climáticos ou meteorológicos que ocorrem com intensidade acentuada e fora dos padrões considerados normais, como secas prolongadas, chuvas intensas e ondas de calor (GREENPEACE BRASIL, 2025).



Eventos Extremos de Chuva intensa identificados na Ilha de Santa Catarina no período entre 1992 a 2023.

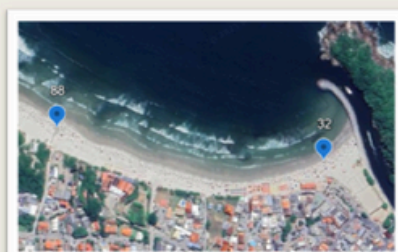
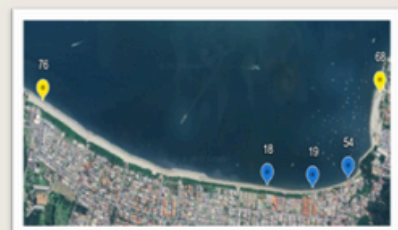
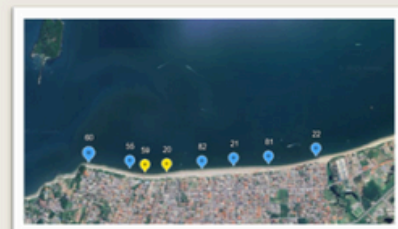


Eventos de chuva intensa dos últimos 8 anos (2016 a 2023).

Data	Precipitação Total (mm)
04/12/2016	102,4
11/01/2018	138
18/02/2019	117,4
01/03/2021	103,8
09/03/2021	105,8
20/12/2022	200
03/02/2023	91,8
17/11/2023	58,8
29/11/2023	108,6

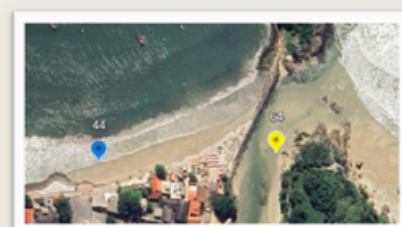
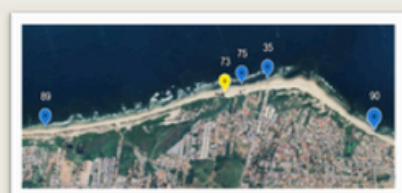
Análise das praias (ETE)

- ✓ Praias com Estação de Tratamento de Esgoto (ETE);
- ✓ Canasvieiras, Jurerê e Barra da Lagoa



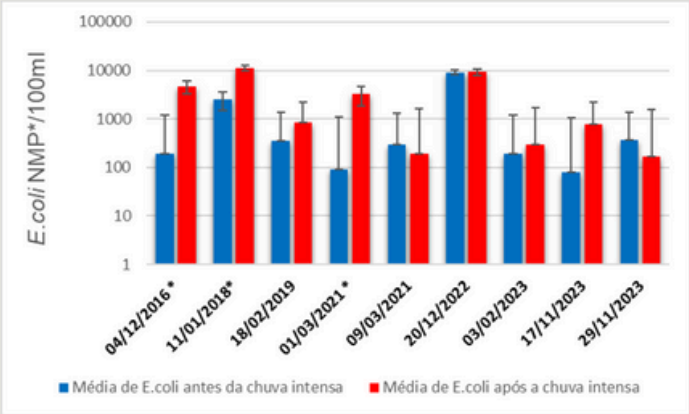
Análise das praias (SI)

- ✓ Praias com Sistema Individual (SI);
- ✓ Ingleses, Campeche e Armação do Pântano do Sul.

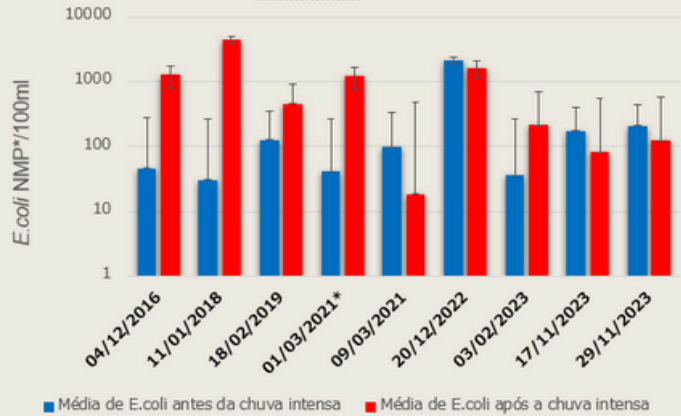


Média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte após a chuva intensa.

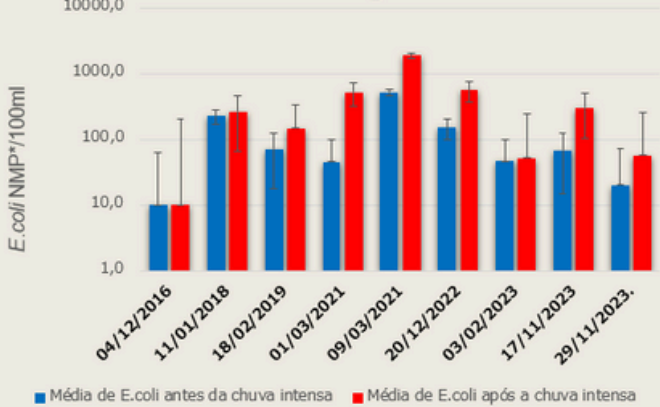
Canasvieiras



Jurerê

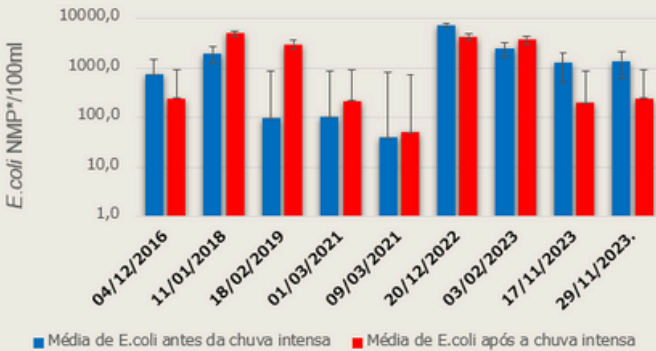


Barra da Lagoa

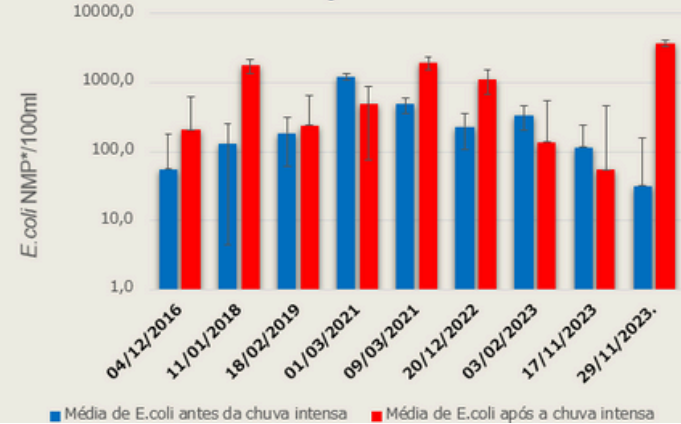


Média de *E. coli* uma semana antes de cada evento e na semana seguinte após a chuva intensa.

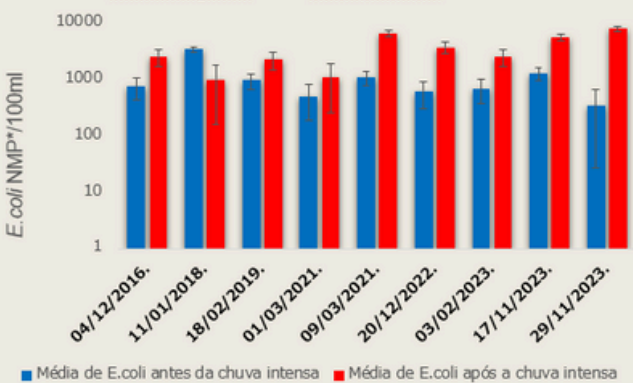
Inglese



Campeche



Armação do Pântano do Sul

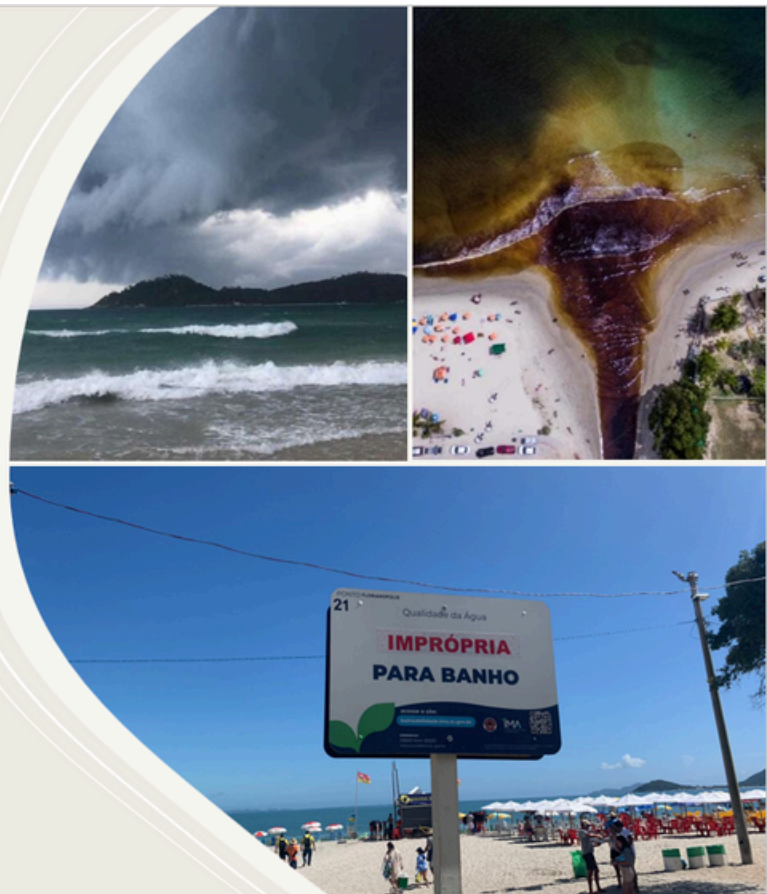


Discussão

Quais os impactos das mudanças climáticas na qualidade da água das praias? E como podemos enfrentá-los?

Impactos das Mudanças Climáticas

- ✓ Aumento da frequência de **eventos extremos**, como **chuvas intensas**.
- ✓ **Contaminação** da **água** por **escoamento superficial** e **irregularidades no saneamento**.
- ✓ **Risco** à **saúde pública** e à **balneabilidade das praias**.
- ✓ **Danos ambientais** e **econômicos** ao **turismo** e à **pesca**.





Medidas para Amenizar os Impactos das Mudanças Climáticas

PARTICIPAÇÃO ATIVA DA COMUNIDADE NAS DECISÕES E CUIDADOS COM O AMBIENTE.

APOIO DAS UNIVERSIDADES PARA GERAÇÃO E DIFUSÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO.

ATUAÇÃO DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS COM POLÍTICAS INTEGRADAS DE GESTÃO COSTEIRA.

MONITORAMENTO CONTÍNUO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO CLIMA.

PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL COM FOCO NA ADAPTAÇÃO.

Proposta de Avaliação

Produto final: Relatório da visita e Apresentação de gráfico interpretativo

Tamanho do relatório: de 2 a 3 páginas (pode incluir fotos da visita e imagens dos conteúdos relacionados ao tema)

Orientações para os grupos:

- O relatório deve relatar a experiência da visita técnica, como local, atividades realizadas e observações.
- A importância do Instituto para Qualidade Ambiental.
- Como os conteúdos discutidos em sala se relacionam com a visita (Balneabilidade, Impactos ambientais, *E.coli*).

Análise de gráfico:

Cada grupo receberá **um gráfico da dissertação Eventos extremos de precipitação associados à balneabilidade na Ilha de Santa Catarina**. (ex.: gráfico de Canasvieiras mostrando a relação entre precipitação e *E. coli*).

Os alunos devem **interpretar o gráfico**, explicando os padrões observados e **relacionando com os conceitos aprendidos**.

Podem responder a perguntas como:

- O que o gráfico mostra?
- Ocorre relação entre chuvas fortes e piora da balneabilidade?
- Como isso está relacionado com o que foi observado na visita técnica?

Apresentação

Cada grupo irá apresentar em sala os resultados observados da análise do gráfico.

Refêrências

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf. Acesso em: 25 Abril. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000.** Define os critérios e os padrões de balneabilidade das águas. Diário Oficial da União, Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=227>. Acesso em: 25 fev. 2025.

CASTILHO, Rubens. Reino Monera. *Toda Matéria*. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/reino-monera/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

GREENPEACE BRASIL. Eventos extremos. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/informe-se/justica-climatica/eventos-extremos/>. Acesso em: 9 abr. 2025.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. *Bio: volume 2*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2020.

ROESNER, Diogo Ricardo. *Eventos extremos de precipitação associados à balneabilidade na Ilha de Santa Catarina*. 2025. Dissertação (Mestrado Profissional em Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2025.

UNITED NATIONS. Climate change. Disponível em: <https://www.un.org/en/global-issues/climate-change>. Acesso em: 9 abr. 2025.

Agradecimentos

