

## **IV-098 – A DINÂMICA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM PRAIAS DO LITORAL POTIGUAR (RN) NÃO SE RELACIONA COM AS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

**Amanda Carla Batista Querino da Rocha<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestranda em Engenharia Sanitária pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (PPgESA/UFRN).

**André Luis Calado Araújo<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutor em Engenharia Civil pela University of Leeds.

**Ronaldo Angelini<sup>(3)</sup>**

Ecólogo pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor em Ecologia em Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Lagoa Nova – Natal – RN - CEP: 59078-970 - Brasil - e-mail: amandacbr@gmail.com

### **RESUMO**

O desenvolvimento do turismo no Brasil está relacionado com os seus recursos naturais, incluindo as praias do litoral nordestino, onde há uma preocupação crescente com a sua balneabilidade, ou seja, com a qualidade das águas das praias para recreação. Os impactos mais comuns nos ambientes costeiros são causados por deficiências em saneamento básico e pelo uso e ocupação desordenados do solo, que acarretam o lançamento de contaminantes no mar, afetando a saúde pública. Esse fenômeno associado à precipitações pluviométricas pode acarretar um aumento de microorganismos nas praias, em razão do escoamento superficial. Considerando que os coliformes termotolerantes (antes conhecidos como fecais) são os indicadores básicos para a classificação das praias quanto à balneabilidade, este trabalho tentou entender a dinâmica de coliformes termotolerantes nas praias do Rio Grande do Norte e a influência das chuvas sobre essa dinâmica. Os resultados mostram que: i) 7% das amostras apresentam concentrações de microorganismos acima do limite tolerado (1000 NMP/100ml); ii) não há nenhum padrão na dinâmica temporal de coliformes; iii) praias próximas a desembocaduras de rios têm maior frequência de concentrações elevadas de coliformes, especialmente no rio Potengi, com 25% das amostras acima de 1000 NMP/100ml; iv) as relações entre precipitação pluviométrica e concentração de coliformes não são fortes ( $r < 0,369$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** Balneabilidade, Qualidade da água, Turismo, Saúde.

### **INTRODUÇÃO**

Ao longo das últimas seis décadas, o turismo experimentou expansão e diversificação contínuas para se tornar um dos maiores setores econômicos no mundo (UNWTO, 2017). Esta atividade é uma das principais impulsionadoras do desenvolvimento socioeconômico, com criação de empregos e empresas, receitas de exportação e desenvolvimento de infraestrutura (Organização Mundial do Turismo, 2016).

No Brasil, as praias da região Nordeste tem sido o roteiro preferido de turistas nacionais e estrangeiros, pois o lazer responde pela maior parte das visitas (56,8%), e o chamado turismo de “Sol e Praia” (68,8%) predomina como principal motivação de viagem para quem visita o Brasil (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2017).

De modo geral, as atividades turísticas de “Sol e Praia” desenvolvem-se em áreas de preservação permanente e ecologicamente frágeis, que ao sofrer impactos pelo uso e ocupação desordenados do solo e por deficiências existentes no sistema de saneamento básico, tem a qualidade de suas águas afetada, podendo causar danos à saúde dos banhistas.

A qualidade dessas águas, destinadas à recreação de contato direto e prolongado (natação, mergulho, esqui-aquático), é denominada balneabilidade (CETESB, 2017). Com a finalidade de verificá-la, a Resolução nº 274/2000, art. 2º, do CONAMA, orienta a realização de monitoramento quantitativo de coliformes fecais (termotolerantes), *Escherichia coli* spp. ou enterococos encontrados por 100ml de água.

A concentração de coliformes termotolerantes é o indicador básico para a classificação da balneabilidade das praias (CETESB, 2017), pois reflete o grau de mistura com águas residuais não tratadas (Lopez-Pila, 1998). Praias com concentrações de coliformes termotolerantes acima de 1000 NMP/100ml, em mais de 20% das amostras, são consideradas impróprias para o banho.

Outra importante fonte reconhecida de contaminação microbiana para as águas superficiais é o escoamento das águas pluviais, que representa uma parcela importante da poluição nas águas costeiras. Normalmente, o início das chuvas é responsável pelo carreamento de contaminações difusas nas praias (Arnold e Gibbons, 1996).

## **OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica temporal de concentrações de coliformes termotolerantes nas praias do Rio Grande do Norte, no período de 2010 a 2016, e verificar a influência de precipitações pluviométricas sobre esta dinâmica.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **CONJUNTO DE DADOS**

Os dados semanais de concentração de coliformes termotolerantes e os de precipitação pluviométrica usados neste trabalho compreendem o período entre 2010 e 2016. Os dados de coliformes foram obtidos através do projeto “Estudo de Balneabilidade das praias do RN”, inserido no programa estadual Água Azul, executado conjuntamente pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) e pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN (IFRN). Os dados de precipitações são diários e foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária – EMPARN.

### **ÁREA DE ESTUDO**

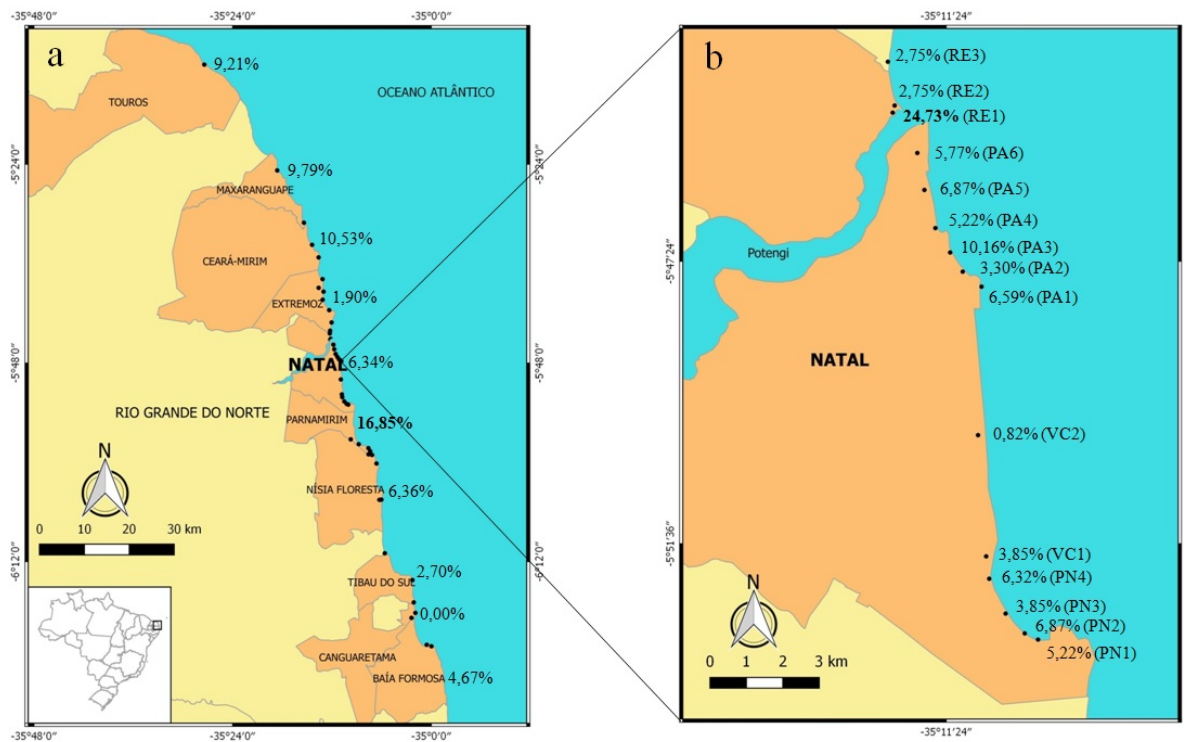
O Rio Grande do Norte possui mais de 400 km de faixa litorânea e cerca de 60 praias. Neste trabalho, foram avaliados 48 pontos de monitoramento de 14 municípios do litoral leste potiguar, para buscar entender a dinâmica de coliformes termotolerantes, e a capital Natal e dois municípios vizinhos, Extremoz e Parnamirim (Figura 1), para relacionar os dados de coliformes termotolerantes com os de precipitações pluviométricas.

### **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

A frequência de concentrações de coliformes termotolerantes acima de 1000 NMP/100ml (valor considerado crítico pelo CONAMA) foi estimada para os períodos de 2010 a 2016. Para averiguar se a precipitação pluviométrica exerce influência sobre os valores de coliformes, foram utilizadas regressões lineares e calculados os coeficientes de correlação de Pearson, apenas para os pontos localizados na mesma sub-bacia do posto pluviométrico, para os três municípios citados. Destaca-se ainda que foram calculadas precipitações acumuladas em um, dois, três, cinco e sete dias anteriores ao dia da coleta de água, a fim de verificar a influência do acúmulo da chuva nos valores de coliformes.

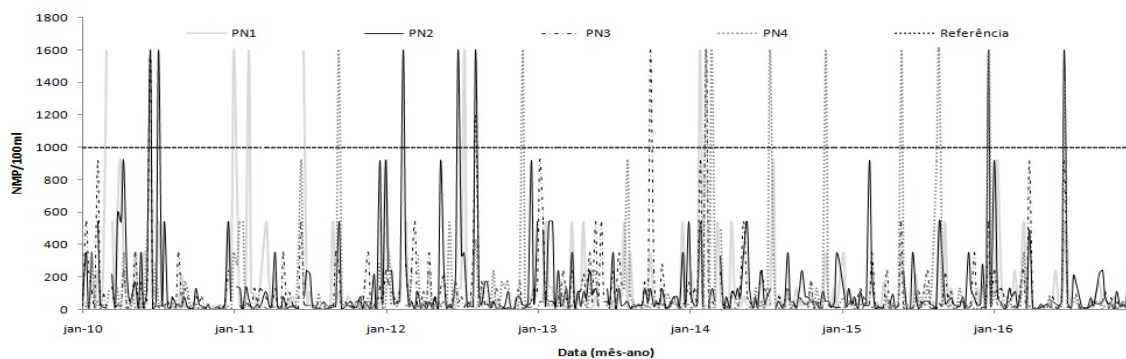
## **RESULTADOS**

Os percentuais do número de vezes em que os pontos de amostragem apresentaram valores superiores a 1000 NMP/100ml de água são mostrados na Figura 1, para todo o Estado do RN (Fig.1a) e para Natal (Fig.1b).



**Figura 1. Frequência relativa (%) de valores de coliformes termotolerantes superiores a 1000 NMP/100ml de água durante o período entre 2010 e 2016 para: a) diferentes municípios da costa potiguar e b) os pontos de monitoramento na cidade de Natal.**

Parece não existir nenhuma tendência clara quanto à dinâmica temporal das concentrações de coliformes termotolerantes em nenhum dos pontos analisados, mesmo quando são retirados os valores superiores a 2000 NMP/100ml (veja exemplo dos pontos em Ponta Negra, praia de Natal, na Fig.2).



**Figura 2. Série temporal de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) entre 2010 e 2016 em quatro pontos de coleta da praia de Ponta Negra, Natal/RN. Todos os valores acima de 2000 NMP/100ml foram retirados da série.**

Todas as correlações calculadas entre as concentrações de coliformes e as precipitações acumuladas apresentaram valores baixos (Tabs. 1 e 2).

Os coeficientes angulares das regressões lineares, apesar de significativos em sua maioria, são também baixos, e as regressões pouco explicam a dependência dos valores de coliformes em relação às precipitações. Apesar disto, é possível notar que a chuva acumulada entre um e três dias tem maior influência sobre os valores de coliformes do que as de cinco ou sete dias (ver valores de “b”, nas Tabs. 1, 2 e 3).



**Tabela 1. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dias, em Natal/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).**

Ponto de Coleta	X	a	b	p	R <sup>2</sup>	N	r
RE1	7 dias	635,20	9,47	0,0000	0,0741	358	0,272
	5 dias	651,30	12,32	0,0000	0,0895	358	0,299
	3 dias	717,45	15,35	0,0000	0,0594	358	0,244
	2 dias	750,79	18,89	0,0000	0,0569	357	0,238
	1 dia	789,96	31,55	0,0000	0,0573	357	0,239
RE2	7 dias	115,88	1,55	0,0031	0,0243	358	0,156
	5 dias	125,30	1,71	0,0059	0,0211	358	0,145
	3 dias	123,09	2,99	0,0016	0,0275	358	0,166
	2 dias	146,32	1,84	0,1255	0,0066	357	0,081
	1 dia	152,94	2,42	0,2274	0,0041	357	0,064
RE3	7 dias	76,08	2,32	0,0000	0,0534	358	0,231
	5 dias	84,69	2,80	0,0000	0,0558	358	0,236
	3 dias	98,48	3,58	0,0002	0,0390	358	0,198
	2 dias	122,94	2,58	0,0330	0,0127	357	0,113
	1 dia	134,62	2,81	0,1626	0,0055	357	0,074



Tabela 2. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dias, em Parnamirim/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).

Ponto de Coleta	X	a	b	p	$R^2$	N	r
PAR1	7 dias	908,46	10,80	0,0013	0,0287	357	0,169
	5 dias	890,40	15,94	0,0000	0,0435	357	0,209
	3 dias	841,06	30,36	0,0000	0,0681	357	0,261
	2 dias	1153,11	4,39	0,6089	0,0008	357	0,345
	1 dia	897,56	81,91	0,0000	0,1293	357	0,36
PAR2	7 dias	287,92	4,09	0,0000	0,0521	357	0,228
	5 dias	291,99	5,46	0,0000	0,0647	357	0,254
	3 dias	277,22	10,21	0,0000	0,0977	357	0,313
	2 dias	400,65	0,46	0,8489	0,0001	357	0,341
	1 dia	340,37	15,36	0,0000	0,0578	357	0,24
PAR3	7 dias	157,61	1,72	0,0010	0,0302	357	0,174
	5 dias	169,28	1,77	0,0047	0,0222	357	0,149
	3 dias	160,18	3,69	0,0001	0,0416	357	0,204
	2 dias	214,12	-1,45	0,2510	0,0043	357	0,273
	1 dia	175,15	7,74	0,0000	0,0479	357	0,219
PAR4	7 dias	76,74	0,16	0,7455	0,0003	357	0,017
	5 dias	72,39	0,45	0,4448	0,0016	357	0,041
	3 dias	64,11	1,46	0,1057	0,0073	357	0,086
	2 dias	87,47	-1,29	0,2984	0,0035	357	0,144
	1 dia	69,23	3,28	0,0636	0,0097	357	0,098
PAR5	7 dias	1116,24	6,64	0,0087	0,0192	357	0,138
	5 dias	1110,31	9,54	0,0017	0,0275	357	0,166
	3 dias	1044,81	21,28	0,0000	0,0590	357	0,244
	2 dias	1282,06	0,63	0,9224	0,0000	357	0,369
	1 dia	1102,62	52,73	0,0000	0,0947	357	0,308

**Tabela 3. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dias, em Extremoz/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).**

Ponto de Coleta	X	a	b	p	R <sup>2</sup>	N	r
<b>EX1</b>	7 dias	136,04	1,85	0,0604	0,0099	334	0,306
	5 dias	142,63	1,88	0,0936	0,0079	334	0,276
	3 dias	162,70	1,48	0,3350	0,0026	334	0,188
	2 dias	90,58	3,57	0,0009	0,0355	310	0,188
	1 dia	103,81	3,35	0,0555	0,0116	318	0,108
<b>EX2</b>	7 dias	44,39	0,83	0,0423	0,0124	334	0,111
	5 dias	51,65	0,63	0,1736	0,0056	334	0,075
	3 dias	60,00	0,38	0,5500	0,0011	334	0,033
	2 dias	65,52	0,40	0,6432	0,0007	310	0,026
	1 dia	68,25	-0,28	0,8408	0,0404	318	-0,011
<b>EX3</b>	7 dias	41,58	0,62	0,1431	0,0064	334	0,08
	5 dias	43,01	0,67	0,1613	0,0059	334	0,077
	3 dias	51,18	0,46	0,4784	0,0015	334	0,039
	2 dias	53,00	0,79	0,3742	0,7921	310	0,051
	1 dia	52,65	1,57	0,2763	0,0038	318	0,061

## ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos mostram que a dinâmica temporal de coliformes termotolerantes não apresenta padrão durante o período avaliado; e, quando analisados ponto a ponto, também não são encontradas tendências sazonais, ou ainda valores maiores em meses ou períodos específicos (como os meses de férias, em que se espera maior número de banhistas e, por isto, maiores níveis de poluição). Resultados similares ocorrem na Índia (rio Yamuna), onde as concentrações de poluentes nos meses de verão não divergem dos meses de inverno (Mandal et al., 2009).

No caso da relação com as precipitações pluviométricas acumuladas, percebe-se que há maior influência do total precipitado durante os três dias anteriores à coleta de água (mas ainda pequena). Esse resultado se assemelha aos obtidos em Taiwan (praia de Chi-Ting), onde a precipitação parece afetar a qualidade das águas balneares rapidamente, e o efeito geralmente persiste por um a três dias. No entanto, lá foi comprovada, diferente daqui, a influência substancial da precipitação na qualidade da água desta localidade (Hsu e Huang, 2007).

Donahue et al. (2017) apresentaram os efeitos da geomorfologia das praias na concentração de bactérias indicadoras fecais, mas, em nossa região (Fig. 1), as praias apresentam geomorfologia similares e praticamente lineares, e a dinâmica de coliformes não pode ser explicada por este atributo.

## CONCLUSÃO

Não existem tendências detectáveis nas dinâmicas temporais de coliformes termotolerantes nas praias do litoral potiguar, além disso, esta variável, indicadora de balneabilidade, não está correlacionada com a pluviosidade da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNOLD, CL; GIBBONS, CJ. Cobertura de superfície impermeável: o surgimento de um indicador ambiental chave. Amer. Planejamento. Assn. J., 62: 243-258, 1996.
2. BRASIL, EMBRATUR; FIPE. Estudo da Demanda Turística Internacional 2016. Brasil, Julho/2017. Disponível em <<http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/>>. Acesso em: 21/10/2017.
3. CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Balneabilidade. Praias 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidade/>>. Acesso em: 21/10/2017.
4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.
5. DONAHUE, ALLISON; FENG, ZHIXUAN; KELLY, ELIZABETH; RENIERS, AD; SOLO-GABRIELE, HELENA M. Significance of beach geomorphology on fecal indicator bacteria levels. Marine Pollution Bulletin 121 (2017) 160-167.
6. HSU, BING-MU; HUANG, YU-LI. Intensive water quality monitoring in Taiwan bathing beach. Environ Monit Assess (2008) 144:463-468.
7. LOPEZ-PILA, J. M. 1998. Some economic and political consequences of pathogens in land and coastal waters. Europ. WaterManage. 1, 70-77.
8. MANDAL, PAPIYA; UPADHYAY, RAHUL; HASAN, AZIZ. Seasonal and spatial variation of Yamuna River water quality in Delhi, India. Environ Monit Assess (2010) 170:661-670.
9. WORLD TOURISM ORGANIZATION (UNWTO) (2016), Tourism Highlights – 2016 Edition, UNWTO, Madrid, Spain.
10. WORLD TOURISM ORGANIZATION (UNWTO) (2017), Tourism Highlights – 2017 Edition, UNWTO, Madrid, Spain.