

Balneabilidade das praias do litoral de Salvador (Bahia): investigação da interferência da precipitação nas densidades de *Escherichia coli*

Luciano da Silva Alves^{1*}, Bruno Bastos Nazar Machado², Diego Ferreira de Oliveira³

¹Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Centro Universitário Jorge Amado, Brasil. (*Autor correspondente: Luciano.eng@outlook.com)

²Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Centro Universitário Jorge Amado, Brasil.

³Doutorando em Geoquímica, Universidade Federal da Bahia, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 09/05/2020 – Revisado em: 08/08/2020 – Aceito em: 21/08/2020

RESUMO

Diante da insuficiência dos serviços de saneamento básico no litoral de Salvador-BA, acredita-se que a incidência de chuvas tenha contribuído com a degradação da qualidade da água para fins de balneabilidade. Nesse sentido esta pesquisa tem como objetivo, investigar a influência da precipitação nas densidades de *E.coli* das praias localizadas no litoral de Salvador-BA. Para tanto foram utilizados os dados de monitoramento pluviométrico e da balneabilidade disponibilizados pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA), referentes ao ano de 2017 e 2018. Para avaliar a dependência das variáveis, foi aplicado o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r). Os resultados apontaram influência da precipitação nas densidades de *E.coli* de 17 praias. No ano de 2017 a maior correlação ($r=0.58$) foi obtida com o precipitado um dia antes da data da coleta na estação do Cabula com os níveis de *E.coli* da praia de Amaralina - AM 100. Com $r = 0.67$, no ano de 2018, as maiores correlações foram obtidas com o registrado na estação do Cabula dois dias antes da coleta com as densidades de *E.coli* das praias de Armação- AR 200 e Rio Vermelho - RV 100. De modo geral as correlações estiveram variando na faixa moderada. Foi possível concluir que embora exista influência da precipitação na dinâmica de *E.coli*, o aporte de bactérias está associado a múltiplos fatores decorrentes do ambiente.

Palavras-Chaves: Pluviometria, Monitoramento, Balneabilidade, *E.coli*.

Balneability of the beaches of the coast of Salvador (Brazil): investigation of the interference of precipitation in the densities of *Escherichia coli*

ABSTRACT

Against of insufficiency of basic sanitation on the coast of Salvador-BA, believed that the incidence of rainfall has contributed to the degradation of water quality for balneability purposes. In this sense, this research aims to evaluate the influence of precipitation on the *E.coli* densities of the beaches located on the coast of Salvador-BA. For this purpose, the pluviometric monitoring and balneability data provided by the Institute of Environment and Water Resources of the State of Bahia, regarding 2017 and 2018. To evaluate the dependence of the variables, the Correlation Coefficient Linear de Pearson (r). Then, the contribution of precipitation was evaluated through the position of the pluviometric stations in the watersheds closest to the littoral area. The results indicated the influence of precipitation on the *E.coli* densities of 17 beaches. In 2017 the highest correlation ($r = 0.58$) was obtained with the precipitate one day before the date of collection at the station Cabula with *E.coli* levels of Amaralina - AM 100 beach. With $r = 0.67$, in the year 2018, the highest correlations were obtained with that registered in the Cabula station two days before the collection with the *E.coli* densities of the beaches of Armação- AR 200 and Rio Vermelho - RV 100. In general, correlations were varying in the moderate range. It was possible to conclude that although there is influence of precipitation on the dynamics of *E.coli*, the contribution of bacteria is associated with multiple factors arising from the environment.

Keywords: Pluviometric, Monitoring, Balneability, *E.coli*.

1. Introdução

Estima-se que ao longo dos anos o avanço da população para as zonas costeiras esteja condicionado as características propícias do ambiente frente ao desenvolvimento urbano. Segundo o último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), cerca 50,7 milhões de pessoas ocupavam a costa brasileira. O aumento populacional atrelado a ausência de planejamento urbano, tem propiciado a essas áreas, inúmeros e mais diversos impactos ambientais.

Diante desse cenário o cruzamento de dados entre indicadores socioeconômicos e ambientais configuram-se como uma valiosa ferramenta para os pesquisadores e agentes públicos podendo tanto aprimorar o panorama da qualidade ambiental dos municípios, quanto nortear tomada de decisões pelos sistemas de gestões públicas e órgãos correlatos em pró da melhoria do bem-estar público (Nascimento et al., 2019). Em espacial, a balneabilidade das praias tem sido um dos parâmetros expressivamente afetados, refletindo na interface desses ambientes as más relações entre o homem e a natureza, e consequentemente alterações irreversíveis ao ambiente costeiro (Costa, 2018; França et al., 2018; Buer et al., 2018).

A poluição das praias por intermédio da qualidade dos rios urbanos que mantém foz na zona litorânea, representa um exemplo claro da importância de avançar o desenvolvimento do saneamento básico (Rossi et al., 2012). A exposição de pessoas a águas contaminadas pode gerar enfermidades como diarreia, febre tifoide, hepatite, cólera, gastroenterite e dentre outras devido à susceptibilidade, crianças e idosos estão entre os indivíduos mais prováveis de adquirir doenças provenientes da veiculação hídrica (Pond, 2005; Guercio e Ulbricht, 2013).

Segundo o Panorama do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, o município de Salvador-BA é o terceiro com maior extravasamento de esgotos no Brasil, ficando atrás apenas de São Paulo e Rio de Janeiro (SNIS, 2018). Diante da inexistência de poluentes oriundos de zonas industriais e de atividades com potencial de poluição semelhante, pode-se afirmar que a má qualidade dos recursos hídricos na maioria das cidades litorâneas, está ligada ao lançamento *in natura* de esgotos domésticos (Moraes et al., 2012; Alves e Rabelo, 2019). Entre os anos de 1999 e 2013, na cidade, foram investidos pela concessionária responsável pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do estado da Bahia – EMBASA cerca de 2 bilhões de reais em saneamento básico. No ano de 2017, a concessionária informou ao SNIS a existência de 51.537 extravasamentos. Em tese, uma vez que a poluição é desencadeada de vários pontos, não adianta manter a qualidade dos serviços apenas algumas zonas da cidade (Borja et al., 2015).

Outra externalidade que pode influenciar nas condições de balneabilidade, o escoamento superficial causado pela precipitação. Estudos anteriores em regiões litorâneas relatam o aumento da incidência de praias impróprias diante da ocorrência de chuvas, recomendando assim, emitir um alerta de qualidade e um comunicando aos usuários sobre prováveis riscos de contaminação microbiológica ao entrarem em contato com a água (Hirai e Porto, 2014; Alves, 2019). Contudo, a análise de metodologias utilizadas para cruzar dados em diversos estudos monitoramentos sugerem que, embora o processo de urbanização seja um fator relevante para inferência da qualidade das águas em regiões costeiras, a relação entre a densidade populacional, infraestrutura urbana e condições de balneabilidade raramente são correlacionados e discutido em estudos ambientais (Costa e Costa, 2020).

O Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema, 2019), órgão responsável pelo monitoramento da balneabilidade, independente de ter precipitado, orienta (boletins) não tomar banho de praia em dias chuvosos, pois diante do carreamento de esgotos através das galerias pluviais e dos rios urbanos, as águas podem encontrar-se contaminadas, podendo causar doenças.

Baseado na problemática, esta pesquisa tem como objetivo, avaliar a influência da precipitação na dinâmica de *Escherichia coli* presente na água para fins de balneabilidade das praias localizadas litoral de Salvador-BA.

2. Material e Método

2.1 Área de Estudo

Segundo o censo do IBGE, no ano de 2018, a população do município de Salvador foi estimada em 2,8 milhões de habitantes, com área territorial de 693,8 Km, sua faixa litorânea é de aproximadamente 67 km. Em termos de precipitação, anualmente a cidade conta com um média histórica anual de 2.144 mm, com maiores perspectivas de chuvas nos meses de março (151.6 mm), abril (309.7 mm), maio (359.9 mm), junho (243.7 mm) e julho (175 mm).

Com temperatura média oscilando na faixa de 23 a 27 °C, observa-se que as condições climáticas aliada a variedade de praias e belezas naturais, além de fazer do local um atrativo para a prática de lazer aquático, impulsionam as atividades de turismo em grande parte do ano.

A Figura 1 apresenta o georeferenciamento dos pontos de monitoramento da balneabilidade e das estações pluviométricas utilizadas nesta pesquisa.

Figura 1 - Distribuição espacial dos pontos de monitoramento das praias e das estações pluviométricas.



Fonte: Autores (2020).

2.2 Aquisição dos Dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram disponibilizados mediante a parceria realizada entre o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) e o Centro Universitário Jorge Amado.

Através da Coordenação de Monitoramento de Recursos Hídricos e Ambientais (COMON) foram solicitados e recebidos por meio de planilhas eletrônicas do software Excel, os resultados do monitoramento da balneabilidade de 36 pontos localizados na faixa litorânea de Salvador (Bahia) e os valores de precipitação diária registradas em 18 estações pluviométricas presentes no município, ambos referentes aos anos de 2017 e 2018.

Considerando a realização de análises futuras, as tabelas 1 e 2 apresentam as localizações geográficas dos respectivos pontos de monitoramento da balneabilidade e das estações pluviométricas.

Tabela 1 – . Localização geográfica dos pontos de monitoramento da balneabilidade do litoral de Salvador (Bahia)

Nome da Praia	Pontos Amostragem	Coordenadas (Graus – Min - Seg)	
		Latitude	Longitude
INEMA	SSA IN 100	12° 48' 54.57" S	38° 29' 15.45" O
TUBARÃO	SSA PR 200	12° 49' 55.85" S	38° 28' 43.46" O
PERIPERI	SSA PR 100	12° 52' 0.25" S	38° 28' 43.46" O
PENHA	SSA PE 100	12° 54' 35.32" S	38° 29' 49.22" O
BOGARI	SSA BO 100	12° 54' 46.65" S	38° 29' 52.49" O
BONFIM	SSA BO 200	12° 55' 14.01" S	38° 30' 10.92" O
PEDRA FURADA	SSA FU 100	12° 55' 24.80" S	38° 30' 49.44" O
BOA VIAGEM	SSA BV 100	12° 55' 48.97" S	38° 30' 58.66" O
ROMA	SSA RO 100	12° 56' 14.63" S	38° 30' 26.78" O
CANTA GALO	SSA CG 100	12° 56' 29.64" S	38° 30' 15.30" O
MARINA CONTORNO	SSA MC 100	12° 58' 43.76" S	38° 31' 4.24" O
PORTO DA BARRA	SSA PB 100	13° 0' 13.76" S	38° 31' 58.50" O
SANTA MARIA	SSA SM 100	13° 0' 19.66" S	38° 31' 59.18" O
FAROL DA BARRA	SSA FB 100	13° 0' 36.11" S	38° 31' 50.49" O
FAROL DA BARRA	SSA FB 200	13° 0' 33.80" S	38° 31' 33.20" O
ONDINA	SSA ON 100	13° 0' 37.86" S	38° 30' 36.32" O
ONDINA	SSA ON 200	13° 0' 38.80" S	38° 30' 12.85" O
RIO VERMELHO	SSA RV 100	13° 0' 39.08" S	38° 29' 50.38" O
RIO VERMELHO	SSA RV 200	13° 0' 44.31" S	38° 29' 30.61" O
BURACÃO	SSA RV 300	13° 0' 55.44" S	38° 29' 1.26" O
AMARALINA	SSA AM 100	13° 0' 50.25" S	38° 28' 32.93" O
AMARALINA	SSA AM 200	13° 0' 51.85" S	38° 28' 16.00" O
PITUBA	SSA PI 100	13° 0' 30.55" S	38° 27' 39.79" O
PITUBA	SSA PI 200	13° 0' 19.95" S	38° 27' 15.35" O
ARMAÇÃO	SSA AR 200	12° 59' 40.65" S	38° 26' 26.30" O
BOCA DO RIO	SSA BR 100	12° 58' 50.09" S	38° 25' 38.62" O
CORSÁRIO	SSA CO 100	12° 58' 31.48" S	38° 24' 58.93" O
PATAMARES	SSA PT 200	12° 58' 2.08" S	38° 24' 15.53" O

PIATÃ	SSA PA 100	12° 57' 19.19" S	38° 23' 7.00" O
PLACAFOR	SSA PF 100	12° 57' 9.51" S	38° 22' 35.94" O
ITAPUÃ	SSA IT 100	12° 57' 4.16" S	38° 22' 17.90" O
ITAPUÃ	SSA IT 200	12° 57' 2.11" S	38° 22' 3.96" O
FAROL DE ITAPUÃ	SSA FI 100	12° 57' 20.06" S	38° 21' 31.66" O
STELLA MARIS	SSA ST 100	12° 56' 11.94" S	38° 19' 37.37" O
FLAMENGO	SSA FL 100	12° 55' 47.35" S	38° 19' 7.47" O
ALELUIA	SSA FL 200	12° 55' 21.73" S	38° 18' 46.06" O

Fonte: Autores (2020).

Tabela 2 - Localização geográfica das estações pluviométricas do litoral de Salvador (Bahia)

Estação	Código	Coordenadas (UTM)	
		Latitude	Longitude
J. ZOOLÓGICO	A401	-13.006	-38.506
NOVA ESPERANÇA	292740818A	-12.861	-38.368
CAMINHO DAS ÁRVORES	292740815A	-12.977	-38.454
ÁGUAS CLARAS	292740808A	-12.894	-38.442
ALTO DO PERU	292740812A	-12.939	-38.486
CAB	292740811A	-12.943	-38.421
COSME DE FARIAS	292740816A	-12.979	-38.486
SÃO CAETANO	292740814A	-12.94	-38.475
PIRAJÁ	292740801A	-12.899	-38.459
RIO SENA	292740805A	-12.891	-38.471
VALÉRIA	292740817A	-12.864	-38.438
MONTE SERRAT	292740804A	-12.931	-38.517
PERIPERI	292740820A	-12.867	-38.458
MUSSURUNGA	292740821A	-12.908	-38.44
FAZENDA COUTOS	292740822A	-12.85	-38.462
ALTO DO COQUEIRINHO	292740819A	-12.948	-38.37
ONDINA	83229	-13.005	-38.506
TANCREDO NEVES	292740823A	-12.945	-38.453
ESTAÇÃO RÁDIO MARINHA	A456	-12.808	-38.496
ABAETÉ	RN-CL-05	-12.947	-38.359
CENTRO	292740802A	-12.98	-38.517
ABAETÉ	S/Cód	-12.945	-38.361
SÃO TOMÉ DE PARIPE	292740806A	-12.796	-38.489
FEDERAÇÃO	292740803A	-13.001	-38.511
CABULA	292740810A	-12.961	-38.461

Fonte: Autores (2020).

2.3 Monitoramento da Balneabilidade no Litoral de Salvador (Bahia).

O monitoramento da balneabilidade mantém periodicidade semanal, totalizando 52 campanhas anuais. Nesse sentido, foram avaliados nesta pesquisa 104 campanhas para cada ponto (praia) monitorado.

As coletas foram realizadas as segundas-feiras pela equipe Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED), nos pontos georeferenciados pelo INEMA (locais com maior concentração de banhistas) e à isóbata de um metro conforme a Resolução CONAMA nº 274/2000.

A análise microbiológica da água foi realizada através da técnica de tubos múltiplos, onde a contagem de microrganismos ocorreu mediante à utilização do método indireto do Número Mais Provável (NMP). Os procedimentos analíticos realizados pelo CEPED, seguiu as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th ed.*

O parâmetro microbiológico adotado para determinar a condição de balneabilidade no litoral de Salvador corresponde à quantidade de *E.coli*. Além desse indicador, estão contidas nos laudos gerados pelo CEPED, as informações relacionadas à temperatura da água no momento da coleta, o horário e a data de realização.

2.4 Tratamento dos Dados.

Toda organização de tabelas para posterior confecção de mapas temáticos e realização dos testes estatísticos ocorreu por meio do software livre Microsoft Excel. Inicialmente buscou-se verificar quais estações pluviométricas funcionaram em conjunto no ano de 2017 e 2018. Com isso o número caiu de 25 para 18. Devido a existência de falhas, foram consideradas as que registraram um percentual mínimo de 70% da pluviometria. Dessa forma, no ano de 2017 a estação de Monte Serrat não foi analisada. Já no ano de 2018, foram desconsideradas as estações de Paripe, Rio Sena, Águas Claras e Abaeté.

Em seguida, foi realizada a especialização das estações pluviométricas e das praias monitoradas através do software livre de geoprocessamento Quantum Gis 3.6 (Qgis). Para obtenção dos arquivos shapefiles (SHP), foi utilizada a base de dados do IBGE.

Considerando a bioecologia da bactéria *E.coli*, foi feito o pareamento entre o volume precipitado em cada estação pluviométrica no período que antecedeu um e dois dias da data de coleta, com as densidades semanais de *E.coli* referentes as 36 praias monitoradas no litoral de Salvador (Bahia). Vale ressaltar que para cada praia, foram realizadas 52 campanhas anuais.

2.5 Tratamento Estatístico

Para a realização de todos os testes estatísticos presentes no corpo desta pesquisa, foi utilizado o software gratuito BioEstat 5.0. Num primeiro instante, devido à proximidade das estações pluviométricas Federação, Jardim Zoológico e Ondina, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. O resultado $p < 0,05$, demonstrou anormalidade, logo buscou-se analisar a variância através do teste de Kruskal-Wallis. Neste segundo, o valor ($p > 0,05$) encontrado caracterizou indiferença estatística entre os valores de precipitação. Sendo assim, as estações passaram a ser tratadas como uma única (FJO).

Para investigar a relação entre a ocorrência de precipitação e as concentrações de *E.coli*, foi aplicado o coeficiente de correlação linear de Pearson (r). Nesta etapa, as densidades microbiológicas de cada praia foram cruzadas com o volume precipitado de todas as estações pluviométricas.

Os resultados das correlações encontradas, foram validados num primeiro instante, seguindo o critério r (Pearson) $\geq 0,30$, e com $p \leq 0,05$ no primeiro e/ou segundo dia que antecedeu a data da coleta. Em seguida,

tendo em vista a sazonalidade, considerou-se a influência da precipitação com base na localização das estações pluviométricas nas bacias hidrográficas mais próximas da área litorânea.

Os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson variam de -1 a 1, onde os resultados negativos estão associados a relações inversamente proporcionais (X Cresce; Y Decresce), enquanto que os valores positivos determinam relações de proporção (X Cresce; Y Cresce). Considera-se a correlação entre as variáveis pelo valor do coeficiente (Tabela 3).

Tabela 3 - Interpretação do coeficiente de correlação linear de Pearson.

Pearson (r)	Intensidade	Significativa
0.1 - 0.30	Fraca	
0.4 - 0.6	Moderada	p<0.05
0.7 - 1	Forte	

Fonte: Adaptado de Filho e Júnior (2009).

3. Resultados

Conforme a Tabela 4, observa-se que no ano de 2017 a maioria das correlações foram encontradas no período de um dia antes da coleta. Os valores de Pearson oscilaram numa faixa de 0.3 a 0.54, configurando correlações que vão de fraca a moderada. De modo geral, pôde-se verificar que das 36 praias monitoradas no litoral de Salvador-BA, 12 obtiveram a qualidade de suas águas afetadas pela ocorrência da precipitação, são elas: Penha – PE 100, P. Furada - FU 100, Periperi – PR 100, Canta Galo – CG 100, Farol da Barra – FB 200, Ondina – 200, Rio Vermelho – RV 100, Rio Vermelho RV 200, Buracão – RV 300, Amaralina – AM 100, Amaralina – AM 200 e Pituba – PI 200.

Os resultados encontrados denotam que diante da incidência de chuvas na bacia do Cobre, a qualidade da água da praia da Penha tende a ser a mais afetada. Foram encontradas correlações de $r=0.54$ (Valéria), $r=0.36$ (Rio Sena) e $r=0.41$ (Pirajá). Além disto, pôde-se verificar a influência do precipitado em parte da bacia do Jaguaribe. Acredita-se que linearidade de $r=0.51$ (Águas Claras) esteja associada à proximidade da estação pluviométrica com o limite que separa as bacias.

Avaliando os resultados da bacia do Rio Camarajipe (estações 7, 8,11,12 e 13), foi percebido que as chuvas detectadas no seu interior influem em maior grau na qualidade da água das praias de Ondina – ON 200, Rio Vermelho – RV 100, Rio Vermelho – RV 200, Buracão – RV 300, Amaralina – AM 100 e Amaralina – AM 200.

No ano de 2017, pôde-se notar que todas as correlações com o volume precipitado nas estações postas na bacia do Camarajipe ocorreram um dia antes da realização da coleta. Com base nos resultados apresentados, tendo em vista a exceção da estação do Alto do Peru, na estação de São Caetano, Cosme de Farias, Caminho das Árvores e Cabula, os maiores valores de r foram encontrados com a praia de Amaralina – AM 100 (0.56, 0.43, 0.52 e 0.58).

Tabela 4 - Correlação entre precipitação e *E.coli* das praias do litoral de Salvador no ano de 2017.

Nº	Estação	Praia	r (Pearson)		Valor de (p)	
			1 dia	2 dias	1 dia	2 dias
2	Valéria	Penha - PE 100	0.54	-	< 0.0001	-
		P. Furada - FU 100	-	0.36	-	0.0091
3	Rio Sena	Periperi - PR 100	-	0.32	-	0.0199
		Penha - PE 100	0.36	-	0.0085	-
4	Pirajá	Penha - PE 100	0.41	-	0.0023	-
		Rio Vermelho - RV 100	0.37	-	0.0068	-
		Buracão - RV 300	0.33	-	0.0155	-
		Amaralina - AM 100	0.47	-	0.0004	-
		Amaralina - AM 200	0.36	-	0.008	-
5	Águas Claras	Penha - PE 100	0.51	-	0.0005	-
7	Alto do Peru	Pituba - PI 200	0.31	-	0.0278	-
8	São Caetano	Penha - PE 100	0.43	-	0.0015	-
		Canta Galo - CG 100	0.32	-	0.0191	-
		Ondina - ON 200	0.47	-	0.0005	-
		Rio Vermelho - RV 100	0.45	-	0.0009	-
		Buracão - RV 300	0.39	-	0.004	-
		Amaralina - AM 100	0.56	-	< 0.0001	-
		Amaralina - AM 200	0.43	-	0.0014	-
9	Centro	Farol da Barra - FB 200	0.33	-	0.0229	-
10	FJO	Farol da Barra - FB 200	0.38	-	0.0048	-
11	Cosme de Farias	Farol da Barra - FB 200	0.30	-	0.0377	-
		Ondina - ON 200	0.34	-	0.0205	-
		Rio Vermelho - RV 100	0.33	-	0.0224	-
		Amaralina - AM 100	0.43	-	0.0028	-
		Amaralina - AM 200	0.37	-	0.0106	-
12	Caminho das Árvores	Rio Vermelho - RV 100	0.39	-	0.0042	-
		Amaralina - AM 100	0.52	-	< 0.0001	-
		Amaralina - AM 200	0.40	-	0.0032	-
13	Cabula	Rio Vermelho - RV 100	0.55	-	0.0002	-
		Rio Vermelho - RV 200	0.33	-	0.0364	-
		Buracão - RV 300	0.36	-	0.0206	-
		Amaralina - AM 100	0.58	-	< 0.0001	-
		Amaralina - AM 200	0.57	-	< 0.0001	-

Fonte: Autores (2020).

Quanto à praia do Farol da Barra – FB 200, foi notada correlações com a pluviometria registrada em seu entorno (Centro e FJO). O melhor resultado obtido ($r=0.38$) foi com o precipitado na estação FJO (mais próxima).

No ano de 2018, verificou-se a influência da precipitação em 13 praias (Tabela 5). Diferente do ano de 2017, grande parte das correlações foram obtidas dois dias antes da data da coleta.

Tabela 5 - Correlação entre precipitação e *E.coli* das praias do litoral de Salvador no ano de 2018.

Nº	Estação	Praia	r (Pearson)		Valor de (p)	
			1 dia	2 dias	1 dia	2 dias
2	Valéria	Pedra Furada - FU 100	0.55	-	0.0003	-
4	Pirajá	Periperi - PR 100	-	0.31	-	0.0408
		Penha - PE 100	0.41	0.31	0.0057	0.0378
		Pedra Furada - FU 100	0.51	0.34	0.0004	0.0224
6	Mont Serrat	Pedra Furada - FU 100	0.31	-	0.0501	-
7	Alto do Peru	Penha - PE 100	0.44	-	0.0011	-
10	FJO	Farol da Barra - FB 200	-	0.66	-	< 0.0001
		Ondina - ON 200	-	0.59	-	< 0.0001
		Rio Vermelho - RV 100	-	0.61	-	< 0.0001
		Rio Vermelho - RV 200	-	0.53	-	< 0.0001
		Armação - AR 200	-	0.57	-	< 0.0001
11	Cosme de Farias	Farol da Barra - FB 200	-	0.47	-	0.0005
		Ondina - ON 200	-	0.50	-	0.0002
		Rio Vermelho - RV 100	-	0.63	-	< 0.0001
		Rio Vermelho - RV 200	-	0.54	-	< 0.0001
		Buracão - RV 300	0.33	-	0.0167	-
12	Caminho das Árvores	Rio Vermelho - RV 100	-	0.42	-	0.0030
		Rio Vermelho - RV 200	-	0.38	-	0.0091
		Armação - AR 200	-	0.45	-	0.0015
13	Cabula	Rio Vermelho - RV 100	-	0.67	-	< 0.0001
		Rio Vermelho - RV 200	-	0.47	-	0.0040
		Armação - AR 200	-	0.67	-	< 0.0001
		Corsário - CO 100	-	0.52	-	0.0012
14	CAB	Corsário - CO 100	-	0.49	-	0.0003
		Piatã - PA 100	-	0.66	-	< 0.0001
		Placafor - PF 100	-	0.38	-	0.0056
		Itapuã - IT 100	-	0.32	-	0.0234

Fonte: Autores (2020).

Mesmo diante da proximidade, a chuva detectada na estação de Monte Serrat, no intervalo que antecedeu um dia a data da coleta, não apresentou linearidade significativa com a praia de Pedra Furada – FU 100 ($r=0.31$)

e $p=0.05$). Apesar da circunstância, é possível afirmar que o valor de p encontrado, pressupõe possíveis tendências de piora na qualidade da água.

As chuvas ocorridas na bacia do Camarajipe (Cosme de Farias, Caminho das Árvores e Cabula) revelaram influência nas densidades de *E.coli* das praias de Ondina – ON 200, Rio Vermelho – RV 100, Rio Vermelho – RV 200, Buracão – RV 300 e Armação – AR 200. Com exceção do resultado da praia de Buracão, as demais correlações foram obtidas com o precipitado dois dias antes da realização da coleta. Com isso, encontrou-se os seguintes valores de Pearson: Buracão – RV 300 ($r=0.33$), Ondina – ON 200 ($r=0.5$) e Rio Vermelho – RV 200 ($r=0.54$) com Cosme de Farias, Rio Vermelho – RV 100 ($r=0.67$) e Armação – AR 200 ($r=0.67$) com Cabula. Vale destacar que assim como no período de 2017, em 2018 a maior correlação foi encontrada com a estação do Cabula.

No ano de 2018, foi possível observar que diante da existência precipitação na bacia de Ondina, as praias do Farol da Barra – FB 200, Ondina – ON 100, Rio Vermelho – RV 100 e Rio Vermelho – RV 200 tiveram a qualidade de suas águas afetada. Os resultados demonstraram correlações para o volume de chuvas registrado dois dias antes da realização da coleta. Com isso, para as praias do Farol da Barra – FB 200 e Ondina – 200, foram obtidos $r=0.66$ e $r=0.59$. Já as praias do Rio Vermelho obtiveram $r=0.61$ e $r=0.53$.

Embora em 2017, os resultados de precipitação referente à estação do CAB não tenham tido correlação significativa, no período que compreende 2018, os resultados apresentaram-se influente com o detectado nas praias do Corsário – CO 100 ($r=0.49$), Piatã – PA 100 ($r=0.66$), Placafor – PF 100 ($r=0.38$) e Itapuã – IT 100 ($r=0.32$).

4. Discussão

Partindo para o elemento discursivo, a Figura 2 apresenta a localização das estações pluviométricas e das praias nas bacias hidrográficas de Salvador (Bahia). Observa-se que devido à proximidade em que as praias estão situadas, a depender do sentido das correntes marítimas, a poluição pode ser difundida para as regiões vizinhas. Um exemplo a ser citado, ocorreu com as praias do Rio Vermelho – RV 100, Rio Vermelho - RV 200 e Buracão - RV 300. Nos anos de 2017 e 2018, a maioria das correlações com o registrado nas estações pluviométricas foram encontradas em conjunto, ou seja, para mais de uma praia.

Acredita-se que a variação da qualidade da água das praias do litoral de Salvador, mesmo na ausência da precipitação, tenha contribuído para as correlações moderadas. De acordo com Neto (2017), é possível afirmar que diante da circunstância, a quantidade elevada de dias sem chuva, afeta diretamente na linearidade.

Com isso, os resultados desta pesquisa, evidenciam a existência de fontes contínuas de poluição. Logo, quando o ambiente recebe um determinado volume de efluente oriundo do escoamento superficial, as densidades de *E.coli* não oscilam em faixas significativas. Dessa forma, torna-se evidente que embora as chuvas contribuam para a deterioração da qualidade da água, esse não é o principal elemento.

Baseado em Hirai (2014), quanto maior a variabilidade de *E.coli*, maior a dificuldade para determinar a correlação entre as variáveis. Pode-se afirmar que diante da sensibilidade da bactéria, a existência de externalidades que vão desde fatores ambientais adversos a um erro de coleta, pode ocasionar a presença de pontos fora da curva denominados *outliers*.

O estudo de Francy et al. (2013) tratou da influência da precipitação nas concentrações de *E.coli* de 22 pontos distribuídos em 8 lagos recreativos localizados no interior de Ohio, Estado Unidos. Analisando os resultados da execução do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) entre o volume precipitado 24, 48 e 72 horas antes da realização da coleta, constata-se que os valores de r estiveram oscilando entre 0.23 a 0.40.

Lima, Craté e Barrella (2016) avaliou mediante a aplicação do coeficiente linear de Pearson, a relação entre a média das densidades de enterococos detectadas no ano de 2015 nas praias de Aparecida, Embaré,

Boqueirão, Gonzaga, J. Menino – Olavo, J. Menino – Frederico e P. da Praia com a pluviometria semanal acumulada na cidade de Santos- SP. O resultado encontrado pelos autores não apontou correlação entre as variáveis.

Figura 2 - Localização das estações pluviométricas e das praias nas bacias hidrográficas de Salvador (Bahia)



Fonte: Autores (2020).

Hirai e Porto (2016), analisaram a relação da precipitação com as densidades de coliformes termotolerantes da praia de Cachoeira, localizada no município de Pirassununga-SP. Para tanto, foi aplicado o coeficiente de correlação linear de Pearson com o volume precipitado um, dois e três dias antes da realização da coleta, nas estações pluviométricas postas na área de influência da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu.

Os resultados encontrados por Hirai e Porto (2016), revelaram r na faixa de 0.15 a 0.75. Observa-se que não houve uma preocupação com número de campanhas analisadas. As correlações apontadas como forte, estiveram um número mínimo de 6 e um máximo de 13, o que proporcionou melhor linearidade. Quando verificado as correlações em que houve um mínimo de 36 campanhas, pôde-se notar correlações fracas e moderadas, com r variando entre 0.11 e 0.42.

Na pesquisa de Vicente (2017), foi realizada no período junho/2016 a maio/2017 a análise do comportamento semanal de coliformes termotolerantes em função da precipitação total ocorrida no intervalo que compreendeu o domingo até o dia da coleta. A avaliação por meio do coeficiente linear de Pearson, demonstrou que das praias de Mãe Luiza, Maiami, Forte, Meio, Areia Preta e Artistas, localizadas no Rio Grande do Norte – Natal, apenas as praias do Meio ($r=0.32$) e Forte ($r=0.46$) demonstraram linearidade.

Apesar de não ter encontrado na literatura pesquisas com metodologia semelhante na área do litoral de Salvador-BA. Quando comparado os resultados apresentados nesta pesquisa, com os encontrados por Franczy et al. (2013), Hirai e Porto (2016) e Vicente (2017), é possível notar determinada correspondência quanto a intensidade das correlações (Frac - Moderada).

5. Conclusão

Os resultados apresentados nesta pesquisa apontaram correlação linear significativa para as densidades de *E.coli* de 17 praias monitoradas no litoral de Salvador-BA. Logo, conclui-se que diante da incidência de precipitação, nem todas as praias são afetadas. Isso porque, quando avaliada a intensidade das correlações (moderadas), foi possível verificar que, embora exista influência, o aporte de bactérias está associado a múltiplos fatores decorrentes do ambiente, como a qualidade dos rios urbanos, lançamento *in natura* de esgotos domésticos e movimento das marés.

Para uma melhor caracterização das variáveis, faz-se necessário a realização de análises mais amplas. Sendo assim, para o desenvolvimento de futuras pesquisas, recomenda-se abranger um maior número de parâmetros, a aplicação de modelos estatísticos de regressão linear simples e múltiplas e a utilização de ferramentas de predição que permitam prognósticos.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia – INEMA pela disponibilidade dos dados utilizados no corpo dessa pesquisa.

7. Referências

- ALVES, L. S., RABELO, I. S. (2019). Avaliação da balneabilidade das Praias do Farol da Barra e Porto da Barra, Salvador (BA). **Natural Resources**, 9 (1), 38-46.
- ALVES, L. S., SANTOS, L. L., ALVES, C. S., TEIXEIRA, I. C. (2019). Balneabilidade da praia de Ondina: um estudo sobre a influência da precipitação e a relação com o saneamento básico. **Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2**. Belo Horizonte, Atena Editora, 2 (2), 163-171.
- BERG, C. H., GUERCIO, M. J., ULBRICHT, V. R. (2013). Indicadores de balneabilidade: a situação brasileira e as recomendações da world health organization. **Int. J. Knowl. Eng. Manag.**, 2 (1), 83-101.
- BORJA, P. S., FREDIANI, D. A., BARRETO, T. B., MORAIS, L. R. S. (2015). Serviços públicos de saneamento básico em Salvador-Ba: estudo sobre as desigualdades de acesso. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, 3 (2), 140-152.
- BRASIL. Resolução Conama nº 274 de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre Classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade; de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. Diário oficial da União, 29 de nov. 2000. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acessado em

junho/2019. 2019.

BUER, A. L., GYRAYTE, G., WEGENER, P., LANGE, X., KATARZYTE, M., HAUKE, G., SCHERNEWSKI, G. (2018). Long term development of Bathing Water Quality at the German Baltic coast: spatial patterns, problems and model simulations. **Marine Pollution Bulletin**, 135, 1055–1066.

COSTA, J. R.S. (2018). **Análise das condições de balneabilidade nas praias do município de Natal/RN: estudo de caso nas praias do forte e redinha no período de 2010 a 2016**. Monografia, Licenciatura em Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 38f, Brasil.

COSTA, C. R., COSTA, M. F. (2020). Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, 8 (3), 92-113.

FILHO, D. B. F., JÚNIOR, J. A. S. (2009). Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação linear de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, 18 (1), 115-146.

FRANÇA, L., CASAGRANDE, J., FORTUNA, J. (2018). Avaliação microbiológica das areias e da água das praias dos municípios litorâneos que formam a costa das baleias. **Revista de Estudos Ambientais**, 20 (1), p. 44-57.

FRANCY, D., STELZER, E.A., DURIS, J. W., BRADY, A. M. G., HARRISON, J. H., JOHNSON, H. E., WARE, M. W. (2013). Predictive Models for Escherichia coli Concentrations at Inland Lake Beaches and Relationship of Model Variables to Pathogen Detection. **Applied and Environmental Microbiology**, 79 (5), 1676-1688.

HIRAI, F. M. (2014). **Uso de dados de precipitação e qualidade da água no gerenciamento de recursos hídricos com vistas à balneabilidade**. Dissertação, Mestre em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 171f, Brasil.

HIRAI, F. M., PORTO, M. F. A. (2014). Metodologias de previsão de balneabilidade e sua aplicação na gestão da qualidade da água destinada a recreação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 19 (3), 339-345.

HIRAI, F., PORTO, M. (2016). O desenvolvimento de ferramentas de predição de balneabilidade baseadas em níveis de precipitação: estudo de caso da praia de Cachoeira das Emas (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 21 (4), 797-806.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA – INEMA, 2019, **Boletins de Balneabilidade**, Litoral de Salvador-Ba, disponível em: <<http://balneabilidade.inema.ba.gov.br/>>. Acesso em: 12/04/2019

LIMA, D. C., CRATÉ, J. P. M., BARRELA, W. (2016). Fatores de influência sobre a balneabilidade das praias de Santos-Sp. **Unisanta Bioscience**, 5 (1), 357-368.

MORAES, L.R.S., ÁLVARES, M.L.P., SANTOS, F.P., COSTA, N.C.A. (2012). Saneamento e qualidade das águas dos rios em Salvador, 2007-2009. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, 1 (1), 47-60.

NASCIMENTO R. C. M., GUILHERME B. C., ARAÚJO. M. C. B., MAGAROTTO. M., CAVALCANTI J. S.S. (2018). Uso de Indicadores Ambientais em áreas costeiras: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, 2 (1), 052-069.

NETO, W. A. S. (2017). **Aplicação de um modelo de regressão linear aos dados de balneabilidade das praias de natal entre 2011 e 2015**. Monografia, Bacharel em Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 67f, Brasil.

POND, K. (2005). **Water recreation and disease plausibility of associated infections: acute effects, sequelae and mortality**. World Health Organization (WHO). 231f.

ROSSI, W., BRANCO, L.C., LACERDA, J.A., GOMES, A.C., WAGNER, E.M.S. (2012). Fontes de poluição e o controle da degradação dos rios urbanos em Salvador. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, 1 (1), 61-74.

SISTEMA NACIONAL SOBRE SANEAMENTO – SNIS, 2019, **Panorama do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**, Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 08/06/2019.

VICENTE, C. A. (2017). **Diagnóstico das condições de balneabilidade das praias urbanas da cidade de Natal/RN**. Monografia, Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 37f, Brasil.

Informações adicionais

Contribuições dos autores: Todos os autores contribuíram de forma igualitária na construção e desenvolvimento deste artigo.

Como referenciar este artigo: Alves, L.S., Machado, B.B.M., Oliveira, D.F. (2020). Balneabilidade das praias do litoral de Salvador (Bahia): investigação da interferência da precipitação nas densidades de *Escherichia coli*. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.4, p.161-174.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), no qual, os artigos podem ser compartilhados desde que o devido crédito seja aplicado de forma integral ao autor (es) e não seja usado para fins comerciais.