VI-324 - AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM ÁREA COSTEIRA POR EMISSÁRIOS SUBMARINOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Renato Castiglia Feitosa [(1)]
Engenheiro Civil pela UERJ. Doutor em Engenharia Oceânica COPPE/UFRJ. Pesquisador Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP) - Fiocruz.

Lorena da Graça Pedrosa de Macena [(2)]
Bióloga Marinha pela Universidade Federal Fluminense. Mestre em Ciências e Biotecnologia pela Universidade Federal Fluminense. Doutora em Biologia Celular e Molecular pelo Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. Laboratório de Virologia Comparada e Ambiental.

Marcelo Luiz Lima Brandão [(3)]
Biólogo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Mestre e doutor em Vigilância Sanitária pela Fundação Oswaldo Cruz. Pesquisador em Saúde Pública - Fiocruz

Adriana Gonçalves Maranhão [(4)]
Microbiologista e Imunologista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre e Doutora em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pesquisadora em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. Laboratório de Virologia Comparada e Ambiental.

Marize Pereira Miagostovich [(5)]
Graduação em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Ciências pelo Instituto Oswaldo Cruz. Pesquisadora em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. Laboratório de Virologia Comparada e Ambiental.

Endereço[(1)]: Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP) - Fiocruz. Laboratório de Controle de Microbiologia, Departamento de Controle de Qualidade, Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos) e Laboratório de virologia comparada e Ambiental (FIOCRUZ). Av. Brasil, 4365 - Manguinhos – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21040-900 - Brasil - Tel: (21) - e-mail: renato.feitosa@fiocruz.br.

RESUMO

A implantação de emissários marinhos de esgoto tem sido uma alternativa sanitária usada em todo o mundo para regiões costeiras densamente povoadas, embora existam questionamentos sobre seu impacto ambiental. Este estudo avaliou a contaminação microbiológica de área costeira de uma região metropolitana onde um emissário marinho é utilizado como solução sanitária para esgoto doméstico. Durante um ano de monitoramento, indicadores fecais bacterianos (IFB) foram medidos em 134 amostras de água do mar coletadas em duas zonas costeiras. Dez litros de amostras de água superficial foram coletados em quatro pontos ao longo da face praial e em cinco pontos localizados na zona ao largo da costa, no entorno do emissário marinho. De acordo com os indicadores bacterianos recomendados pela legislação, coliformes fecais, *Escherichia coli* e Enterococos, cerca de 76% (102/134) das amostras de água do mar foram classificadas como balneáveis ao utilizarmos pelo menos um desses IFBs. A análise espacial dos resultados demonstrou que os canais de drenagem da bacia hidrográfica que desaguam no mar são as principais fontes de contaminação microbiológica na face praial. O emissário marinho foi eficaz em distanciar, diluir e permitir que fatores ambientais reduzissem a contaminação microbiológica, entretanto seu uso não foi suficiente para resolver o problema da principal fonte de contaminação da face praial com origem nos ecossistemas aquáticos na Bacia Hidrográfica da Baixada de Jacarepaguá.

PALAVRAS-CHAVE: Emissário; esgoto; águas costeiras;; *Escherichia coli*; Enterococos

INTRODUÇÃO

Cidades costeiras densamente povoadas têm empregado emissários marinhos como uma alternativa para melhorar a balneabilidade das águas (Manning et al., 2019). No entanto, o uso desses sistemas de disposição oceânica tem sido questionado, uma vez que o lançamento de efluentes domésticos por meio de emissários marinhos mal projetados ou operados causam sérios danos à qualidade da água nessas regiões (Harari, 2019; Roth et al., 2016; Roveri et al., 2021). Entretanto, quando bem projetados emissários submarinos promovem o lançamento de efluentes domésticos em zonas suficientemente afastadas da costa de modo a promover significativa depuração da poluição microbiológica sem o comprometimento de regiões balneáveis.

Os efluentes são lançados no mar através de uma linha de difusores. Em cada difusor forma-se um jato efluente com velocidade muito maior que a ambiente, e com densidade significativamente menor. Consequentemente, há uma grande diferença de quantidade de movimento entre o efluente ejetado e a água ambiente. Tal diferença de quantidade de movimento gera o escoamento típico da zona de mistura ativa no campo próximo à linha difusora. Esta região é caracterizada pelo arraste e mistura da água do corpo receptor com o jato efluente, formando uma pluma flutuante. À medida que se afasta do difusor, a pluma vai ativamente se encorpando e subindo, até atingir uma elevação na qual as densidades se equilibram e igualam-se as quantidades de movimento da pluma efluente e do escoamento ambiente receptor. A partir daí, tem-se uma pluma neutra sendo transportada passivamente pelas correntes oceânicas, e degradada ao longo do tempo pela conjunção de condições ambientais de temperatura, salinidade e radiação solar.

Globalmente, a mensuração de parâmetros bacteriológicos são estratégias utilizadas para avaliar a balneabilidade das águas recreacionais e garantir a segurança dos banhistas (De Giglio et al., 2022). Segundo o CONAMA (BRASIL2000; 2005), indicadores fecais bacterianos (IFB) como Enterococos (ENT), Escherichia coli (E. coli) e coliformes fecais (CF) têm sido quantificados para este fim. No entanto, sugere-se o uso de ENT para a águas marinhas, pois são mais resistentes e versáteis à salinidade e condições ambientais adversas (Byappanahalli et al., 2012).

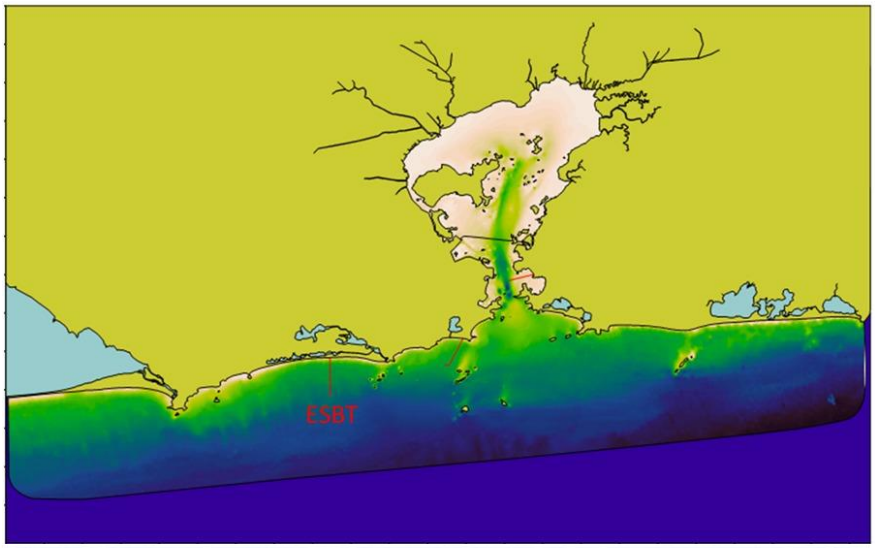
Este estudo teve como objetivo avaliar a contaminação microbiológica de uma área costeira da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, onde foi disposto um emissário como solução sanitária para esgotamento sanitário urbano, com base numa campanha de monitoramento microbiológico (IFB), durante um ano, de amostras de águas ao longo da praia da Barra da Tijuca e com amostras superficiais e subsuperficiais na zona ao largo da costa, no entorno do emissário.

MATERIAIS E MÉTODOS

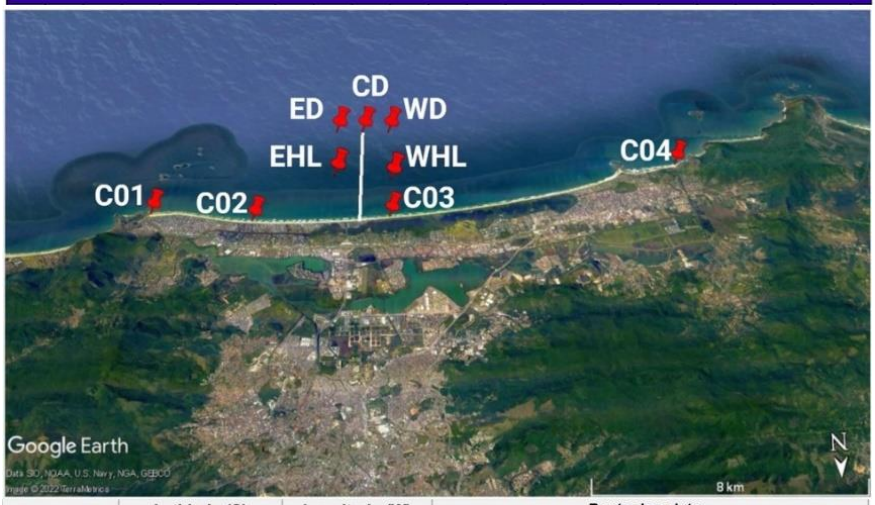
O emissário submarino da Barra da Tijuca (ESBT), está localizado na parte sul da cidade do Rio de Janeiro (Figura 1A). A Praia da Barra da Tijuca, localizada entre dois maciços recebe a água drenada da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá, conectando-se ao mar por duas saídas, uma a oeste pelo Canal de Sernambetiba e outra, a leste, pelo Canal da Joatinga (Neves Filho, 2009). Em 2006, o Emissário Marinho da Barra da Tijuca iniciou sua operação, atuando como solução sanitária atualmente para a disposição de esgotos domésticos proveniente de uma população acima de 300.000 habitantes (IBGE, 2016).

Amostras de água do mar (10.3 L) foram coletadas de fevereiro de 2019 a janeiro de 2020. Coletas mensais de águas superficiais foram realizadas em quatro pontos de amostragem na praia (C01 a C04), para avaliar as condições de balneabilidade. Na avaliação dos impactos gerados pelo lançamento de efluentes do emissário, coletas bimestrais foram realizadas em pontos de amostragem adjacentes ao emissário na zona ao largo da costa (EHL, ED, CD, WD, WHL). Amostras submersas foram coletadas por meio de Garrafa de Van Dorn nas profundidades de 5 e 10m (pontos EHL e WHL) e 5 e 15m (pontos ED, CD e WD). A Figura 1B ilustra os pontos de coleta realizados neste estudo. As amostras coletadas ao largo da costa, com exceção do ponto central (CD) em relação à tubulação difusora, estão distantes 1 km do eixo da tubulação.

A)



B)



	Latidude (S)	Longitude (W)	Ponto de coleta			
Face praial	23°00'54"	43°17'52"	Costa da Barra da Tijuca (C)	1	Superfície	
	23°00'41"	43°20'00"		2		
	23°00'47"	43°22'52"		3		
	23°02'07"	43°29'34"		4		
Zona ao largo da costa	23°01'49"	43°22'57"	Leste da metade do comprimento (EHL)	1	Superfície	
				2	Profundidade (m)	5
				3		10
	23°01'45"	43°21'46"	Oeste da metade do comprimento (WHL)	1	Superfície	
				2	Profundidade (m)	5
				3		10
	23°03'16"	43°21'43"	Leste do difusor (ED)	1	Superfície	
				2	Profundidade (m)	5
				3		15
	23°03'17"	43°22'19"	Difusor Central (CD)	1	Superfície	
				2	Profundidade (m)	5
				3		15
	23°03'16"	43°22'56"	Oeste do difusor (WD)	1	Superfície	
				2	Profundidade (m)	5
				3		15

Figura 1 – A) Localização geográfica do emissário submarino da Barra da Tijuca (ESBT). B) Pontos de amostragem da coluna de águas superficiais e profundas na face praial e na zona ao largo da costa da Praia da Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil.

Coliformes termotolerantes ou CF foram quantificados usando a metodologia de tubos múltiplos do Manual Analítico Bacteriológico da FDA com algumas modificações (FDA, 1984).

Escherichia coli (E. coli) e enterococos (ENT) foram quantificados com os kits comerciais Colilert e Enterolert Quanti-Tray/2000 (IDEXX Laboratories, Inc, Westbrook, ME, EUA), respectivamente, e os resultados expressos em número mais provável por 100mL (NMP/100mL). A atual regulamentação brasileira (CONAMA, 2000) estabelece padrões para condições inadequadas de banho em valores de 1000, 800 e 100 NMP/100mL para CF, E. coli e ENT, respectivamente.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta um resultado geral da porcentagem de detecção de microrganismos nas 134 amostras de água marinha de acordo com as zonas analisadas.

Tabela 1. Percentual de detecção bacteriana e viral na face praial e na zona ao largo da costa em condições inadequadas para banho.

	Porcentagem de detecção (n)		
	Superfície	Superfície e submersas	
Microrganismos	Face praial (n=44)	Zona ao largo da costa (n=90)	Total (n=134)
FC >1000*	29.5 (13)	6.2 (6)	14.2 (19)
E. coli > 800*	22.7 (10)	7.8 (7)	12.7 (17)
ENT >100*	35.2 (6)	12.2 (8)	10.4 (14)

* Valores mínimos para classificação IFB de águas impróprias para banho em MPN/100mL (CONAMA, 2000).

Os resultados apresentados nesta seção indicam o percentual de amostras coletadas classificadas como impróprias em relação ao critério de balneabilidade baseado na resolução CONAMA (2000) para cada indicador de contaminação fecal (CF, *E.coli* e ENT). Cabe ressaltar que esta mesma resolução considera que quando mais de um indicador é avaliado simultaneamente, a restrição ao contato primário ocorre por estar em desacordo com a resolução para apenas um indicador.
A Figura 2 apresenta a compilação de todas as amostragens em relação ao critério de balneabilidade, tanto para a região praial (C01 a C04) quanto para as áreas ao largo do emissário (EHL, WHL, ED, CD, WD). Nestas áreas foram considerados percentuais médios ao longo das profundidades de coleta.

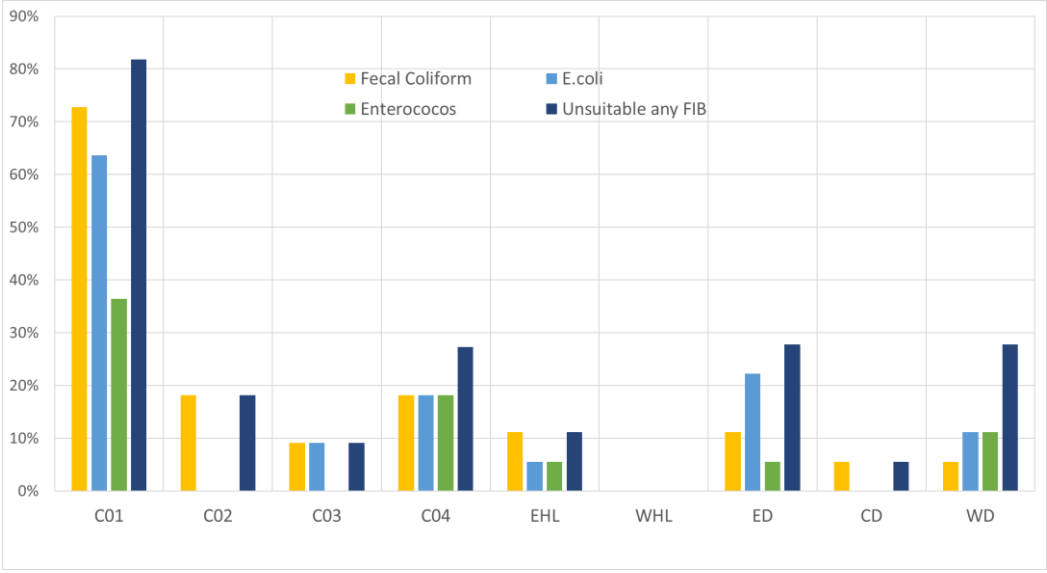


Figura 2 – Percentual de detecção de indicadores fecais bacteriológicos de acordo com os pontos de coleta.

Com base nos resultados a linha de costa apresenta maiores percentuais de águas impróprias para banho se comparadas com as águas ao largo. Considerando o critério de águas não balneáveis para qualquer indicador, os pontos C01e C04, adjacentes respectivamente, aos canais da Joatinga e Sernambetiba, são os que apresentam os piores níveis de qualidade microbiológica de água. Nestes respectivos pontos 82% e 27% das amostras foram consideradas impróprias para banho. Nos pontos remanescentes C02 e C03, mais afastados dos canais acima citados é observada melhora significativa da qualidade de água, com percentuais não balneáveis de 9% e 18%, respectivamente.

Nas medições realizadas ao largo da costa, são observadas no entorno da tubulação difusora do emissário submarino com condições similares (28% de condições impróprias) tanto a leste quanto a oeste do ponto de lançamento do efluente. Na região intermediária entre o litoral e o final da tubulação do emissário apenas a parte leste apresenta algum tipo de contaminação fecal, com 11% das amostras coletadas em desacordo com os limites de balneabilidade. A parte oeste desta região não apresentou indícios significativos de contaminação fecal por nenhum dos indicadores considerados.

Com relação a avaliação microbiológica da qualidade de água baseada em apenas um indicador verificou-se uma maior sensibilidade de detecção para coliformes fecais ou termotolerantes. Independente dos percentuais de detecção, este indicador esteve presente em todos os pontos de coleta, com exceção do ponto WHL. Por outro lado, os enterococos apresentaram menores percentuais de ocorrência, sendo identificado em 5 dos 9 pontos de amostragem.

A identificação dos três indicadores, embora em percentuais variáveis, ocorreu nos pontos C01 e C04 adjacentes aos canais da Joatinga e Sernambetiba, respectivamente, e a leste e a oeste do difusor do emissário. Embora em menores percentuais, também foi observada a ocorrência destes indicadores no ponto EHL, situado a meia distância do emissário em relação à costa.

DISCUSSÃO

As áreas adjacentes aos canais da Joatinga e Sernambetiba mostraram níveis de qualidade de águas inferiores ao entorno do lançamento do efluente do emissário submarino da Barra da Tijuca. Entende-se que esta condição se deva aos seguintes fatos: baixa vazão lançada pelo emissário; elevado grau de poluição e dos referidos canais, em especial da Joatinga, que durante os períodos de vazante comprometem significativamente as condições de balneabilidade da praia.

Um ponto curioso a ser levantado está relacionado, embora sob baixos níveis de ocorrência, a detecção de IFBs apenas no ponto EHL situado ao largo da costa. Considerando que na maior parte do tempo as correntes atuam de forma paralela a costa, entende-se que esta condição não seja oriunda do efluente do ESBT, mas sim influenciada pela pluma do emissário de Ipanema sob condições de corrente Leste-Oeste. Em estudo baseado em modelagem computacional Castiglia Feitosa (2017) identificou possível contaminação da área intermediária ao longo da tubulação do ESBT pela pluma do emissário de Ipanema. Trabalho similar realizado por Schaffel et al. (1990) evidenciou que a poluição das praias de Ipanema e Leblon é também decorrente do aporte de águas costeiras oriundas de canais e sistemas lagunares que afluem à costa.

A contaminação microbiológica observada nos pontos localizados próximos aos canais, por onde as águas da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá são lançadas ao mar, provou ser a principal fonte de contaminação na face praial. Em estudo anterior Pedrosa de Macena et al., (2020) relataram a contaminação por águas residuais de ecossistemas estuarinos na bacia de Jacarepaguá, alertando para um risco potencial da exposição constante de indivíduos que praticam atividades recreativas e pesca nos corpos d'água destas lagunas.

CONCLUSÕES

Os dados microbiológicos obtidos em ambas as zonas litorâneas mostram que o emissário colocado como solução sanitária para região não foi suficiente para resolver o problema da contaminação fecal da praia, visto que os canais que desaguam no mar são as principais fontes de contaminação fecal demonstrando o impacto do despejo doméstico de esgoto nestes sistemas lagunares.

Em linhas gerias a praia da Barra da Tijuca apresentou maior frequência de condições impróprias de balneabilidade do que às regiões adjacentes ao entorno da tubulação difusora. Tal fato evidencia o baixo nível de cobertura de rede coletora de esgotamento sanitário, que supostamente deveria conduzir tais efluentes para estação de tratamento existente e o posterior lançamento submarino.

Emissários submarinos de esgotos sanitários quando bem projetados não são a causa da poluição das praias, mas sim a possível solução para o problema em regiões costeiras quando não integralmente providas de sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos. A título de exemplo, o programa de despoluição da praia do Leblon funciona com a captação em tempo seco das águas do canal Visconde de Albuquerque que são bombeadas a montante do barramento para o emissário submarino de Ipanema.

Considerando o elevado adensamento populacional em áreas costeiras, e a ausência de espaço para implantação de estações com elevados graus de tratamento de esgotos nestas regiões, faz com os sistemas de disposição oceânica de efluentes domésticos seja uma boa alternativa na concepção de infraestruturas de saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BYAPPANAHALLI, M.N., NEVERS, M.B., KORAJKIC, A., STALEY, Z.R., HARWOOD, V.J., 2012. Enterococci in the Environment. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 76, 685–706. https://doi.org/10.1128/MMBR.00023-12
2. CASTIGLIA FEITOSA, R., 2017. Ocean outfalls as an alternative to minimizing risks to human and environmental health. Ciência & Saúde Coletiva 22 (6), 2037–2048. https://doi.org/10.1590/1413-81232017226.15522016.
3. CAMPOS, C.J.A., MORRISEY, D.J., BARTER, P., 2022. Principles and Technical Application of Mixing Zones for Wastewater Discharges to Freshwater and Marine Environments. Water 14, 1201. https://doi.org/10.3390/w14081201
4. BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial [da] União. 2001 jan 08. 018. p. 70-71.
5. BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 15 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União. 2005 mar 18. 053. p. 58-63CONAMA, 2000. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério Do Meio Ambiente. Resolução 274 de 29 de Novembro de 2000., Diário Oficial da União, Brasília, DF.
6. DE GIGLIO, O., NARRACCI, M., APOLLONIO, F., TRIGGIANO, F., ACQUAVIVA, M.I., CAROPPO, C., DIELLA, G., DI LEO, A., FASANO, F., GIANDOMENICO, S., SPADA, L., CAVALLO, R.A., MONTAGNA, M.T., 2022. Microbiological and chemical characteristics of beaches along the Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). Environ. Monit. Assess. 194, 448. https://doi.org/10.1007/s10661-022-10103-x
7. FDA, F. and D.A., Division of Microbiology, 1984. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 4 - Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria, 8th Edition. ed. United States.
8. FELIX, M.C., 2011. Investigação da influência do emissário submarino da Barra da Tijuca no seu entorno através do monitoramento de parâmetros físico-químicos, carbono orgânico total e particulado, nitrogênio orgânico particulado, nutrientes e HPAS. Relat. PIBIC 20.
9. HARARI, J., 2019. A Study about Submarine Sewage Outfalls in the Coastal Region of the State of Paraná - Brazil (26oS 48oW). Int. J. Environ. Sci. Nat. Resour. 17. https://doi.org/10.19080/IJESNR.2019.17.555960
10. MANNING, S.S., DIXON, J.P., BIRCH, G.F., BESLEY, C.H., 2019. Deepwater ocean outfalls: A sustainable solution for sewage discharge for mega-coastal cities (Sydney, Australia): Influences on beach water quality. Mar. Pollut. Bull. 145, 691–706. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.010
11. NEVES FILHO, S., 2009. Caracterização funcional das tipologias vegetacionais da Barra da Tijuca e suas implicações no estabelecimento das compensações ambientais. Monogr. UFRRJ Seropédica-RJ.
12. PEDROSA DE MACENA, L. DA G., CASTIGLIA FEITOSA, R., VIEIRA, C.B., ARAÚJO, I.T., TANIUCHI, M., MIAGOSTOVICH, M.P., 2020. Microbiological assessment of an urban lagoon system in the coastal zone of Rio de Janeiro, Brazil. Environ. Sci. Pollut. Res. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10479-8

13. ROTH, F., LESSA, G.C., WILD, C., KIKUCHI, R.K.P., NAUMANN, M.S., 2016. Impacts of a high-discharge submarine sewage outfall on water quality in the coastal zone of Salvador (Bahia, Brazil). Mar. Pollut. Bull. 106, 43–48. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.048
14. ROVERI, V., GUIMARÃES, L.L., BARRELLA, W., CORREIA, A.T., 2021. Assessment of the water and sediments quality around the coastal submarine sewage outfall in Guarujá, São Paulo, Brazil. Res. Soc. Dev. 10, e257101220389. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20389
15. Schaffel R, Paranhos R, Carvalho P, Pereira M, Matos F, Mendonça-Hagler LCS, Mayer L, Hagler NA, 1990. Contagens de coliformes fecais em águas de superfície nas proximidades do emissário submarino de Ipanema, Rio de Janeiro, RJ. In: III Encontro Nacional de Microbiologia Ambiental, São Paulo.