QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E BALNEABILIDADE: UM ESTUDO EM CANAIS DE DRENAGEM DE SANTOS (SP)

MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER AND BATHING SUITABILITY: A STUDY IN DRAINAGE CHANNELS OF SANTOS (SP)

Bianca de Sousa Leal, Khaianny Brito da Silva dos Santos Rodrigues, Mariana Félix da Cunha, Alessandro Alves de Almeida

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Ciências Biológicas, Curso de Ciências Biológicas
E-mail para contato: biah.sousa16@gmail.com; khaiannyrodrigues@hotmail.com; marifelix.cunha@gmail.com

RESUMO – Entre os séculos XIX e XX, Santos enfrentou epidemias devido ao saneamento precário. Para controlar enchentes e o fluxo de águas pluviais e do mar, Saturnino de Brito projetou, em 1906, um sistema de canais com comportas. Atualmente, o intenso turismo aumenta o risco de contaminação das praias, já que a abertura das comportas pode lançar águas poluídas no mar. O presente estudo analisou amostras de água dos canais 3, 4 e do mar entre eles, utilizando frascos esterilizados. Foram identificadas E. coli e Enterococos por filtração em membranas, diluições sequenciais e incubação em meios seletivos. Os dados mostraram temperatura e pH dentro dos limites do CONAMA, mas oxigênio dissolvido (OD) baixo. Os canais apresentaram maior presença de bactérias, especialmente o C3, enquanto o mar teve concentrações menores, indicando diluição da contaminação.

Palavras-chave: Contaminação; Análise; *E. coli*; enterococos; Água.

ABSTRACT – Between the 19th and 20th centuries, Santos faced epidemics due to poor sanitation. To control flooding and the flow of rainwater and seawater, Saturnino de Brito designed a system of canals with floodgates in 1906. Currently, intense tourism increases the risk of beach contamination, as opening the floodgates can release polluted water into the sea. The present study analyzed water samples from channels 3 and 4 and the sea between them, using sterilized bottles. E. coli and Enterococci were identified by membrane filtration, sequential dilutions, and incubation in selective media. The data showed temperature and pH within CONAMA limits, but low dissolved oxygen (DO). The canals had a higher presence of bacteria, especially C3, while the sea had lower concentrations, indicating dilution of contamination.

Keywords: Contamination; Analysis; *E. coli*; enterococci; Water

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o site oficial da Prefeitura de Santos, entre o final do século XIX e início do século XX, grandes epidemias de doenças como varíola e peste bubônica mataram muitos cidadãos da cidade de Santos, devido ao saneamento precário. Por conta dessa situação, tornou-se necessária a criação de um sistema de coleta do esgoto, para que afastasse esses resíduos da água usada diariamente pela população. O engenheiro sanitarista, Saturnino de Brito, projetou canais com sistemas de comportas. As obras iniciaram-se em 1906 com o objetivo de que em dias chuvosos, as comportas fossem abertas gradualmente para que a água dos canais não evadisse rapidamente para o oceano e a água do mar, não invadisse a cidade (Prefeitura de Santos, 2012)

No litoral de São Paulo (Baixada Santista), ao longo do ano possui grande atividades turísticas, especialmente durante as festas de fim de ano e feriados. Esse aumento populacional eleva os riscos de contaminação dos corpos hídricos e das areias por agentes patogênicos (Pinto, 2010). Na cidade de Santos, os canais de drenagem possuem comportas que regulam a saída das águas pluviais, prevenindo enchentes no município. No entanto, a abertura dessas comportas direciona águas contaminadas para o mar, podendo comprometer a qualidade das praias (CETESB, 2022).

A Resolução nº 274/2000 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) determina que a bactéria enterococos seja utilizada como indicador de contaminação fecal, pois apresenta maior resistência em ambientes salinos, permitindo a definição de padrões de balneabilidade para águas marinhas (BRASIL, 2001). Além disso, segundo Vasconcelos (2024), a bactéria *Escherichia coli*, de origem fecal e encontrada no sistema digestório de animais, é amplamente utilizada para determinar a qualidade das águas sendo está própria ou imprópria para banho.

No estado de São Paulo, a CETESB realiza a classificação das praias por meio do monitoramento de amostras coletadas em pontos estratégicos. Esses pontos são selecionados com base na frequência de banhistas, no formato da praia e no potencial risco de poluição fecal (CETESB, 2023). O mar, sendo o ambiente mais procurado para lazer e pesca artesanal, exige um monitoramento constante da balneabilidade desses ecossistemas (Barbosa et al., 2022).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo coletar e analisar amostras de água do mar e de dois canais de drenagem da cidade de Santos, avaliando sua qualidade com base nas análises microbiológicas.

2. MATERIAIS E METODOS

No atual estudo foram realizadas análises microbiológicas da água coletada nos canais 3, 4 e na água do mar entre os respectivos canais (Figura 1). Com intenção de quantificar a presença da bactéria *E. coli* por ser tratar de bactéria gram-negativa e indicadora de presença de contaminação por esgoto sanitário, assim como quantificar a presença de enterococos, grupo de bactérias gram-positiva resiste em ambiente de água salina.

Figura 1: Localização dos pontos de amostragem
(GOOGLE, 2025)



2.1.Determinação de *E. coli, enterococos e* coliformes totais.

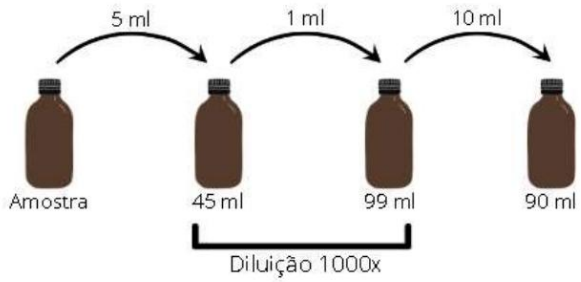
Para coleta de água foi utilizado frascos âmbar de 250ml, onde passaram por processo de lavagem especial e esterilização em autoclave vertical. As amostras foram coletadas utilizando o próprio frasco âmbar, com auxílio de luvas de procedimento e limpo com álcool 70%. Para a determinação de *E. coli* e enterococos nas amostras, adotamos a técnica da filtração em membranas. Essa técnica se baseia na filtração de volumes adequados de água, mediante

pressão negativa (vácuo), através de membrana filtrante estéril com porosidade de 0,45µm, na qual bactérias com dimensões maiores que os poros, ficaram retidas na superfície da membrana (CETESB, 2007 e APHA, 2017).

As amostras coletadas passarão por um processo de homogeneização por aproximadamente 25 vezes utilizando uma inclinação aproxima de 45°, com o auxílio de uma pipeta graduada devidamente esterilizada para realizar a transferência de 5 ml da amostra para um frasco âmbar contendo 45 ml de água de diluição estéril. A partir da primeira diluição, transferir 1 ml para o próximo frasco contendo 99 ml da água de diluição, assim obtendo uma diluição final de 1000 vezes a partir da amostra inicial. Por último, transferir 10 ml para o frasco contendo 90 ml da água de diluição, sendo este o último volume que servirá como meio de suporte para a transferência de possíveis bactérias existentes na amostra, possibilitando uma distribuição mais uniformemente na superfície da membrana durante a filtragem (figura 2).

Posteriormente foi incubada em placas de petri com meios de cultura Chromogenic Coliforms Agar (CCA) ISO para determinação de *Escherichia coli* e Slanetz-Bartley Medium W/O TTC ISO 7899-2 para determinação de enterococos. As placas ficaram em estufa bacteriológica a 35 ± 0,5ºC por 22-24 horas, os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por 100 ml.

Figura 2: Sequência de diluição de 1000 vezes a partir da amostra inicial.
(ALMEIDA, 2025)



2.2.Parâmetros físico-químicos

Para os resultados obtidos nas análises físico-químicas, foram utilizados valores de referências que constam na Resolução CONAMA n.º 357/2005 (Brasil, 2005), tendo em vista de não haver um enquadramento oficial sobre a classe definida quanto ao corpo d'água, sendo água salobras classificadas como classe 1.

Os parâmetros utilizados, o pH e oxigênio dissolvidos (OD), constam os limites na resolução. A avaliação da qualidade da água envolve diferentes parâmetros físico-químicos, como pH, oxigênio dissolvido e temperatura, essenciais para a caracterização e o acompanhamento dos corpos hídricos (Brasil, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise dos parâmetros físico-químicos da coleta 1

As análises físico-químicos (tabela 1) apresentaram temperatura entre 19,6 e 21,5 °C, pH entre 7,3 e 7,9, dentro dos valores estabelecidos de acordo com a Resolução CONAMA n.º 357/2005. O oxigênio dissolvido (OD) variou entre 2,61 e 3,19 mg/L, com valores abaixo do mínimo recomendado, indicando possível aporte de matéria orgânica. A salinidade oscilou de 0 a 34, evidenciando influência tanto marinha quanto de águas efluentes.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos realizados nas amostras da primeira coleta realizada em julho de 2025 no período da manhã. Resolução CONAMA n.º 357/2005 (Brasil, 2005).

Parâmetros	C3	Mar 1	Mar 2	Mar 3	C 4	CONAMA 357/05
Temperatura (Cº)	21	21,2	19,6	19,9	21,5	-
pH	7,3	7,85	7,94	7,95	7,62	6,5 a 8,5
OD (mg/L)	3,19	2,68	2,61	2,65	3,14	≥5,0SAL ≥6,0SAL
Salinidade	0	34	34	34	0	

3.2. Resultados das análises microbiológicas coleta 1

Para as análises microbiológicas da primeira coleta (tabela2), o contaminante *E. coli* apresentou valores de 401 UFC/100ml, com destaque para o ponto C4, que apresentou valores mais elevados em relação aos outros pontos. Entretanto para enterococos obteve valores de 1134 UFC/100ml, com maior contaminação no C3. Já os coliformes totais apresentaram valores de 653 UFC/100 ml, novamente com destaque para o ponto C4.

Tabela 2. Resultados das análises microbiológicas em diferentes pontos de monitoramento da primeira coleta (julho/2025).

	C3	Mar 1	Mar 2	Mar 3	C4
E. coli	217	13	4	5	401
Enterococos	1134	19	5	8	864
Coliformes totais	537	134	3	0	653

3.3. Análise dos parâmetros físico-químicos da coleta 2

Para segunda coleta (setembro/2025) as análises físico-químicas foi possível observar, temperaturas variando entre 22 e 26 °C, pH estável, variando de 7,61 a 7,86, dentro do limite estabelecido na CONAMA 357/2005. Para o OD apresentou valores mais baixos em alguns pontos entre 3,52 e 4,69 mg/L, permanecendo abaixo do recomendado (≥ 5,0 mg/L), sugerindo redução uma maior atividade biológica ou aporte de poluentes. A salinidade manteve-se um pouco acima (36 a 37), indicando forte influência marinha (tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos realizados nas amostras da segunda coleta realizada em setembro de 2025 no período da tarde.
Resolução CONAMA n.º 357/2005 (Brasil, 2005)

Parâmetros	C3	Mar 1	Mar 2	Mar 3	C 4	CONAMA 357/05
Temperatura (Cº)	24	22,5	22	22,5	24	-
pH	7,61	7,82	7,69	7,74	7,86	6,5 a 8,5
OD (mg/L)	4,34	4,48	4,22	4,69	3,52	≥5,0SAL ≥6,0SAL
Salinidade	37	36	36	36	37	

3.4. Resultados das análises microbiológicas coleta 2

Para as análises microbiológicas da segunda coleta (Tabela 4), o contaminante E. coli apresentou valores de 873 UFC/100 mL, com destaque para o ponto C4, tendo valores mais elevados em relação aos demais pontos. Para enterococos foi possível observar valores de 554 UFC/100 mL sendo o ponto C4 com a maior contaminação. Os coliformes totais apresentaram valores de 363 UFC/100 mL, com o ponto C4 se destacando novamente, evidenciando a presença de matéria orgânica e provável poluição de origem fecal, como também observado

por Almeida (2025), que relataram aumento significativo desses microrganismos após períodos de chuva, especialmente em canais de drenagem urbana.

Tabela 4. Resultados das análises microbiológicas em diferentes pontos de monitoramento da segunda coleta (setembro/2025).

	C3	Mar 1	Mar 2	Mar 3	C4
E. coli	5	1	7	5	873
Enterococos	27	8	10	15	554
Coliformes totais	10	0	0	0	363

4. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo evidenciaram que a primeira coleta, realizada em condições climáticas estáveis, apresentou os maiores valores de *E. coli* e enterococos, indicando contaminação fecal nesse cenário. Já na segunda coleta, realizada após a precipitação, houve uma redução no crescimento das bactérias analisadas, sugerindo que a diluição pelo aumento do volume hídrico e a dispersão dos contaminantes podem ter contribuído para esse resultado. Os resultados deste estudo reforçam a influência das condições ambientais e climáticas sobre a poluição nas praias e destacam a necessidade de monitoramentos contínuos e padronizados para a avaliação da qualidade sanitária desses ambientes.

5. REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1999.

ALMEIDA, A. A.; Análise da qualidade das águas dos canais de drenagem pluvial de Santos (São Paulo, Brasil) e a sua influência na balneabilidade das praias durante eventos de precipitação. 2025. Dissertação (Mestrado em Auditoria Ambiental) – Universidade Santa Cecília, Santos, 2025.

BARBOSA, A. C; ASSIS, A. B. C; SOARES, A. J. V. M; SILVA, E. J. F; PAIVA, J. S; FORTUNATO, J. G. L. A; SILVA, M. E. P; SILVA, Á. F. S; LINS, U. M. B. L; PAIVA, S. C; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Caracterização físico-química e microbiológica da água do mar das praias do litoral de Pernambuco. Research, Society and Development, v. 11, n. 15, 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 18, pág. 70-71, 25 jan. 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo – Relatório 2022. São Paulo: CETESB, 2023.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. L5.241: coliformes totais determinação pela técnica de membrana filtrante – método de ensaio. São Paulo, 2007. Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br >. Acesso em 30 de set. de 2025.

DE ALMEIDA, A. A., & RIBEIRO, R. B. (2024). Influência da Precipitação na Balneabilidade e Qualidade da Água das Praias e Canais de Drenagem de Santos. Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação, 8(1), 229-233.

GOOGLE. Google Earth. [S.l.]: Google, 2025. Disponível em: https://earth.google.com. Acesso em: 01 jul. 2025.

PARENTE, K. S. A questão da balneabilidade nas praias: o caso dos municípios de Santos e São Vicente. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 2, 2004.

PREFEITURA DE SANTOS. 2012. Disponível em: <http://www.santoscidade.com.br/historia.php> Acesso em: 09 de junho de 2025.

VASCONCELOS, O. L. S. Avaliação da contaminação microbiológica em praias de macromaré: uma proposição de metodologia. Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 2024.