

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### **FREQUÊNCIA DE COLIFORMES FECAIS EM PRAIAS DO LITORAL POTIGUAR (RN)**

*Amanda Carla Batista Querino da Rocha<sup>1\*</sup>; André Luis Calado Araújo<sup>2</sup> & Ronaldo Angelini<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O desenvolvimento do turismo de “Sol e Praia” aumentou a preocupação com a qualidade da água e balneabilidade das praias. 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. Este trabalho analisou a dinâmica de concentrações de coliformes fecais nas praias do Rio Grande do Norte entre 2010 e 2016. Os resultados mostram que 6% das amostras na cidade de Natal (RN) apresentam concentrações de microorganismos acima do limite tolerado. Também foi detectado que o ponto de coleta de água mais próximo a desembocadura do rio Potengi (RE1) tem a maior frequência de concentrações elevadas de coliformes termotolerantes (24%). Além disso, há forte relação entre a frequência de valores de coliformes e o ponto de coleta de água.

**ABSTRACT**– The increase of “Beach and Sun” tourism has been affected the quality of beach water and balneability. The most common impacts on coastal environments are caused by deficiencies in basic sanitation and by disordered land use, which spread pollutants on the sea reducing, affecting public health. This work analyzed the dynamics of fecal coliform concentrations on the beaches of Rio Grande do Norte State (Brazil). Results showed that 6% of samplings in Natal’s City (RN) has values higher than the accepted level. Also was detected that beaches closer River’s mouth have higher coliform concentration (24% in main Potengi River). Moreover, there is a strong relationship between the fecal coliform frequency values to water sampling points.

**Palavras-Chave** – Balneabilidade. Qualidade da água. Tabela de contingência.

1) Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN. Cx. Postal 1524 , Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal – RN; amandacbqr@gmail.com.

2) Professor da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal – RN, CEP: 59015-000; andre.calado@ifrn.edu.br.

3) Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Cx. Postal 1524 , Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal – RN; ronangelini@gmail.com.

\*Autor correspondente

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas seis décadas, o turismo experimentou expansão e diversificação contínuas para se tornar um dos maiores setores econômicos (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, 2016).

De modo geral, essas atividades turísticas 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.

Assim, por exemplo, o rápido e descontrolado desenvolvimento das áreas costeiras do Mediterrâneo, para acomodar o turismo em massa, resultou na deterioração da qualidade da água dos corpos d’água adjacentes, gerando níveis de poluição que vão de moderado a severo (Kamizoulis e Saliba, 2003). Também, na Praia da Curva da Jurema, em Vitória/ES (Brasil), detectou-se que as concentrações de coliformes fecais apresentam valores maiores nos meses em que há um maior afluxo de turistas na região (Dalfior e Sant’Anna, 2004).

A qualidade dessas águas, destinadas à recreação de contato direto e prolongado (natação, mergulho, esqui-aquático, etc), 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.

Essa concentração de coliformes fecais é o parâmetro indicador básico para a classificação das praias quanto a sua balneabilidade, em termos sanitários (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).

No entanto, em períodos mais extensos de chuvas, ao lavar as áreas impermeáveis da zona urbana, há uma queda na contaminação carreada, pois os contaminantes são “diluídos” antes de sua possível chegada aos corpos receptores de esgotos e de estações de tratamento de esgotos (Barros *et al.*, 2015).

A maré alta também aumenta a frequência de elevadas concentrações de coliformes fecais, na zona costeira, (Vieira *et al.*, 2009). Já as correntes marítimas auxiliam na dispersão desses poluentes (Silva *et al.*, 2009), bem como os ventos, que ao formarem ondas, influenciam os processos de transporte e diluição das bactérias no corpo hídrico (Kinzelman *et al.*, 2004).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica de concentrações de coliformes fecais presentes nas praias do Rio Grande do Norte, no período de 2010 a 2016, a fim de tentar entender suas variações e a qualidade das águas das praias do Estado, inclusive da capital Natal.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Conjunto de Dados**

Os dados de concentração de coliformes usados neste trabalho compreendem o período entre 2010 e 2016 e 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).

As amostragens de água foram realizadas sempre durante a maré baixa e à isobata aproximada de 1 (um) metro, que representa a região mais utilizada para recreação. Para as coletas, foram utilizados frascos estéreis de 250 ml, na profundidade de 30 cm abaixo da superfície da água. Depois de coletadas, as amostras foram preservadas em local refrigerado e transportadas ao laboratório de Águas e Esgotos do IFRN, para a determinação da concentração dos microorganismos coliformes termotolerantes (Medeiros, 2009).

### **2.2. Área de Estudo**

O Rio Grande do Norte possui mais de 400 km de faixa litorânea e cerca de 60 praias, tendo no turismo de “Sol e Praia”, além de um atrativo, uma importante fonte de renda. Os locais

atualmente acompanhados, que serão objeto do presente trabalho totalizam 45 estações de monitoramento, distribuídas ao longo de 10 municípios da costa potiguar.

### 2.3. Análises Estatísticas

Com a função de sintetizar e entender de maneira geral as concentrações de coliformes termotolerantes, foram utilizadas algumas ferramentas da estatística descritiva, como a média e o desvio padrão.

A fim de medir a intensidade da relação existente entre os pontos de coleta mais próximos entre si, ou de uma mesma praia, calculou-se o coeficiente de correlação de Spearman (Vieira, 2003), pois o conjunto de dados apresenta alta variabilidade, além de muitos outliers.

Objetivando a análise da frequência de valores de coliformes fecais superiores ou iguais a 1000 NMP/100ml (valor considerado crítico pelo CONAMA), foram elaboradas tabelas de contingência, também conhecidas como tabelas  $r \times s$  (Vieira, 2003). A essas tabelas de contingência, foram aplicados o teste de  $\chi^2$ , que compara as frequências observadas com as frequências esperadas (estimadas), sob a hipótese de independência, ao nível de significância de  $\alpha = 5\%$  ou  $10\%$  e com  $(r-1)(s-1)$  graus de liberdade (Vieira, 2003); em que  $r$  e  $s$  correspondem ao número de linhas e colunas da tabela de dados.

Baseado em  $\chi^2$ , calculou-se o coeficiente fi ( $\phi$ ) (equação 1), que tem a vantagem de ser padronizado pelo tamanho da amostra.

$$\phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}} \quad (1)$$

Sabendo que  $0 \leq \phi \leq 1$ , um valor pequeno de  $\phi$  indica pouca associação entre as variáveis em questão e um valor alto, grande associação. Segundo Vieira (2003), como regra prática, valores de  $\phi$  menores que 0,30 ou 0,35 podem ser tomados como indicadores de pequena associação.

Os cálculos foram realizados com o auxílio do software livre RStudio.

## 3. RESULTADOS

Os percentuais do número de vezes em que o ponto apresentou 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). É importante destacar que os valores de desvio padrão são bem maiores que suas respectivas médias (Tab.1), além do fato de que o número total de observações dos pontos de coleta varia bastante (Tab.2).

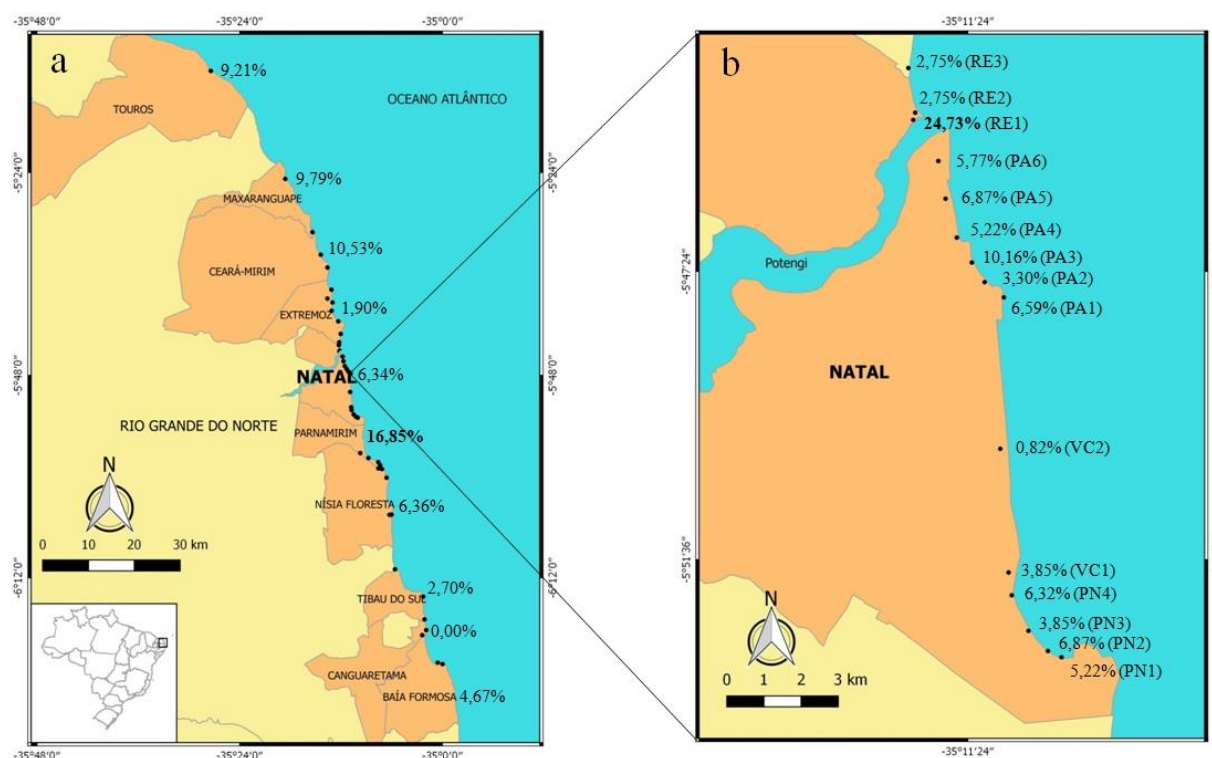


Figura 1. Frequência relativa (%) de valores superiores a 1000 NMP/100ml de água durante o período entre 2010 e 2016 para: a) os diferentes municípios da costa potiguar e b) os pontos de monitoramento na cidade de Natal.

Tabela 1. Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) nos 10 municípios do Rio Grande do Norte que apresentaram microorganismos em valores superiores ao limite. Natal (capital) foi dividida em praias: Ponta Negra (PN), Via Costeira (VC), Praia dos Artistas (PA) e Redinha (RE).

Município	Ponto de Coleta	Média	Desv.Pad.	Mín.	Máx.
Natal	PN1	280,146	1113,909	2	16000
	PN2	312,984	1071,277	2	16000
	PN3	181,157	485,054	2	3500
	PN4	210,247	622,717	2	5400
	VC1	151,868	456,2	2	3500
	VC2	54,679	260,24	2	3500
	PA1	269,772	1106,64	2	16000
	PA2	127,462	486,042	2	3500
	PA3	429,716	1332,704	2	16000
	PA4	235,736	849,659	2	9200
	PA5	741,764	5460,952	2	92000
	PA6	197,332	584,934	2	5400
	RE1	912,53	1547,052	2	16000
RE2	167,258	457,65	2	3500	
RE3	144,890	445,489	2	3500	
Baía Formosa		171,740	578,817	2	5400

<b>Canguaretama</b>	57,220	138,788	1	920
<b>Ceará-Mirim</b>	720,513	3045,161	2	2400
<b>Extremoz</b>	119,617	362,074	2	9200
<b>Maxaranguape</b>	438,174	1192,347	2	9200
<b>Nísia Floresta</b>	391,205	1995,665	2	54000
<b>Parnamirim</b>	633,900	1573,727	2	35000
<b>Tibau do Sul</b>	152,266	334,071	2	2400
<b>Touros</b>	404,211	1081,423	2	5400

A dependência entre a incidência de altas concentrações de coliformes termotolerantes e a localização dos pontos de coleta, bem como o seu grau de associação, foram verificados através do teste de  $\chi^2$  e do cálculo do coeficiente  $\phi$  (Tab.2), mostrando que apenas em Baía Formosa, Ceará-Mirim e Maxaranguape não existe essa associação.

Tabela 2. Frequência de valores maiores que 1000 NMP/100ml de água em relação ao número total amostrado para os municípios do RN, com os respectivos valores de  $\chi^2$  e  $\phi$  (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

<b>Município</b>	<b>Nº de pontos de coleta</b>	$\frac{N^{\geq 1000}}{Total}$	$\chi^2$	$\phi$
Natal	15	346/5460	266,19**	0,22
Baía Formosa	2	7/150	0,15	0,03
Canguaretama	2	0/150	-	-
Ceará-Mirim	2	16/152	13,69	0,30
Extremoz	7	44/2312	23,04**	0,10
Maxaranguape	2	14/151	1,32	0,09
Nísia Floresta	6	112/1762	383,99**	0,47
Parnamirim	5	301/1786	297,95**	0,41
Tibau do Sul	3	6/222	7,19*	0,18
Touros	1	7/76	-	-

A correlação dos valores de coliformes, entre os pontos de coleta, é maior entre os pontos localizados em uma mesma praia e aqueles mais próximos espacialmente (Tab.3; Veja pontos na Fig.1b).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Spearman entre os pontos localizados na praia dos Artistas (Natal-RN, Fig.1b) para o período entre 2010 e 2016. Todos os valores são significativos ( $p < 0,0001$ ).

<b>Pontos de Coleta</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA4</b>	<b>PA5</b>
<b>PA2</b>	0,536				

<b>PA3</b>	0,434	0,502			
<b>PA4</b>	0,383	0,430	0,460		
<b>PA5</b>	0,337	0,381	0,416	0,437	
<b>PA6</b>	0,324	0,321	0,427	0,383	0,456

A correlação existente entre os dois pontos localizados na Via Costeira (VC1 e VC2) foi baixa ( $r = 0,358$ ), mas significativa ( $p < 0,0001$ ). Na praia da Redinha, também foram encontrados valores de correlação de Spearman significativos entre os pontos RE3 e RE2,  $r_s = 0,558$ , RE3 e RE1,  $r_s = 0,374$  e RE2 e RE1,  $r_s = 0,442$  (pontos em Fig.1b).

Assim como foram calculados  $\chi^2$  e  $\phi$  para os municípios do RN (Tab.2), calculou-se para as praias de Natal/RN (Tab.4).

Tabela 4. Frequência de valores maiores que 1000 NMP/100ml de água em relação ao número total amostrado para as principais praias de Natal (RN), com os respectivos valores de  $\chi^2$  e  $\phi$  para as praias de Natal-RN (\*\* $p < 0,01$ ).

Praia	Nº de pontos de coleta	$N^\circ \geq 1000$	Ponto de Coleta	
		Total	$\chi^2$	$\phi$
Ponta Negra	4	81/1456	3,7	0,05
Redinha	3	110/1092	129,40**	0,34
Praia dos Artistas	6	138/2184	15,87**	0,09
Via Costeira	2	17/728	7,29**	0,10

A praia de Ponta Negra (PN), cartão postal do Estado, apresenta correlação positiva e significativa entre os seus quatro pontos de monitoramento (Tab. 5). Quanto à variação nas concentrações de coliformes termotolerantes, parece não existir nenhuma tendência clara (Fig.2), mesmo quando são retirados os valores superiores a 2000 NMP/100ml.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman entre os pontos localizados na praia de Ponta Negra (Natal-RN) para o período entre 2010 e 2016. Todos os valores são significativos ( $p < 0,0001$ ).

Pontos de Coleta	PN1	PN2	PN3
<b>PN2</b>	0,501		
<b>PN3</b>	0,353	0,540	
<b>PN4</b>	0,247	0,367	0,488



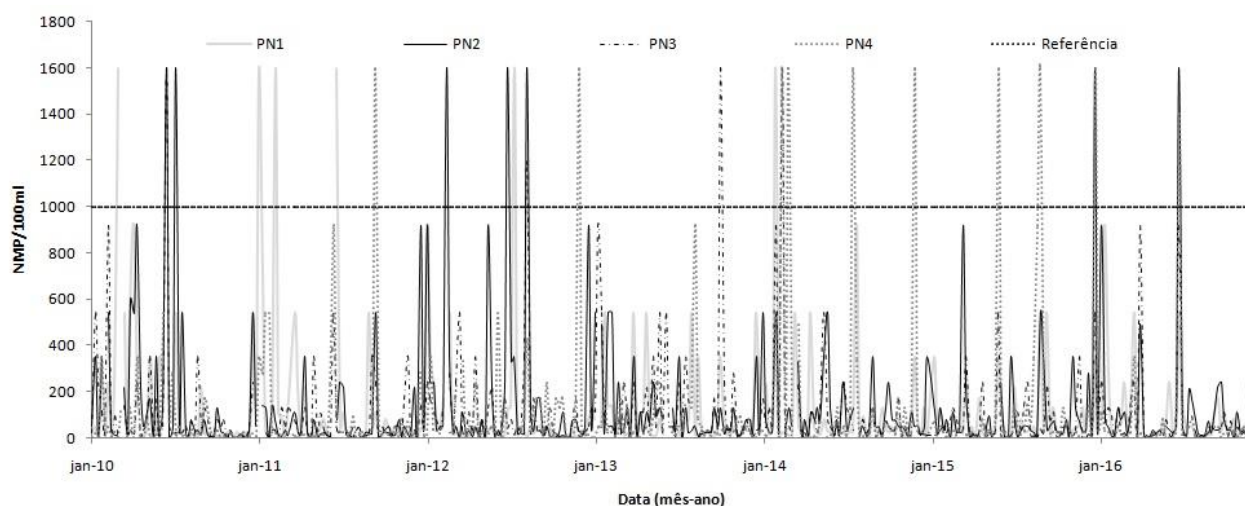


Figura 2. Série temporal de coliformes fecais (NMP/100ml) entre 2010 e 2016 em quatro pontos de coleta da praia de Ponta Negra, Natal/RN. Todos os valores acima de 2000 NMP/100ml foram retirados da série.

#### 4. DISCUSSÃO

Há alta variação nos valores de microorganismos obtidos para todos os pontos de coleta entre o período de 2010 e 2016. Além disso, por volta de 7% das amostragens apresentam concentrações acima do valor máximo tolerado (1000 NMP/100ml). Detectou-se também, entre os pontos mais próximos, especialmente para a praia de Ponta Negra (cartão postal da cidade), similaridade no comportamento dos dados de coliformes.

Não foi possível identificar uma tendência de crescimento dos valores de coliformes, nem mesmo em uma determinada estação (chuvosa ou seca) ou em períodos considerados de maior afluxo de turistas (entre os meses de dezembro e fevereiro ou julho), como foi observado em outros locais do Brasil (Dalfior e Sant'Anna, 2004; Arnold e Gibbons, 1996).

Durante os anos de 2010 a 2016, as praias monitoradas pelo Programa Água Azul, no Rio Grande do Norte, apresentaram, de forma geral, elevadas médias de coliformes por 100ml de água, o que pode ser indicativo de perigo à saúde dos banhistas. A frequência destes valores também se mostrou alta, especialmente nas praias próximas a rios, sugerindo a ocorrência de lançamento de esgoto em seu curso.



## 5. REFERÊNCIAS

- ARNOLD, C.L; GIBBONS, C.J. (1996). “*Cobertura de superfície impermeável: o surgimento de um indicador ambiental chave*”. Amer. Planejamento. Assn. J., 62: 243-258.
- Balneabilidade. Praias 2017. Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidade/>>. Acesso em: 21/10/2017.
- BARROS, D. J.; MARQUES, A. K.; MORAIS, P. B. (2015). “*Avaliação ambiental com base em indicador microbiológico de balneabilidade no município de Palmas-TO*”. J. Bioen. FoodSci., v. 2, n.4: p.172-177.
- 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.
- BRASIL, Ministério do Turismo. (2006). “*Segmentação do Turismo: Marcos Conceituais*”. Brasília: Ministério do Turismo.
- 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.
- DALFIOR, J. S; SANT’ ANNA, R. O. (2004). “*Variabilidade da Concentração de Coliformes Fecais na Praia da Curva da Jurema*”. Monografia (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental) Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (CEFETES), Vitória.
- KAMIZOULIS, GEORGE; SALIBA, LOUIS. (2003). “*Development of coastal recreational water quality standards in the Mediterranean*”. Environmental international. Greece, 30, 841-854.
- KINZELMAN, J.; MCLELLAN, S. L.; DANIELS, A. D.; CASHIN, S.; SINGH, A.; GRADUS, S.; BAGLEY, R. (2004). “*Non-point source pollution: Determination os replication versus persistence os Escherichia coli in surface water and sediments with correlation of levels to readily measurable environmental parameters*”. Journal of Waterand Health, v. 2, n. 2, p. 103-114.
- LOPEZ-PILA, J. M. (1998). “*Some economic and political consequences of pathogens in land and coastal waters*”. Europ. Water Manage. 1, 70–77.
- MEDEIROS, J. R. (2009). “*Influência das águas da bacia hidrográfica Pirangi na balneabilidade das praias de Pirangi, nos municípios de Nísia Floresta e Parnamirim – Rio Grande do Norte, Brasil*”. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- VIEIRA, SONIA. (2003). *Bioestatística: tópicos avançados*. Rio de Janeiro: Campus.
- VIEIRA, R. H. S. F., CATTER, K. M., SAKER-SAMPAIO, S., RODRIGUES, D. P., THEOPHILO, G. N. D. & FONTELES-FILHO, A. A. (2009). “*Specificity of a defined substrate*

*method used to monitor balneability of tropical coastal Waters impacted by polluted stormwater”.*

Journal of Water and Health, 08.3, 543–549, Mar/ 2010.

World Tourism Organization (UNWTO). (2016). “*Tourism Highlights – 2016 Edition*”. UNWTO, Madrid, Spain.