



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

CIBELE RODRIGUES COSTA

**AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE EM PRAIAS DA COSTA LESTE DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Recife
2021

CIBELE RODRIGUES COSTA

**AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE EM PRAIAS DA COSTA LESTE DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Oceanografia.

Área de concentração: Oceanografia Abiótica.

Orientadora: Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa.

Recife

2021

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C837e Costa, Cibele Rodrigues.
Avaliação da balneabilidade em praias da costa leste do nordeste brasileiro / Cibele Rodrigues Costa. - 2021.
101 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2021.
Inclui Referências.

1. Oceanografia. 2. Qualidade microbiológica da água. 3. Gestão costeira. 4. Poluição marinha. 5. Cultura de praia. 6. Patógenos. 7. conservação. I. Costa, Monica Ferreira da (Orientadora). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.) BCTG/2022-110

CIBELE RODRIGUES COSTA

**AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE EM PRAIAS DA COSTA LESTE DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Oceanografia. Área de concentração: Oceanografia Abiótica.

Aprovada em: 31/05/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Maria Christina Barbosa de Araújo (Examinadora externa)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Profa. Dra. Iracema Reimão Silva (Examinadora externa)
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Davis Pereira de Paula (Examinador externo)
Universidade Estadual do Ceará

Dr. Thiago Luiz do Vale Silva (Examinador externo)
Agência Pernambucana de Águas e Clima

Prof. Dr. José Rodrigues de Souza Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu forças para seguir, não deixando que meus ânimos e as minhas esperanças se esgotassem, mesmo diante de todas as dificuldades.

À Capes, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, pela oportunidade de realizar este curso.

Às agências ambientais (SEMACE, IDEMA, SUDEMA, CPRH, IMA, ADEMA e INEMA) pela disponibilização dos dados e de tempo, sem os quais essa pesquisa não poderia ter sido desenvolvida.

À minha mãe, meu pai e minhas irmãs, que me incentivaram a crescer, pelo companheirismo, por todo o apoio, por sempre acreditarem em mim, por não me deixar desistir.

Aos amigos do LEGECE e PPGO e a todos os colegas de Pós-Graduação pelas conversas, apoios e ensinamentos.

Aos de sempre e novos amigos (espalhados pelo Brasil) e a Mozão por aguentarem todos os desesperos todos esses anos, além de sempre estarem presentes de alguma forma, mesmo quando a distância física é grande e a pandemia não permite estarmos juntos.

Por fim, à mais paciente orientadora, Monica. Obrigada pelos ensinamentos acadêmicos e não acadêmicos, pela disponibilização de tempo, pelo companheirismo, pelo incentivo e motivação que contribuíram para o meu desenvolvimento técnico, intelectual e humano. Todo o meu respeito e minha admiração a essa mulher incrível.

RESUMO

A qualidade microbiológica das praias é e necessita ser uma preocupação constante de órgãos públicos e da população. No Brasil e no Nordeste, os efluentes domésticos não tratados, aportes pluviais e aportes fluviais, constituem os maiores problemas de poluição marinha. O objetivo deste trabalho foi, a partir de dados secundários da qualidade microbiológica da água das praias produzidos pelas Agências Estaduais de Meio Ambiente (AEMAs), estudar os padrões espaço-temporais dos índices de balneabilidade na Região Nordeste do Brasil. Os dados cedidos pelas AEMAs foram coletados e permitiram a avaliação da qualidade da água das capitais da costa leste do Nordeste, além da qualidade das praias de toda a costa pernambucana. Foram calculados a frequência de ocorrência de imprópria, o Índice Anual de Balneabilidade além da realização de análise de regressão linear para cada município estudado. De maneira geral, as praias se mantem com melhor qualidade durante a época com menor concentração de chuvas. Foi possível constatar que a balneabilidade, apesar de ser influenciada por fatores meteorológicos e oceanográficos, como quantidade de precipitação e alterações de maré, o principal fator de queda é a falta de saneamento ambiental. Os programas de monitoramento apresentam algumas falhas como na manutenção da frequência de coleta, baixa densidade de pontos e divulgação restrita. A contaminação fecal recente da água (e do sedimento) das praias, que pode ser indicada por baixos índices de balneabilidade, o que também sugere a chegada de outros poluentes importantes associados ao esgoto doméstico que afetam a saúde humana e a qualidade de vida, inclusive de outras espécies marinhas e costeiras.

Palavras-chave: qualidade microbiológica da água; gestão costeira; poluição marinha; cultura de praia; patógenos; conservação.

ABSTRACT

Microbiological quality of the beaches must be a constant concern of public agencies and the population. In Brazil and the Northeast, domestic effluents and rainwater supplies are one of the biggest problems of marine pollution. The objective of this study was, based on secondary data on the microbiological quality of beach water produced by the AEMAs, to study the spatio-temporal patterns of bathing indexes in the Northeast Region of Brazil. Data provided by AEMAs were collected and allowed the assessment of water quality east coast capitals of the Northeast, in addition to quality of the beaches of the Pernambuco coast. The frequency of improper occurrence was calculated, the Annual Bathing Index, in addition to performing linear regression analysis for each municipality studied. In general, beaches remain with better quality during season with less rainfall. It was possible to verify that bathing, in spite of being influenced by meteorological and oceanographic factors, such as amount of precipitation and changes in tide, the main factor of fall is the lack of environmental sanitation. Monitoring programs have some flaws, such as the maintenance sampling frequency, low density of points and restricted disclosure. Recent faecal contamination of water (and sediment) on beaches, which can be indicated by low levels of bathing, which also suggests the arrival of other important pollutants associated with domestic sewage that affect human health and quality of life, including other marine and coastal species.

Keywords: microbiological water quality; coastal management; marine pollution; beach culture; pathogens; conservation.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 -	Localização dos estados estudados na região Nordeste. Os estados em cinza não foram incluídos neste estudo.....	21
Figura 2 -	Precipitação total mensal (média \pm desvio) para o período estudado, para cada capital.....	28
Figura 3 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Fortaleza no período de 2014 a 2017 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)	30
Figura 4 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Natal no período de 2009 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	31
Figura 5 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em João Pessoa no período de 2013 a 2017 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	31
Figura 6 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Recife no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	32
Figura 7 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Maceió no período de 2007 a 2015 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	33
Figura 8 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Aracaju no período de 2005 a 2015 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	34
Figura 9 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Salvador no período de 2012 a 2017 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	35
Figura 10 -	Variação do IAB (%) ao longo do tempo estudado nas capitais.....	37

ARTIGO 2

Figura 1 -	Mapa da distribuição dos 47 atuais pontos amostrais distribuídos pelos 11 municípios do litoral de Pernambuco que contam com	
------------	--	--

	monitoramento da qualidade da água das praias pela Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH.....	50
Figura 2 -	Precipitação total mensal (média ± desvio) para o período estudado, para cada município.....	55
Figura 3 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Goiana no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	57
Figura 4 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Ilha de Itamaracá no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	58
Figura 5 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Paulista no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	59
Figura 6 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Olinda no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	60
Figura 7 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Recife no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	61
Figura 8 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Jaboatão dos Guararapes no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	62
Figura 9 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Cabo de Santo Agostinho no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	63
Figura 10 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Ipojuca no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	64
Figura 11 -	Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Sirinhaém no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	65

Figura 12 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Tamandaré no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	66
Figura 13 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de São José da Coroa Grande no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b).....	67
Figura 14 - Variação do IAB (%) ao longo do tempo estudado nas capitais.....	69

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Listagem das Agências Estaduais de Meio Ambiente e seus respectivos estados e sites.....	23
Tabela 2 - Layout de tabela construída para padronização dos dados coletados.....	24
Tabela 3 - Listagem de metodologias empregadas e microrganismo analisado, com os seus limites, para cada estado.....	24
Tabela 4 - Critérios para o cálculo do Índice Anual de Balneabilidade (IAB).....	26
Tabela 5 - Precipitação total mensal média (\pm desvio) para o período estudado, para cada capital. Em destaque em azul, o ápice da estação chuvosa em cada capital.....	27
Tabela 6 - Índice Anual de Balneabilidade calculado para as capitais.....	36

ARTIGO 2

Tabela 1 - Critério para o cálculo do índice anual de balneabilidade.....	53
Tabela 2 - Precipitação total mensal média (\pm desvio) para o período estudado, para cada capital. Em destaque em azul, o mês mais chuvoso e em amarelo o mês mais seco.....	54
Tabela 3 - Índice Anual de Balneabilidade calculado para as capitais.....	68
Tabela 4 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, volume de água tratada fornecida e consumido por dia e volume de esgoto tratado por dia nos municípios onde há monitoramento da balneabilidade em Pernambuco.....	73

ARTIGO 3

Tabela 1 -	Listagem das Agências Estaduais de Meio Ambiente, seus respectivos estados e sites, informação disponível online e situação da disponibilização dos dados após contato estabelecido.....	82
Tabela 2 -	Metodologia de bancada e o microrganismo pesquisado em cada agência.....	85
Tabela 3 -	Listagem dos estados com a frequência de coleta, nas capitais e no interior dos estados.....	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Estrutura da Tese	14
2 OBJETIVOS E HIPÓTESE.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
2.3 Hipótese	16
3 AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE NAS CAPITALS DA COSTA LESTE DO NORDESTE	17
4 AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE NA COSTA PERNAMBUCANA NO PERÍODO DE 2005 A 2016.....	47
5 PROGRAMAS DE MONITORAMENTO DA BALNEABILIDADE DE PRAIAS RECREATIVAS NO NORDESTE DO BRASIL.....	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS	95

1 INTRODUÇÃO

No litoral brasileiro, a desordenada e intensa ocupação das zonas costeiras, devido às diversas pressões do desenvolvimento turístico e imobiliário, e do aumento da densidade demográfica, a falta de planejamento e estrutura para descartes de resíduos sólidos, tratamento de efluentes domésticos e industriais, degradação de ecossistemas costeiros (BURAK; DOĞAN; GAZIOĞLU, 2004; LANDRIGAN et al., 2020; MAGAROTTO et al., 2016; SILVA et al., 2009) resulta em problemas ambientais e de saúde pública, afetando atividades como o lazer, a pesca, a aquicultura, e comprometendo o modo de vida das comunidades locais (AZEVEDO LOPES et al., 2016; BURAK; DOĞAN; GAZIOĞLU, 2004). Finalmente, esse cenário infelizmente consolidado reduz as possibilidades de conservação costeira e marinha.

A qualidade da água não está representada apenas pelas suas características físicas e químicas, mas por todo o funcionamento do ecossistema (AZEVEDO LOPES et al., 2016; BURAK; DOĞAN; GAZIOĞLU, 2004). Esta qualidade se deve à influência do efeito combinado de muitos processos que ocorrem num corpo d'água (LI; LIU, 2019). O lançamento de efluentes e esgotos domésticos, sem tratamento, assim como a drenagem de águas superficiais lançadas nas águas costeiras constituem um grave problema para o meio ambiente e para a saúde pública. Apesar de fonte de matéria orgânica e nutriente, que elevam a produtividade primária das águas costeiras, são também responsáveis pela contaminação microbiológica e química da água, do ambiente e dos organismos aquáticos (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; PHILIPPI JUNIOR, 2017).

A situação descrita acima leva a perda da qualidade da água inclusive para fins recreativos, ao diminuir os índices de balneabilidade. Essa forma de expressão de qualidade da água, a balneabilidade, pode ser definida como sendo uma propriedade das águas para fins de recreação de contato primário (banho, imersão), sendo necessário para sua avaliação o estabelecimento de critérios que devem estar baseados em indicadores a serem monitorados e seus valores confrontados com padrões preestabelecidos (CONAMA, 2005; CONAMA, 2000; POND, 2005). A identificação das condições de balneabilidade em um determinado local pode fornecer uma melhor orientação aos usuários (POND, 2005) para uma tomada de decisão mais bem informada.

A contaminação do ambiente costeiro se dá a partir de fontes pontuais e/ou difusas de efluentes continentais, sejam eles rios, esgoto doméstico ou aporte urbano (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; MOONEY; KNOX; SCHACHT, 2015; PHILIPPI JUNIOR, 2017). Geralmente, a contribuição predominante é a de fontes pontuais de contaminação como o descarte de esgoto e resíduos contaminados diretamente na areia e água da praia ou indiretamente por meio de rios, riachos e galerias pluviais costeiras (BUSS; OLIVEIRA; BAPTISTA, 2008; FRANÇA; CASAGRANDE; FORTUNA, 2018). Fontes difusas também podem contribuir para a contaminação de origem fecal das praias, como exemplo, água subterrânea contaminada e areia expostos à contaminação prévia (COSTA; COSTA, 2020; FRANÇA; CASAGRANDE; FORTUNA, 2018; GRIFFITH et al., 2016; PRAVEENA et al., 2016; ZUZA-ALVES et al., 2016, 2019). Outra fonte de esgotos domésticos para as águas costeiras são embarcações de diversos tipos, usos e tamanhos, tanto em trânsito quanto atracadas.

A qualidade microbiológica das praias, principalmente nas localizadas com áreas de grande afluência de usuários das praias e centros de desenvolvimento turístico, deve ser uma preocupação constante de órgãos públicos e da população, uma vez que os efluentes domésticos e aportes pluviais, constituem um dos maiores problemas de poluição marinha a nível global, em volume de material poluente despejado, além dos danos ambientais associados (HOWLETT-MARTIN, 2012; LANDRIGAN et al., 2020; PIFFER et al., 2017).

1.1 Estrutura da Tese

Este documento de Tese está dividido em 3 capítulos, os quais:

- O capítulo 1, intitulado “Avaliação da Balneabilidade nas Capitais da Costa Leste do Nordeste”, faz uma análise da evolução, do período de 2005 a 2018, da balneabilidade através de dados históricos de qualidade da água das praias urbanas das capitais dos estados da Costa Leste do Nordeste;
- O capítulo 2, intitulado “Avaliação da Balneabilidade na Costa Pernambucana no período de 2005 a 2016”, avalia as tendências das condições sanitárias e o risco potencial de se contrair doenças infectocontagiosas com o uso do ambiente aquático para a recreação em praias da costa pernambucana;

- Por fim, o capítulo 3, “Programas de monitoramento da balneabilidade de praias recreativas no Nordeste do Brasil” que avalia a disponibilidade de dados dos programas de monitoramento da balneabilidade de praias recreativas na região Nordeste do Brasil para fins de gestão desses ambientes, além de propor reflexão e possíveis melhorias desses programas.

Os capítulos foram escritos em forma de artigos científicos. Estão em processo de preparação para submissão e publicação em diferentes periódicos.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESE

2.1 Objetivo Geral

A partir de dados secundários da qualidade microbiológica da água das praias produzidos pelas agências estaduais de meio ambiente (AEMAs), estudar os padrões espaço-temporais dos índices de balneabilidade do Nordeste do Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- Compilar e padronizar os dados de índices de balneabilidade de praias para os estados do Nordeste do Brasil;
- Identificar se há relações entre os índices de balneabilidade das praias e os índices pluviométricos;
- Identificar se há padrões espaço-temporais para os índices de balneabilidade das praias;
- Comparar esses padrões e relações entre os diferentes estados da região;
- Construir uma visão crítica sobre os resultados dos programas de monitoramento e sugerir melhorias para os programas de monitoramento das praias.

2.3 Hipótese

A hipótese (H_0) que foi testada é a de que os programas de monitoramento da qualidade microbiológica (índices de balneabilidade) das praias da região Nordeste do Brasil, conduzidos pelas agências estaduais de meio ambiente, são suficientes para identificar as condições de qualidade da água utilizada para recreação de contato primário, de forma a proteger a saúde dos usuários da praia.

3 AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE NAS CAPITAIS DA COSTA LESTE DO NORDESTE

1. Introdução

No contexto dos países onde questões ambientais tem sua relevância devidamente considerada, o Brasil continua relativamente em déficit no que tange ações para resolução de problemas básicos a população, o que o torna vulnerável às diferentes consequências sociais, econômicas e ambientais (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; LANDRIGAN et al., 2020; MOONEY; KNOX; SCHACHT, 2015; PHILIPPI JUNIOR, 2017). Seja nas ações fiscalizadoras e punitivas, seja na modernização da legislação vigente; seja em investimentos na educação da população ou ainda em investimentos em manutenção de soluções já existentes; o país ainda não consegue grandes avanços (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; ESPÍNOLA; FERREIRA; MARQUES JUNIOR, 2020; PEREIRA DE GUSMÃO; BORGES MEDEIROS PAVÃO, 2020; PHILIPPI JUNIOR, 2017).

Dentre estes problemas primários, está a falta de saneamento básico universal. Por definição, saneamento básico universal é o conjunto de práticas que tem por objetivo propiciar maior higiene e melhorar a qualidade de vida da população, controlando a contaminação ambiental, de forma a evitar doenças, sobretudo aquelas veiculadas pela água (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; LANDRIGAN et al., 2020; PHILIPPI JUNIOR, 2017). É estabelecido através de ações como o fornecimento de água potável de qualidade, esgotamento sanitário, tratamento de efluentes, coleta de lixo, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente (<http://www.capacidades.gov.br/>; <https://dados.gov.br/>).

O Nordeste do Brasil é a região que apresenta o litoral mais extenso (cerca de 3.300 km entre os quase 8.000 km) da costa brasileira (CEMBRA, 2012; IBGE, 2011) e onde apenas 35% do esgoto doméstico é recolhido e tratado, abaixo do considerado satisfatório (70%). Essa é a segunda região com o pior índice de saneamento no país, estando atras apenas da região Norte (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; PHILIPPI JUNIOR, 2017; <http://www.tratabrasil.org.br/>). Dessa forma, muitas vezes esses efluentes parcialmente ou não tratados são lançados diretamente nos rios, canais ou até diretamente no mar, influenciando fortemente e de maneira negativa a qualidade

da água. Conseqüentemente, há uma perda da balneabilidade das praias, o que gera conflitos com os usos que se pretende para esses espaços (CRISTIANO et al., 2017; SCHERER et al., 2020; SILVA et al., 2014).

A balneabilidade é um dos parâmetros de qualidade de água monitorados no Brasil e na região, e pode ser definida como sendo uma propriedade das águas para fins de recreação de contato primário de longa exposição e com possibilidade de ingestão de água (natação, mergulho, esqui aquático) (CONAMA, 2000). Essa propriedade precisa ser observada e garantida para que os usos como o banho e atividades esportivas ocorram sem prejuízos à saúde humana, independente de faixa etária ou outros recortes da população. A identificação das condições de balneabilidade em um determinado local fornece orientação aos usuários sobre as possibilidades de uso das águas naturais (CONAMA, 2000; POND, 2005; <https://www.who.int/>).

Para a sua avaliação, são estabelecidos critérios baseados em microrganismos indicadores a serem monitorados e seus valores confrontados com padrões preestabelecidos na legislação. Esses critérios são consolidados e utilizados há décadas na maioria dos países do mundo (WHO, 2003). Em águas marinhas, é determinada a partir da quantificação de bactérias do grupo coliforme presentes na água, onde os coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e/ou Enterococos são avaliados (CONAMA, 2000). São grupos ou espécies de microrganismos que, quando presentes, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal recente e, conseqüentemente, também sobre a possível presença de outros patógenos de origem animal (COSTA; COSTA, 2020; POND, 2005).

Um corpo d'água contaminado pode reunir um grande conjunto de agentes transmissores de doenças (BETANCOURT et al., 2014; EFSTRATIOU, 2001; EFSTRATIOU; MAVRIDOU; RICHARDSON, 2009; LOVE et al., 2014; SHIBATA et al., 2004). Existem inúmeros efeitos que a má qualidade da água (e da areia) das praias pode ocasionar na saúde da população que as frequenta, como doenças de veiculação hídrica. Gastroenterites, infecções de olhos, pele, ouvidos, nariz e garganta são as doenças mais comuns em banhistas. Porém em locais contaminados há também o risco de ocorrência de doenças mais graves, tais como disenteria, cólera, hepatite A e febre tifoide (POND, 2005; YOUNG, 2016). No caso da contaminação também das areias, diversas doenças de pele provocadas por infecções por fungos

também são possíveis (COSTA; COSTA, 2020; GRIFFITH et al., 2016; PRAVEENA et al., 2015, 2016; ZUZA-ALVES et al., 2016, 2019).

Monitorar a qualidade das águas destinadas a atividades de contato primário vai muito além de isoladamente uma questão de saúde pública, é também uma questão de conservação da natureza e extremamente importante para a instância econômica, em especial, nos municípios costeiros onde o comércio e serviços dependem sobremaneira do turismo de sol, areia e mar (ARAÚJO; COSTA, 2008b; BUSS; OLIVEIRA; BAPTISTA, 2008; MMA, 2006; PAGE-KARJIAN; PERRAULT, 2021). Animais marinhos também podem ser infectados por microrganismos provenientes de efluentes não tratados, existindo um amplo corpo de literatura sobre isso. Apenas alguns exemplos conhecidos, são a transmissão da toxoplasmose para mamíferos (ALEXIS; MAMANI, 2020; HUNTINGTON et al., 2021; SHAPIRO et al., 2019) e do papilomavirus para tartarugas (BALLADARES et al., 2002; PAGE-KARJIAN; PERRAULT, 2021).

As nove capitais costeiras da região Nordeste compreendem a localidade que abriga a sede do governo, além de serem as cidades mais desenvolvidas do estado no âmbito político, econômico, social e cultural (<https://www.ibge.gov.br/>). Elas também apresentam praias urbanas, frequente e intensamente utilizadas para recreação pela população local e por turistas (com exceção de Teresina, localizada na mesorregião do Centro-Norte Piauiense (HOWLETT-MARTIN, 2012; PIFFER et al., 2017)).

Dentro deste contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma análise da evolução da balneabilidade através de dados históricos de qualidade da água das praias urbanas das capitais dos estados da Costa Leste do Nordeste (Fortaleza a Salvador) levando em consideração variações sazonais da pluviometria.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A região Nordeste do Brasil tem, em sua composição territorial, nove estados brasileiros e área de cerca de 1.500.000 km², correspondente a 18% do território do Brasil (CEMBRA, 2012; IBAMA, 2006; IBGE, 2011; MMA, 2006, 2010). Se limita ao norte e ao leste, com o Oceano Atlântico; ao sul, com os Estados de Minas Gerais e

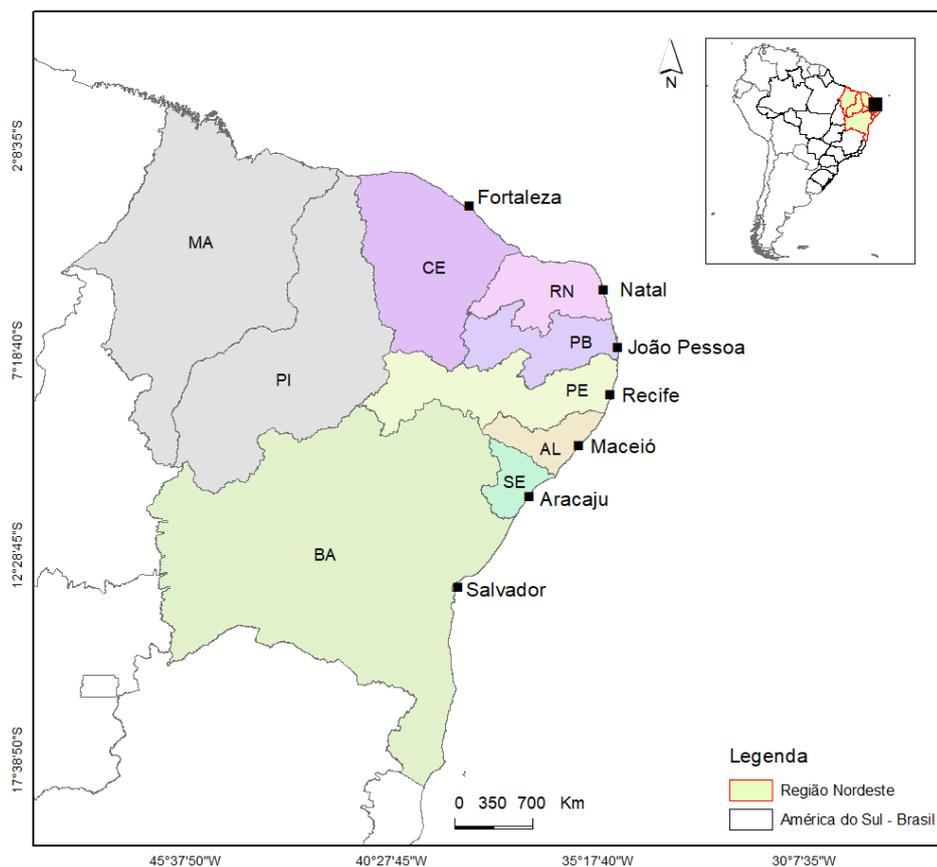
Espírito Santo e a oeste com os Estados do Pará, Tocantins e Goiás (CEMBRA, 2012; IBAMA, 2006; IBGE, 2011; MMA, 2006, 2010). Possui a maior costa litorânea do país, onde dentre os estados nordestinos a Bahia tem a maior costa litorânea, com 932 km (CEMBRA, 2012; IBGE, 2011).

Apresenta um grande potencial turístico e de lazer para pessoas da própria região, principalmente voltado ao ambiente praias, sendo não apenas um forte setor da economia regional, mas também uma significativa fonte de renda formal e informal (HOWLETT-MARTIN, 2012; PIFFER et al., 2017). Os seus nove estados apresentam altas temperaturas do ar e da água o ano inteiro, além de belíssimas paisagens e praias, favorecendo esta prática (CEMBRA, 2012; HOWLETT-MARTIN, 2012; IBGE, 2011; PIFFER et al., 2017).

Na faixa litorânea dessa região, há atuação de dois climas distintos. O clima tropical, do litoral do Maranhão ao litoral norte do Rio Grande do Norte, onde o verão é chuvoso, com alta pluviosidade (médias ultrapassando 2000 mm ano⁻¹) e o inverno é a época das secas, influenciado pela Massa Equatorial Atlântica (mEa) (IBAMA, 2006; IBGE, 2011). Já o clima litorâneo úmido, na faixa compreendida entre o litoral leste dos estados do Rio Grande do Norte e Bahia, sofre influência da Massa Tropical Atlântica (mTa). Apresenta chuvas concentradas no inverno, com médias compreendidas entre 1.500 e 2.000 mm ano⁻¹. As temperaturas em todo Nordeste são elevadas e apresentam amplitudes reduzidas, com médias entre 20° C e 25° C durante todo o ano (ALVARES et al., 2013; IBAMA, 2006; IBGE, 2011).

A faixa costeira Leste do Nordeste tratada neste estudo, compreende os estados de Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos estados estudados na região Nordeste. Os estados em cinza não foram incluídos neste estudo



Fortaleza, capital do Ceará, está a 27,0 m acima do nível do mar. A classificação do clima é Aw (clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno), de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. A temperatura média anual em Fortaleza é 26,0°C. A precipitação média anual é superior a 1600 mm, concentrada entre fevereiro e maio (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

Natal está localizada a 30,9 m acima do nível do mar. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger a classificação do clima é As (clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão). Natal tem uma temperatura média de 26°C e uma precipitação média anual de 1700 mm (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

João Pessoa é a capital do estado da Paraíba. Está a 47,4 m acima do nível do mar. O clima é classificado como As (clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão), segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. A temperatura

média anual em João Pessoa é 27,0 °C, sendo a precipitação média anual superior a 1900 mm, concentrados entre os meses de abril e julho (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

Recife está localizada a 4,5 m acima do nível do mar. A classificação do clima é As (clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão), de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. A temperatura média anual em Recife é 26,0°C e sua precipitação média anual ultrapassa os 2000 mm, concentrados nos meses de abril a julho (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

Maceió é capital do estado de Alagoas. Está a 16,6 m acima do nível do mar. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima é classificado como As (clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão). Em Maceió a temperatura média mensal fica em torno de 25,0°C. Tem uma precipitação anual variando de 1000 mm a 1500 mm (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

Aracaju está localizada a 4,9 m acima do nível do mar. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima é classificado como As (clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão). A temperatura média anual em Aracaju é 26,0°C e precipitação média anual de 1300 mm (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

Salvador está localizada a 8,3 m acima do nível do mar. Seu clima é classificado como Af (Clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca) de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. A capital do estado da Bahia tem uma temperatura média anual em torno dos 25,0°C. Apresenta precipitação anual total superior a 1800 mm, concentrada entre os meses de abril e julho (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018).

2.2 Coleta e tratamento dos dados

As Agências Estaduais de Meio Ambiente (AEMAs) são responsáveis pelo monitoramento da balneabilidade nessas capitais e em todo o estado. Realizam este monitoramento durante todo o ano nas capitais do Nordeste. Os dados trabalhados neste capítulo da tese são secundários (dados públicos pré-existentes, coletados e disponibilizados pelas AEMAs), e foram gerados pelos monitoramentos da balneabilidade de praias realizado por essas agências entre os anos de 2005 e 2018

dos estados: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.

Os dados foram obtidos junto aos laboratórios e setores específicos das Agências Estaduais de Meio Ambiente, as quais realizaram: a coleta, realizada semanalmente, na isóbata de 1m de profundidade (local mais utilizado para recreação); análise das amostras, utilizando a metodologia descrita pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th ed*; e a divulgação pública dos resultados seguindo as normas determinadas pela Resolução CONAMA Nº 274/2000 (que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras). Todas as agências foram contactadas através de correspondência formal e concederam permissão para publicação dos dados (Tabela 1).

Tabela 1 – Listagem das Agências Estaduais de Meio Ambiente e seus respectivos estados e sites

Estado	AEMA	Site
Ceará	Secretaria do Meio Ambiente – SEMACE	https://www.semace.ce.gov.br/
Rio Grande do Norte	Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA	http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/
Paraíba	Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA	http://sudema.pb.gov.br/
Pernambuco	Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH	http://www2.cprh.pe.gov.br/
Alagoas	Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA	http://www.ima.al.gov.br/
Sergipe	Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA	https://www.adema.se.gov.br/
Bahia	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA	http://www.inema.ba.gov.br/

Fonte: A autora (2021).

Os dados foram compilados em planilhas eletrônicas com uma configuração padronizada de forma a obter as mesmas informações para todos os estados estudados (Tabela 2).

Tabela 2 - Layout de tabela construída para padronização dos dados coletados

Descrição do ponto de coleta			Semana do ano			
Ponto	Município	Localização	1	2	(...)	52
Código alfanumérico	Capital	Pontos de referência no terreno ou coordenadas, quando disponíveis	Valor numérico (NMP ou UFC 100 mL ⁻¹) ou classificação P/I	Valor numérico (NMP ou UFC 100 mL ⁻¹) ou classificação P/I	Valor numérico (NMP ou UFC 100 mL ⁻¹) ou classificação P/I	Valor numérico (NMP ou UFC 100 mL ⁻¹) ou classificação P/I
:	:	:	:	:	:	:
.

Fonte: A autora (2021).

Para a obtenção dos dados numéricos finais em laboratório as agências utilizaram duas metodologias distintas: o método dos tubos múltiplos, que apresenta resultados em NMP 100 mL⁻¹, e o método da membrana filtrante, que expressa resultados em UFC 100 mL⁻¹ (Tabela 3). Também houve variações quanto ao bioindicador utilizado. Embora métodos diferentes tenham sido aplicados ao longo do tempo e do espaço, a informação se a praia está própria (P+) ou imprópria (I) para banho produzida é a mesma, seguindo a legislação (CONAMA, 2000).

Tabela 3 – Listagem de metodologias empregadas e microrganismo analisado, com os seus limites, para cada estado

Estado	Metodologia	Microrganismo analisado	Limite para própria
Ceará	Tubos múltiplos	Coliformes termotolerantes	< 1000 NMP mL ⁻¹
Rio Grande do Norte	Tubos múltiplos	Coliformes termotolerantes	< 1000 NMP mL ⁻¹
Paraíba	Membrana filtrante	Coliformes termotolerantes	< 1000 UFC mL ⁻¹
Pernambuco	Tubos múltiplos	<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP mL ⁻¹
Alagoas	Tubos múltiplos	<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP mL ⁻¹
Sergipe (2005 a abr/2010)	Tubos múltiplos	Coliformes termotolerantes	< 1000 NMP mL ⁻¹
Sergipe (a partir de mai/2010)	Membrana filtrante	Coliformes termotolerantes	< 1000 UFC mL ⁻¹
Bahia	Tubos múltiplos	<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP mL ⁻¹

Fonte: A autora (2021).

Devido a este fato, as informações numéricas foram transformadas em uma variável categórica de duas classes: própria (subdividida em excelente, muito boa e satisfatória) e imprópria, seguindo os limites preconizados pela legislação vigente,

para tornar os resultados comparáveis. O critério de enquadramento baseia-se nas concentrações dos indicadores em um conjunto de amostras de cinco semanas amostrais consecutivas. As amostras foram classificadas nas categorias:

- Excelente, quando em 80% ou mais do conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houve, no máximo, 250 coliformes termotolerantes ou 200 *Escherichia coli* por 100 mililitros;
- Muito Boa, quando em 80% ou mais do conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houve, no máximo, 500 coliformes termotolerantes ou 400 *Escherichia coli* por 100 mililitros; e
- Satisfatória, quando em 80% ou mais do conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes termotolerantes ou 800 *Escherichia coli* por 100 mililitros (CONAMA, 2000).

Os dados de precipitação foram obtidos e compilados a partir do banco de dados do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período estudado. Foi calculada a média de precipitação acumulada mensal para cada período em cada capital.

Foram realizados levantamentos sistemáticos das condições de balneabilidade para cada capital através da frequência de ocorrência de condições próprias, com suas subdivisões, e impróprias para cada praia em cada ano. Essa forma de avaliação permitiu que mesmo com ausências de dados, que ocorreram com bastante frequência ao longo dos anos estudados, os resultados pudessem ser obtidos. Os anos com menos de 50% dos dados disponíveis foram descartados da análise.

Os anos foram divididos em duas estações: estação seca e ápice da estação chuvosa, baseado nas precipitações registradas nos anos estudados em cada capital. O ápice da estação chuvosa considerou os 4 meses mais chuvosos, enquanto a estação seca reuniu o restante dos meses do ano.

Foram selecionadas as praias que apareceram com maior frequência ao longo dos anos estudados, possibilitando realizar uma análise temporal e regional mais consistente.

Para cada região de monitoramento de balneabilidade também foi calculado o Índice Anual de Balneabilidade – IAB, desenvolvido pela CETESB, em 2012, para

águas interiores (rios e reservatórios) e adaptado por Fontenelle e colaboradores (2015) para águas costeiras (Tabela 4).

Tabela 4 - Critérios para o cálculo do Índice Anual de Balneabilidade (IAB)

IAB	Condições
Excelente	Praias classificadas como Excelentes em 100% do tempo
Boa	Praias classificadas como Próprias em 100% do tempo, exceto as classificadas somente como Excelentes
Regular	Praias classificadas como Impróprias em até 25% do tempo
Ruim	Praias classificadas como Impróprias entre 25% e 50% do tempo
Muito ruim	Praias classificadas como Impróprias entre 50% e 75% do tempo
Crítica	Praias classificadas como Impróprias acima de 75% do tempo

Fonte: FONTENELLE; BAPTISTA NETO; FONSECA (2015)

Este índice é uma qualificação anual que faz uma síntese da qualidade das águas monitoradas ao longo do ano. Ele expressa, a qualidade que a praia apresenta com mais regularidade ao longo do tempo. Após o cálculo do IAB, foram observadas tendências de melhora ou piora ao longo do período. Para isso, foram realizadas análises de regressão linear. Uma inclinação positiva significativamente diferente de zero foi considerada como representativa de piora na qualidade ao longo do período, assim como uma inclinação negativa significativamente diferente de zero foi considerada como representativa de melhora na qualidade.

3. Resultados

3.1 Precipitação Total Mensal (mm)

A precipitação total mensal foi calculada para cada capital e serviu de suporte para a definição das estações aqui estudadas (estação seca e ápice da estação chuvosa) (Tabela 5).

Tabela 5 – Precipitação total mensal média (\pm desvio) para o período estudado, para cada capital. Em destaque em azul, o ápice da estação chuvosa em cada capital.

Precipitação Total Mensal - média (mm)													
Capital	Anos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Fortaleza	2014 a	89,6 \pm	164,7 \pm	322,6 \pm	294,4 \pm	147,0 \pm	60,3 \pm 14,2	69,5 \pm 64,9	7,0 \pm 5,7	11,2 \pm 4,7	6,6 \pm 4,4	10,0 \pm	40,0 \pm
	2017	18,5	39,3	140,8	31,0	77,4							
Natal	2009 a	95,1 \pm	90,5 \pm	157,5 \pm	165,7 \pm	192,3 \pm	282,3 \pm	202,9 \pm	108,0 \pm	71,8 \pm 64,6	14,0 \pm	16,0 \pm	22,3 \pm
	2016	84,8	60,3	89,9	114,5	119,7	125,5	130,2	70,9		10,0	15,3	24,1
João Pessoa	2013 a	50,5 \pm	87,6 \pm	108,2 \pm	257,0 \pm	337,7 \pm	235,7 \pm	227,3 \pm	95,2 \pm	133,4 \pm	26,9 \pm	12,6 \pm	69,7 \pm
	2017	33,3	59,8	59,2	91,0	173,4	142,3	171,8	96,0	124,6	15,2	17,2	64,3
Recife	2005 a	99,6 \pm	100,8 \pm	176,1 \pm	255,8 \pm	312,7 \pm	387,6 \pm	295,7 \pm	185,8 \pm	78,0 \pm 59,7	46,2 \pm	40,8 \pm	82,7 \pm
	2016	57,2	81,9	103,7	144,4	182,7	161,2	111,7	65,1		50,7	29,8	49,4
Maceió	2007 a	96,9 \pm	107,2 \pm	84,6 \pm 58,0	187,2 \pm	290,6 \pm	292,2 \pm	267,1 \pm	171,8 \pm	77,9 \pm 43,5	100,2 \pm	41,7 \pm	30,4 \pm
	2015	66,6	53,5		165,8	187,1	120,2	82,2	76,1		79,0	45,4	14,1
Aracaju	2005 a	38,4 \pm	62,7 \pm	45,3 \pm 38,2	167,8 \pm	218,1 \pm	158,5 \pm	186,8 \pm	100,3 \pm	64,2 \pm 36,7	58,0 \pm	38,4 \pm	22,9 \pm
	2015	30,1	38,3		141,4	168,5	93,8	71,1	57,3		59,1	54,6	25,5
Salvador	2012 a	57,2 \pm	81,4 \pm	77,8 \pm 59,9	177,1 \pm	293,7 \pm	222,4 \pm	149,7 \pm	115,2 \pm	74,2 \pm 44,1	74,1 \pm	70,7 \pm	88,2 \pm
	2017	54,3	46,3		106,5	72,4	101,3	89,6	47,0		74,0	75,5	76,8

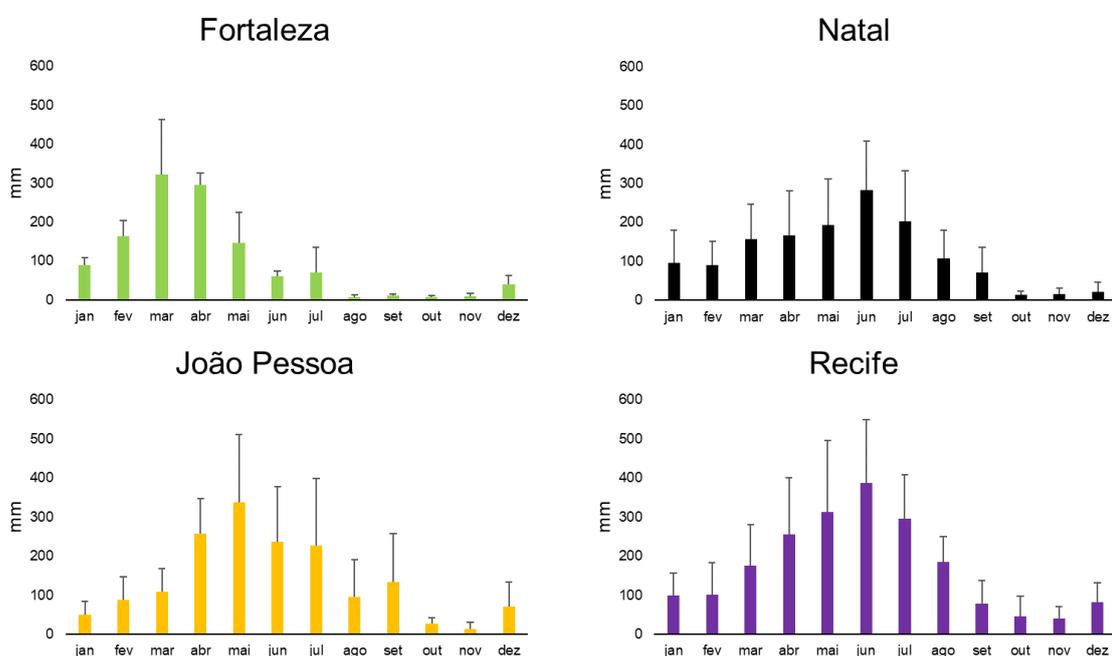
Fonte: A autora (2021).

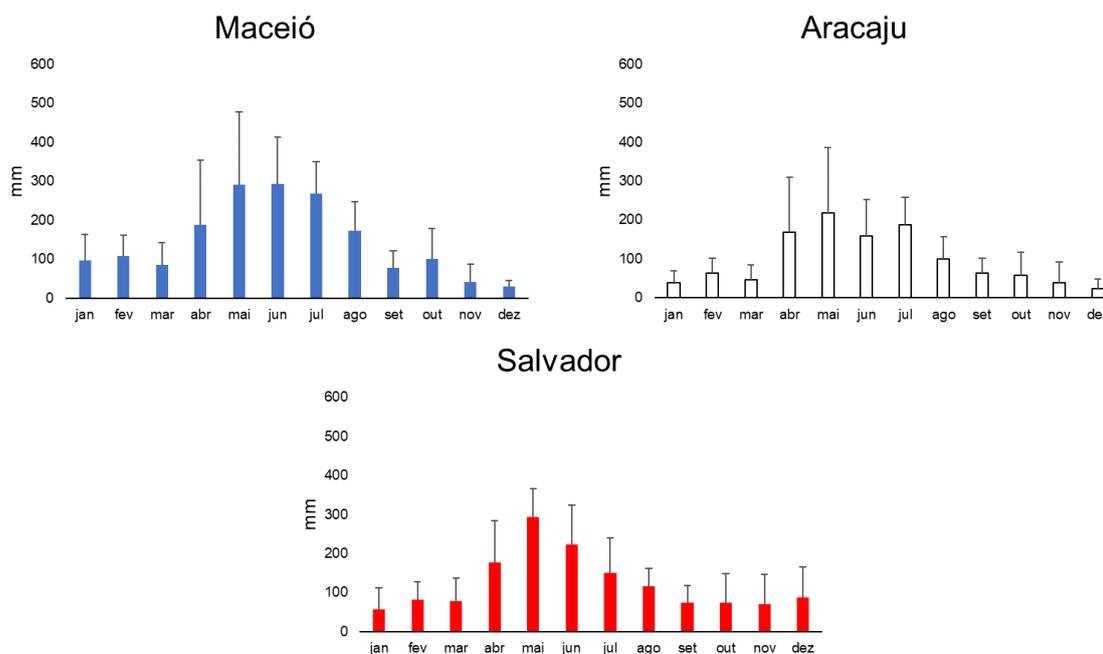
De acordo com a precipitação total mensal do período estudado, Natal, João Pessoa, Recife, Maceió, Aracaju e Salvador apresentaram o ápice da estação chuvosa entre os meses de abril e julho. Já em Fortaleza, o ápice da estação chuvosa foi registrado entre fevereiro e maio (Figura 2).

Em Natal, Recife e Maceió, as maiores médias de precipitação para o período considerado foram encontradas no mês de junho ($282,3 \pm 125,5$ mm, $387,6 \pm 161,2$ mm e $292,2 \pm 120,2$ mm respectivamente). Em João Pessoa, Aracaju e Salvador, as maiores médias de precipitação para o período considerado foram encontradas no mês de maio ($337,7 \pm 173,4$ mm, $218,1 \pm 168,5$ mm e $293,7 \pm 72,4$ mm). Já em Fortaleza, o mês mais chuvoso para o período considerado foi, em média, o mês de março ($322,6 \pm 140,8$ mm) (Figura 2).

Em Maceió e em Aracaju, as menores médias de precipitação para o período considerado foram observadas em dezembro ($30,4 \pm 14,1$ mm e $22,9 \pm 25,5$ mm respectivamente). Em Fortaleza e Natal, as menores médias de precipitação para o período considerado foram registradas no mês de outubro ($6,6 \pm 4,4$ mm e $14,0 \pm 10,0$ mm respectivamente). João Pessoa e Recife apresentaram menores médias de precipitação para o período considerado em novembro ($12,6 \pm 17,2$ mm e $40,8 \pm 29,8$ mm). Já em Salvador, o mês mais seco para o período considerado foi, em média, o mês de janeiro ($57,2 \pm 54,3$ mm) (Figura 2).

Figura 2 – Precipitação total mensal (média \pm desvio) para o período estudado, para cada capital





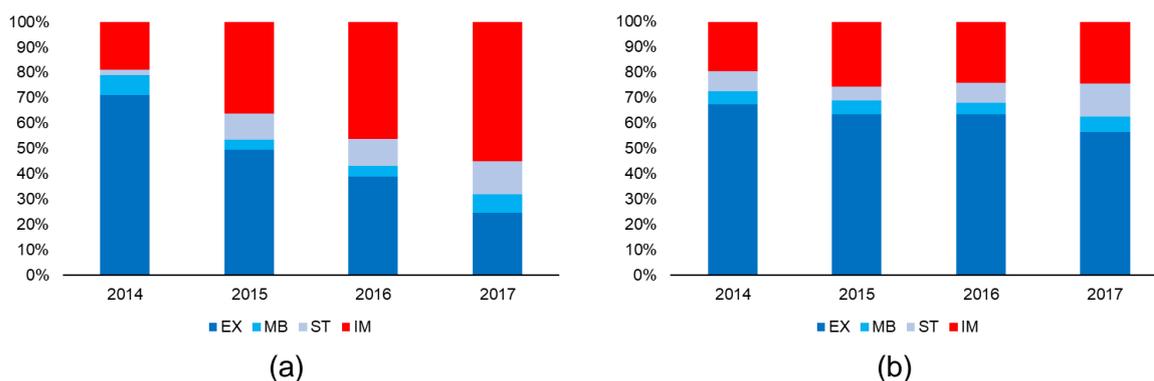
3.2 Fortaleza – CE

Para a cidade de Fortaleza – CE, foram analisadas 30 pontos de 31 monitorados (96,8%), durante 4 anos e em média 45 ± 4 semanas por ano (Figura 3).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados variando entre 24,8%, em 2017, e 71,1%, em 2014, das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de queda da qualidade da água na cidade com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água caíram de 71,1% em 2014 para 24,8% em 2017, as condições impróprias aumentaram de 18,9% em 2012 para 55,0% em 2017, além do aumento das condições satisfatórias (2,2% em 2014 para 13,0% em 2017) (Figura 3a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados acima de 56,0% das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma tendência de estabilidade da qualidade da água, com pequenas variações nas classes (Figura 3b).

Figura 3: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Fortaleza no período de 2014 a 2017 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



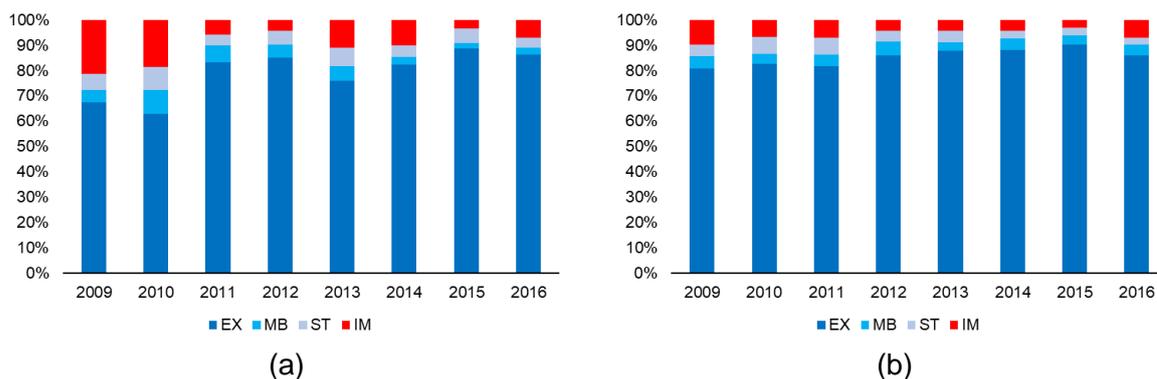
3.3 Natal – RN

Para a cidade de Natal – RN, foram analisadas os 15 pontos monitorados (100%), durante 8 anos e em média 49 ± 2 semanas por ano (Figura 4).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados variando entre 67,6%, em 2009, e 88,6%, em 2015 das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora a partir do ano de 2010, demonstrada através do aumento de condições próprias acompanhado da redução de condições impróprias, seguida de uma tendência de estabilidade, com os casos impróprios menores que 11,0% (Figura 4a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados acima de 80,0% das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, também foi observada uma tendência de estabilidade da qualidade da água, com os casos impróprios menores que 10,0% (Figura 4b).

Figura 4: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Natal no período de 2009 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



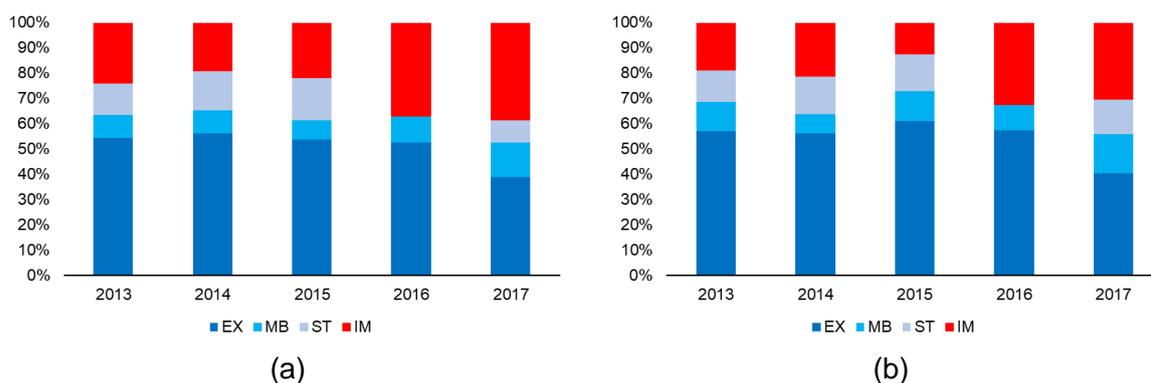
3.4 João Pessoa – PB

Para a cidade de João Pessoa – PB, foram analisadas 21 de 27 pontos monitorados (77,8%), no período de 5 anos e em média 47 ± 3 semanas por ano (Figura 5).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados variando entre 39,0%, em 2017, e 56,2% em 2014 das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de estabilidade ao longo dos anos estudados e uma queda no ano de 2017 (Figura 5a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados acima de 40,0% das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, também foi observada uma tendência de estabilidade da qualidade da água, com um decréscimo no ano de 2017 (Figura 5b).

Figura 5: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em João Pessoa no período de 2013 a 2017 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



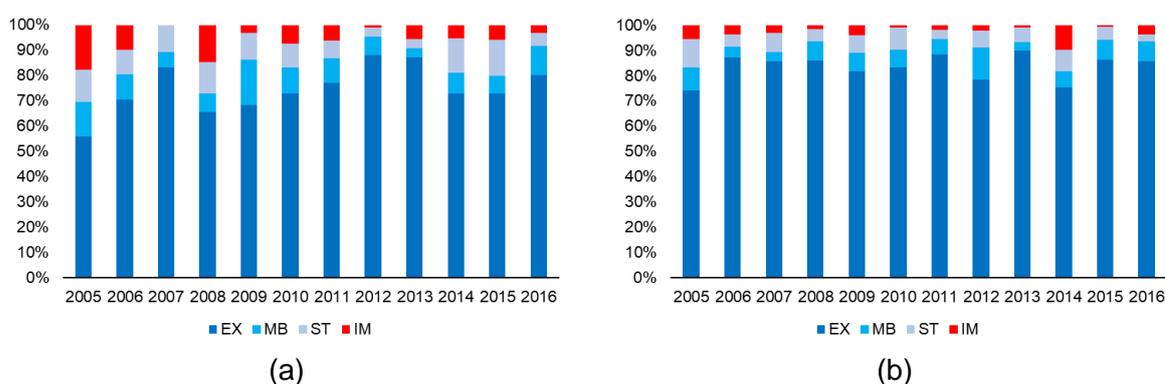
3.5 Recife – PE

Para a cidade de Recife – PE, foram analisadas 6 de 9 pontos monitorados (66,7%), no período de 12 anos e em média 48 ± 3 semanas por ano (Figura 6).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados sempre acima de 55,0% das medições em cada ano. As variações não mostraram uma tendência ao longo do tempo, porém em todos os anos, a água foi considerada própria em no mínimo 82,0% do tempo. O ano de 2007 não apresentou nenhum caso de água imprópria para o banho (Figura 6a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados acima de 74,0% das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, também não foi observada nenhuma tendência. A água se manteve própria em pelo menos 90,0% do tempo (Figura 6b).

Figura 6: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Recife no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



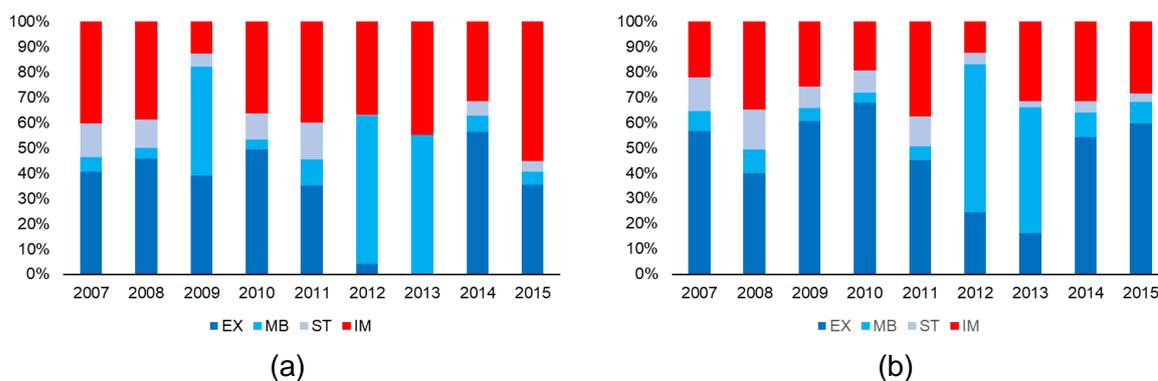
3.6 Maceió - AL

Para a cidade de Maceió – AL, foram analisados 19 pontos de 21 monitorados (90,5%), no período de 9 anos e em média 44 ± 4 semanas por ano. Nos anos 2012 e 2013, parte dos dados coletados não foram numéricos, apresentando apenas dois resultados possíveis: própria e imprópria. Com o objetivo de tornar os dados comparáveis (4 classes nesse estudo: Excelente, Muito Boa, Satisfatória e Imprópria), as condições que foram definidas como própria pela agência foram substituídas pela classe Muito Boa nesse estudo, devido a divisão própria abranger 3 classes, e a Muito Boa ser a representante de qualidade intermediária dessas (Figura 7).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados sempre acima de 35,0% das medições em cada ano, com exceção dos anos de 2012 e 2013, que apresentaram 4,1% e 0,0%, respectivamente. Ao longo dos anos, houve variações nas condições da qualidade da água, porém com as condições impróprias se mantendo sempre abaixo do 45,0% em cada ano, com exceção do ano de 2015, onde as condições impróprias da água (55,3%) superaram as próprias (44,7%) (Figura 7a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados sempre acima de 40,0% das medições em cada ano, com exceção dos anos de 2012 e 2013, que apresentaram 24,5% e 16,1%, respectivamente. Já ao longo dos anos, as condições impróprias se mantiveram sempre abaixo de 38,0% em cada ano (Figura 7b).

Figura 7: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Maceió no período de 2007 a 2015 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



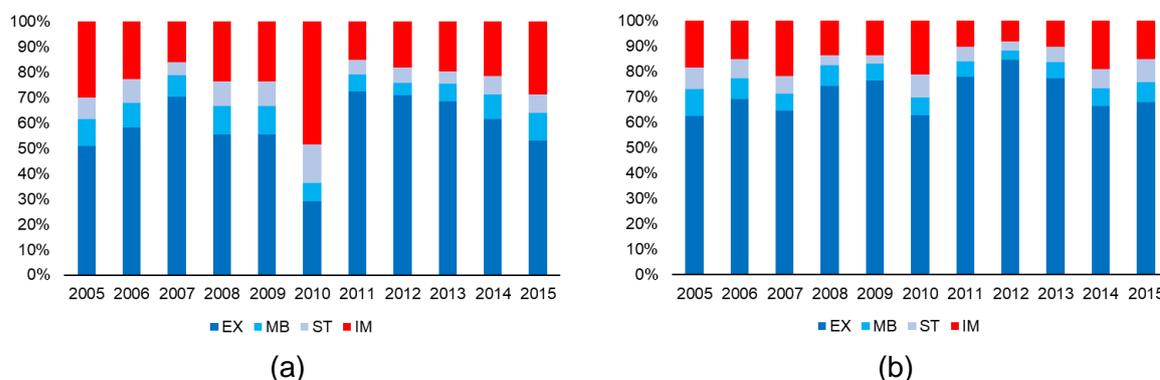
3.7 Aracaju – SE

Para a cidade de Aracaju – SE, foram analisadas 11 de 16 pontos monitorados (68,8%), no período de 11 anos e em média 50 ± 1 semanas por ano (Figura 8).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados variando entre 29,0%, em 2010, e 72,4%, em 2011, das medições em cada ano. Ao longo dos anos, houve variações nas condições da qualidade da água, porém com as condições impróprias se mantendo sempre abaixo de 30% em cada ano, com exceção do ano de 2010, onde as condições impróprias da água atingiram 48,6% (Figura 8a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados sempre acima de 62,0% das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, as condições impróprias se mantiveram sempre abaixo de 22,0% em cada ano (Figura 8b).

Figura 8: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Aracaju no período de 2005 a 2015 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



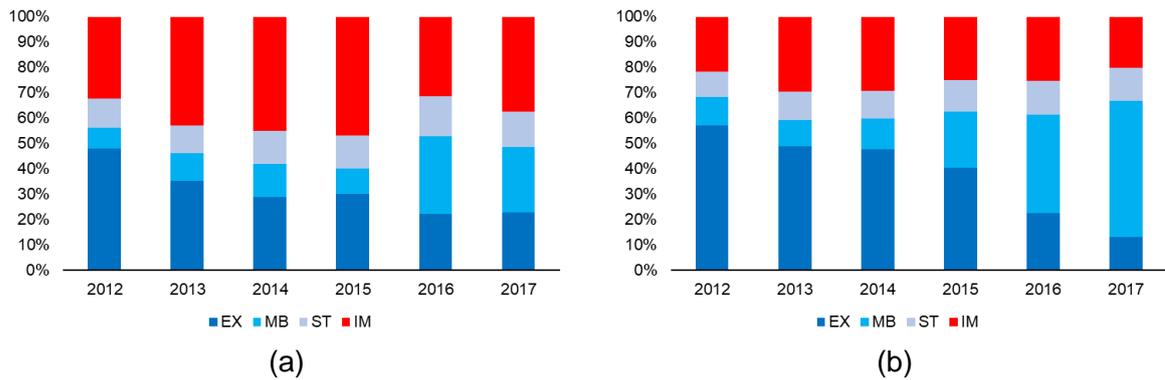
3.8 Salvador – BA

Para a cidade de Salvador – BA, foram analisadas 30 pontos de 36 monitorados (83,3%), durante 6 anos e em média, 43 ± 5 semanas por ano (Figura 9).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados variando entre 22,4%, em 2016, e 48,0%, em 2012, das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de queda da qualidade da água na cidade com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água caíram de 48,0% em 2012 para 22,8% em 2017, as condições impróprias aumentaram de 32,4% em 2012 para 37,4% em 2017, além do aumento das condições muito boas (8,3% em 2012 para 25,9% em 2017) e satisfatórias (11,3% em 2012 para 13,8% em 2017) (Figura 9a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 13,1%, em 2017, e 57,1% em 2012 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, também foi observada uma tendência de queda da qualidade da água, onde houve redução das condições excelentes (57,1% em 2012 para 13,1% em 2017) e aumento das condições muito boas (11,2% em 2012 para 53,8% em 2017) (Figura 9b).

Figura 9: Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas em Salvador no período de 2012 a 2017 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



3.9 Índice Anual de Balneabilidade – IAB

O Índice Anual de Balneabilidade foi calculado para cada capital monitorada e os resultados estão reunidos na Tabela 6. As cores refletem à classificação. Todas as regiões de estudo tiveram as águas de suas praias com, no máximo, 38,5% de ocorrências de impróprias, sendo classificadas apenas em regulares ou ruins no período considerado.

Tabela 6 - Índice Anual de Balneabilidade calculado para as capitais

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Fortaleza										19,6%	29,0%	31,7%	37,7%
Natal					13,2%	9,7%	6,7%	4,4%	6,7%	6,2%	3,3%	7,0%	
João Pessoa									20,6%	20,6%	15,5%	34,0%	34,7%
Recife	9,5%	5,7%	1,9%	6,0%	3,7%	3,1%	3,2%	1,7%	2,8%	8,1%	2,3%	3,4%	
Maceió			31,7%	36,8%	17,4%	25,3%	38,5%	21,0%	36,1%	31,6%	38,2%		
Aracaju	22,2%	17,7%	19,1%	15,7%	16,9%	29,4%	11,9%	11,4%	13,5%	19,8%	19,6%		
Salvador								26,9%	34,2%	34,5%	31,7%	27,4%	28,8%

Fonte: A autora (2021).

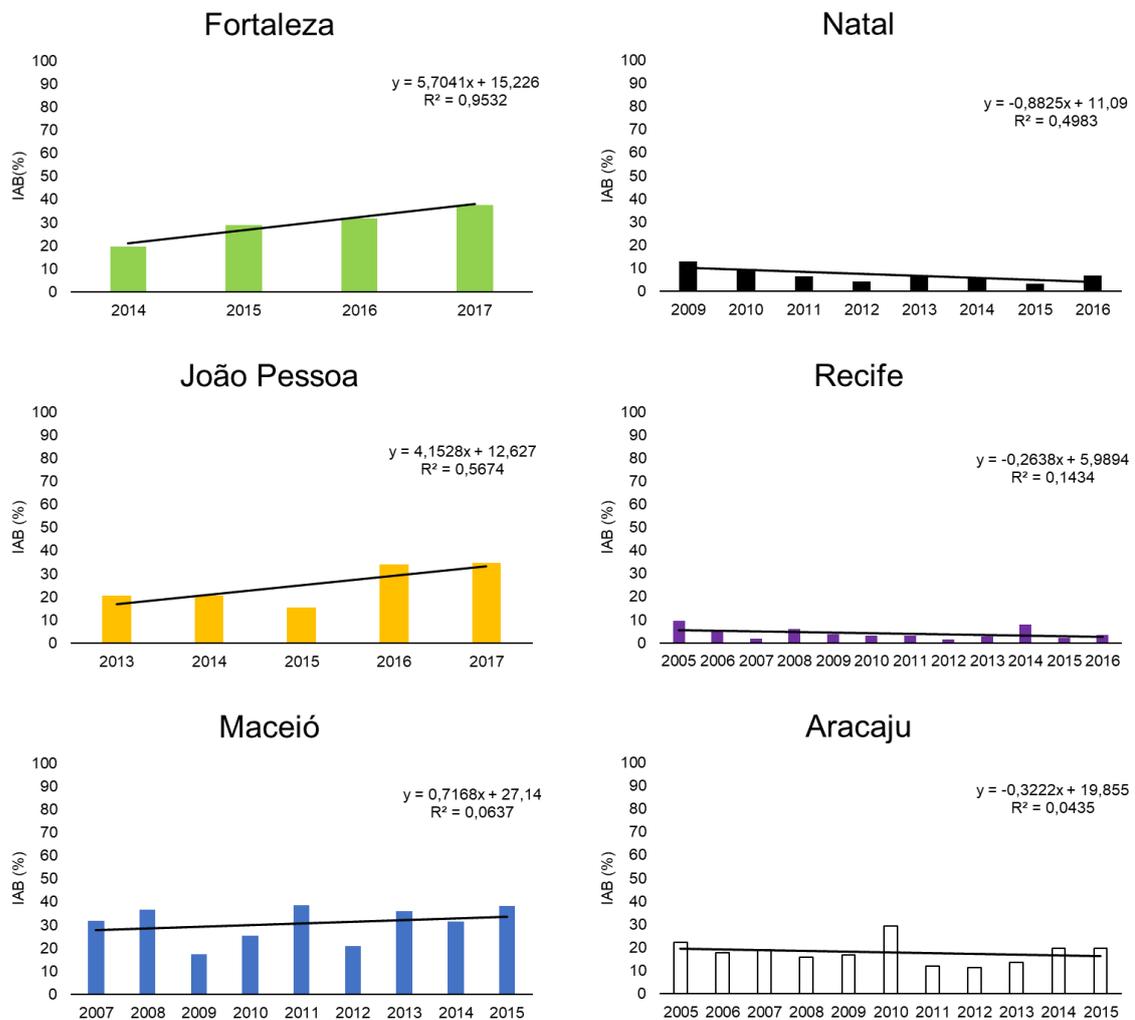
Legenda	
Excelente	
Boa	
Regular	
Ruim	
Muito ruim	
Crítica	
Ausência de dados	

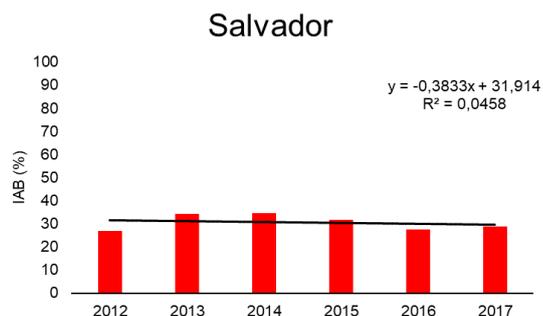
3.10 Regressões Lineares

Na Figura 10, os IAB estão representados em um gráfico de barras, separadamente para cada capital, sendo adicionada uma linha de tendência para visualização da sua evolução. Foi calculada a equação da reta, além do R^2 . O valor ideal procurado numa regressão linear para o R^2 é maior ou igual a 70% (MONTGOMERY; RUNGER, 2021).

A variação do IAB ao longo do tempo estudado é mostrada pelas linhas de tendência. O aumento significativo no IAB em cada ponto foi testado através de análises de regressão linear.

Figura 10 - Evolução do IAB (%) ao longo do tempo estudado nas capitais





Para Fortaleza, a equação da reta calculada foi $y = 5,7041x + 15,23$ e o $R^2 = 0,95$, com o valor de $p \leq 0,05$ ($p = 0,023$). Para Natal, a equação da reta calculada foi $y = -0,8825x + 11,09$ e o $R^2 = 0,50$, com o valor de $p \leq 0,05$ ($p = 0,050$). Para João Pessoa, a equação da reta obtida foi $y = 4,1528x + 12,63$ e o $R^2 = 0,57$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,141$). Já para Recife, a equação da reta calculada foi $y = -0,2638x + 5,99$ e o $R^2 = 0,14$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,224$).

Para Maceió, a equação da reta obtida foi $y = 0,7168x + 27,14$ e o $R^2 = 0,06$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,512$). Para Aracaju, a equação da reta obtida foi $y = -0,3222x + 19,85$ e o $R^2 = 0,04$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,538$). Por fim, para Salvador, a equação da reta calculada foi $y = -0,3833x + 31,91$ e o $R^2 = 0,05$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,683$).

4. Discussão

A climatologia mensal de precipitação calculada neste estudo, serviu de base para a definição das estações aqui estudadas (Tabela 5). Como é descrito na literatura, as capitais apresentaram períodos de precipitação e de estiagem característicos no intervalo de tempo estudado (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018; IBAMA, 2006), concordando com a divisão empregada.

A qualidade da água, de maneira geral, pode ser considerada melhor na estação seca do que no ápice da estação chuvosa, pois há menos ocorrências de condições impróprias. Essa diferença pode estar ligada a quantidade das chuvas que proporciona o aporte de água contaminada, resultante da lixiviação e carreamento de substâncias (ARAGONÉS et al., 2016; EFSTRATIOU, 2001; GRIFFITH et al., 2010; PALAZÓN et al., 2017; ZHANG et al., 2013), além do aumento do aporte de água doce, e conseqüente queda de salinidade, e a diminuição da intensidade de incidência

de luz, fatos que permitem uma maior sobrevivência dos microrganismos (ELSAS; SEMENOV, 2011; ROSZAK; COLWELL, 1987; ROZEN; BELKIN, 2001). A queda de qualidade também pode estar diretamente ligada a fontes pontuais e difusas de poluição, como saídas de esgoto doméstico tipo boca de lobo, despejos clandestinos de esgoto em galerias pluviais e na beira da praia (DAVINO; MELO; CAFFARO FILHO, 2015; EFSTRATIOU et al., 1998; EFSTRATIOU; MAVRIDOU; RICHARDSON, 2009; FONTENELLE; BAPTISTA NETO; FONSECA, 2015; PRAVEENA et al., 2015, 2016).

De acordo com o IAB, todas as capitais tiveram as suas praias classificadas como regulares ou ruins em todo o período estudado. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2021), das capitais estudadas, somente três apresentaram taxas de coleta e tratamento de esgoto acima de 50,0%, no ano de 2019, Aracaju (55,2%), João Pessoa (72,5%) e Salvador (79,3%). Esta parte que não é coletada nem tratada, tem como principais destinos os corpos d'água localizados nas proximidades das residências, que acabam desaguando no mar e até mesmo despejos diretos nas praias, é suficiente para alterar a qualidade das águas das praias.

A água do mar, que por vezes se encontra contaminada, é utilizada por uma grande diversidade de pessoas para fins recreativos e acaba sendo veículo de contaminação e transmissão de doenças. Segundo Young (2016), gastroenterites, infecções de ouvido, infecções oculares, doenças respiratórias e infecções cutâneas são as possíveis enfermidades mais comuns de serem adquiridas após a exposição ao ambiente contaminado. O estudo de Pond (2005) também ressalta que crianças e pessoas com baixa resistência imunológica são as mais predispostas a adquirir esses tipos de doenças.

É interessante notar que condições de insalubridade se estendem para a areia das praias (e vice-versa), onde também prevalece uma assembleia própria de patógenos (CHEUNG et al., 2015; GRIFFITH et al., 2010, 2016; POND, 2005; PRAVEENA et al., 2016; SHIBATA et al., 2004). A areia serve de depósito temporário de microrganismos, podendo ser fonte de contaminação direta para os usuários, além de, com a variação de maré, poderem contaminar também a coluna d'água (ARAÚJO; COSTA, 2008; COSTA; COSTA, 2020; FRANÇA; CASAGRANDE; FORTUNA, 2018; GRIFFITH et al., 2016; PRAVEENA et al., 2016; WHITMAN et al., 2003; ZUZA-ALVES et al., 2016, 2019).

Na literatura internacional, é notável a preocupação com a qualidade das águas onde são desenvolvidas atividades recreacionais, onde a análise deste parâmetro é tratada como ferramenta de gestão costeira, assim como questão de saúde pública (CHEUNG et al., 2015; EFSTRATIOU, 2001; FIORENTINO; OLASCOAGA; RENIERS, 2014; GRIFFITH et al., 2010; KLEIN; DODDS, 2017; POND, 2005; SHIBATA et al., 2004; THOE et al., 2014; ZHANG et al., 2013).

No Brasil, ainda são utilizadas metodologias consideradas básicas para a avaliação da qualidade microbiológica de águas. Em países da Europa, nos Estados Unidos e na Austrália, por exemplo, são utilizados os enterococos para esta avaliação (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008; EEA, 2016; USEPA, 2012). A Organização Mundial da Saúde também recomenda a investigação desses microrganismos em águas marinhas (WHO, 2003). A legislação brasileira prevê a utilização e determina os limites para utilização destes microrganismos, porém poucos estados, como São Paulo, apresentam expertise e disponibilidade de recursos públicos para implementar esta metodologia como rotina (CONAMA, 2000; <https://cetesb.sp.gov.br/>).

Alguns autores já confirmaram que os enterococos apresentam uma relação mais significativa quando comparados com bactérias patogênicas, como descrito por Efstratiou; Mavridou e Richardson (2009), que avaliaram a relação das densidades de bactérias patogênicas com as densidades de coliformes termotolerantes e de enterococos, Efstratiou e Tsirtsis (2009), que avaliaram a eficácia das orientações da União Europeia relativas à gestão da qualidade das águas balneares e Zhang e colaboradores (2013), que avaliaram as variações nos indicadores microbianos coliformes termotolerantes e enterococos.

O aprimoramento das metodologias utilizadas para a avaliação da qualidade das águas balneares é presente. Alguns estudos sugerem alterações dos padrões e limites das metodologias empregadas, visando uma maior eficiência no resultado e garantindo a segurança dos banhistas. Ming e colaboradores (2020), na China, seguindo os critérios da Organização Mundial de Saúde e da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, concluíram que os enterococos são bons indicadores para as principais bactérias patogênicas (*Staphylococcus aureus*, *Aeromonas caviae* e *Streptococcus faecalis*), porém para as demais não são tão eficientes. Os autores sugerem também avaliar bacterioides humanos. Já Bonamano e colaboradores (2021), sugerem que a avaliação da qualidade microbiológica da água leve em

consideração células dormentes ou quiescentes (viáveis, mas não cultiváveis), através do Índice de Qualidade da Água Balnear (BWQI), desenvolvido pelos autores.

Fortaleza ($p = 0,023$) e Natal ($p = 0,050$) apresentaram o valor de p significativo ($p \geq 0,05$) e correlações do tempo com o Índice de Balneabilidade positiva forte ($R^2 = 0,95$) e negativa moderada ($R^2 = 0,50$) respectivamente. O restante das capitais apresentou uma correlação considerada desprezível (MONTGOMERY; RUNGER, 2021). Pode-se inferir que as praias de Fortaleza apresentam, durante todo o ano, fontes de poluição contínuas e duradouras, que vem aumentando ao longo dos anos (ARAGONÉS et al., 2016; EFSTRATIOU, 2001; GRIFFITH et al., 2010; ZHANG et al., 2013). Já em Natal, estas fontes vêm sendo reduzidas com o passar do tempo (EFSTRATIOU et al., 1998; EFSTRATIOU; MAVRIDOU; RICHARDSON, 2009; FONTENELLE; BAPTISTA NETO; FONSECA, 2015; PRAVEENA et al., 2015, 2016). Nas demais capitais, as fontes desses microrganismos aparecem como principal causa desta queda de qualidade, indicando a reduzida existência/abrangência de sistemas de coleta, tratamento e disposição de efluentes sanitários na região (LANDRIGAN et al., 2020; POND, 2005; <http://www.tratabrasil.org.br/>), além de sofrer variações por outras variáveis oceanográficas como as ondas e as marés (ARAGONÉS et al., 2016; FERRARI et al., 2019; PALAZÓN et al., 2017; ZHANG et al., 2013).

5. Conclusão

O presente estudo permitiu visualizar as variações na balneabilidade nas praias das capitais da costa Leste do Nordeste, no período compreendido entre 2005 e 2017.

De maneira geral, a água se manteve com uma melhor qualidade durante a época com menor concentração de chuvas em todas as capitais, porém apresentando poucas alterações. As exceções foram Fortaleza e Natal, que apresentaram relações forte e moderada com o tempo, respectivamente.

Foi possível constatar que a balneabilidade, apesar de ser influenciada por fatores meteorológicos e oceanográficos, como quantidade de precipitação e alterações de maré, o principal fator de queda é a falta de saneamento ambiental.

Como importante fator de melhora na avaliação, conferindo maior sensibilidade a medida, essas capitais podem adotar a avaliação de enterococos como indicador de balneabilidade das praias.

Seria importante também que a consistência nos programas atuais fosse mantida, evitando as ausências de dados, prezando pela frequência das coletas, buscar utilizar sempre medidas comparáveis, com o banco de dados pretéritos próprio e com outros estados.

O litoral do Nordeste é bastante vasto e diverso, onde ampliar a área de cobertura seria uma medida significativa. O ideal seria coletar mais pontos, levando em consideração as características da área e a utilização pelos banhistas, além de coletar as variáveis associadas, como pH, salinidade e temperatura da água.

Outro fator que merece atenção é a forma de divulgação desse resultado. Apesar de estar disponível gratuitamente nos sites das agências responsáveis pelo monitoramento, passa despercebido pela maioria dos banhistas. Investimento em divulgação em meios populares como tv aberta podem incentivar a formação do hábito de acessar essa informação antes de decidir utilizar o ambiente para recreação.

O monitoramento da balneabilidade visa a proteção imediata da saúde dos usuários das praias, mas não aponta suas possíveis fontes de contaminação. É recomendável que os órgãos ambientais responsáveis pelo monitoramento que não só cumpram o estabelecido pela resolução CONAMA 274/2000, informando a condição imediata de balneabilidade das praias, mas também realizem análises aprofundadas que busquem rastrear as causas dos problemas eventualmente observados, contribuindo para a gestão ambiental integrada nas cidades costeiras brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ALEXIS, Y.; MAMANI, E. Neoplasias en animales silvestres. **Revista Estudiantil AGRO – VET**, v. 4, n. 2, p. 594–603, 2020.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ARAGONÉS, L. et al. Evaluation of the quality of coastal bathing waters in Spain through fecal bacteria *Escherichia coli* and *Enterococcus*. **Science of The Total Environment**, v. 566–567, p. 288–297, 2016.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Environmental quality indicators for recreational beaches classification. **Journal of Coastal Research**, v. 24, n. 6, p. 1439–1449, 2008.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Guidelines for managing risks in recreational water**. Sidney: Australian Government, 2008.
- BALLADARES, C. et al. Prevalence of fibropapillomatosis on stranded sea turtles in

the Venezuelan coast / Prevalencia de fibropapilomatosis en tortugas marinas varadas en las costas de Venezuela. **Revista Bio Ciencias**, v. 4, n. 4, 2002.

BONAMANO, S. et al. Development of a New Predictive index (Bathing Water Quality Index, BWQI) Based on Escherichia coli Physiological States for Bathing Waters Monitoring. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 9, n. 2, p. 120, 2021.

BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento Biológico de Ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 339–345, 2008.

CARVALHO, A. R.; OLIVEIRA, M. V. **Princípios básicos do Saneamento do Meio**. 10. ed. SENAC São Paulo, 2010.

CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País**. 2. ed. CEMBRA, 2012.

CHEUNG, P. K. et al. To swim or not to swim? A disagreement between microbial indicators on beach water quality assessment in Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 53–60, 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro de 2000. In: Diário Oficial da União no 18, de 25/01/2001. p. 59–62. 2000.

COSTA, C. R.; COSTA, M. F. Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 092–113, 2020.

DAVINO, A. M. C.; MELO, M. B.; CAFFARO FILHO, R. A. Assessing the sources of high fecal coliform levels at an urban tropical beach. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 4, p. 1019–1026, 2015.

DUBREUIL, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, n. 37, 2018.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **European bathing water quality in 2015**. Copenhagen: Publications Office of the European Union, 2016.

EFSTRATIOU, M. A. et al. Correlation of bacterial indicator organisms with Salmonella spp., Staphylococcus aureus and Candida albicans. **Letters in Applied Microbiology**, v. 26, p. 342–346, 1998.

EFSTRATIOU, M. A. Managing Coastal Bathing Water Quality: The Contribution of Microbiology and Epidemiology. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, n. 6, p. 424–431, 2001.

EFSTRATIOU, M. A.; MAVRIDOU, A.; RICHARDSON, C. Prediction of Salmonella in seawater by total and faecal coliforms and Enterococci. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 2, p. 201–205, 2009.

EFSTRATIOU, M. A.; TSIRTSIS, G. Do 2006/7/EC European Union Bathing Water Standards exclude the risk of contact with Salmonella or Candida albicans? **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 7, p. 1039–1044, 2009.

ELSAS, J. D.; SEMENOV, A. V. Survival of Escherichia coli in the environment: fundamental and public health aspects. **The ISME Journal**, v. 5, p. 173–183, 2011.

ESPÍNOLA, R. S.; FERREIRA, L. V. F.; MARQUES JUNIOR, S. A certificação

Bandeira Azul e seus impactos nas praias do Brasil. **Revista Turismo em Análise**, v. 31, n. 3, p. 561–576, 2020.

FERRARI, M. et al. A geomorphological and hydrodynamic approach for beach safety and sea bathing risk estimation. **Science of The Total Environment**, v. 671, p. 1214–1226, 2019.

FIORENTINO, L. A.; OLASCOAGA, M. J.; RENIERS, A. Analysis of water quality and circulation of four recreational Miami beaches through the use of Lagrangian Coherent Structures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 181–189, 2014.

FONTENELLE, T. H.; BAPTISTA NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Water quality along the Alagoas State Coast, Northeast Brazil: advocacy for the coastal management. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 4, p. 559–567, 2015.

FRANÇA, L. F.; CASAGRANDE, J. A.; FORTUNA, J. L. Avaliação microbiológica das areias e da água das praias dos municípios litorâneos que formam a Costa das Baleias. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 20, n. 1, p. 44, 2018.

GRIFFITH, J. F. et al. Microbiological water quality at non-human influenced reference beaches in southern California during wet weather. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 4, p. 500–508, 2010.

GRIFFITH, J. F. et al. Epidemiologic evaluation of multiple alternate microbial water quality monitoring indicators at three California beaches. **Water Research**, v. 94, p. 371–381, 2016.

HOWLETT-MARTIN, P. **O Brasil do Nordeste: Riquezas Culturais e Disparidades Sociais**. 1. ed. Topbooks, 2012.

HUNTINGTON, K. A. B. et al. Causes of Mortality of Northern Sea Otters (*Enhydra lutris kenyoni*) in Alaska From 2002 to 2012. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE: Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. 2. ed. IBAMA: Brasília, 2006.

KLEIN, L.; DODDS, R. Perceived effectiveness of Blue Flag certification as an environmental management tool along Ontario's Great Lakes beaches. **Ocean & Coastal Management**, v. 141, p. 107–117, 2017.

LANDRIGAN, P. J. et al. Human Health and Ocean Pollution. **Annals of Global Health**, v. 86, n. 1, p. 151, 2020.

MING, H. et al. Enterococci may not present the pollution of most enteric pathogenic bacteria in recreational seawaters of Xinghai bathing Beach, China. **Ecological Indicators**, v. 110, p. 105938, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. MMA: Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. MMA: Brasília, 2010.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. LTC, 7. ed. 2021.

MOONEY, L.; KNOX, D.; SCHACHT, C. **Problemas sociais: uma análise sociológica da atualidade**. 1. ed. Cengage Learning, 2015.

PAGE-KARJIAN, A.; PERRAULT, J. R. Sea Turtle Health Assessments: Maximizing Turtle Encounters to Better Understand Health. **Sea Turtle Research and Conservation**, p. 31–44, 2021.

PALAZÓN, A. et al. Modelling of Escherichia coli concentrations in bathing water at microtidal coasts. **Science of The Total Environment**, v. 593–594, p. 173–181, 2017.

PEREIRA DE GUSMÃO, P.; BORGES MEDEIROS PAVÃO, B. (Des)construção da gestão ambiental no Brasil: De Paulo Nogueira Neto (1973) a Ricardo Salles (2020). **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 2, n. 2, p. 218, 2020.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Manole, 2017.

PIFFER, M. et al. **Paraísos brasileiros: entre o mar e o interior**. 1. ed. Editora Brasileira, 2017.

POND, K. **Water Recreation and Disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality (Who Emerging Issues in Water & Infectious Disease)**. [s.l.] Intl Water Assn, 2005.

PRAVEENA, S. M. et al. Assessment of swimming associated health effects in marine bathing beach: An example from Morib beach (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1–2, p. 222–226, 2015.

PRAVEENA, S. M. et al. Fecal indicator bacteria in tropical beach sand: Baseline findings from Port Dickson coastline, Strait of Malacca (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, v. 110, n. 1, p. 609–612, 2016.

ROSZAK, D. B.; COLWELL, R. R. Estratégias de sobrevivência de bactérias no ambiente natural. **Revista de Microbiologia**, v. 51, n. 3, p. 365–379, 1987.

ROZEN, Y.; BELKIN, R. Sobrevivência de bactérias entéricas na água do mar. **Revista de Microbiologia**, v. 25, n. 5, p. 513–529, 2001.

SHAPIRO, K. et al. Type X strains of Toxoplasma gondii are virulent for southern sea otters (Enhydra lutris nereis) and present in felids from nearby watersheds. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 286, n. 1909, p. 20191334, 2019.

SHIBATA, T. et al. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. **Water Research**, v. 38, n. 13, p. 3119–3131, 2004.

THOE, W. et al. Predicting water quality at Santa Monica Beach: Evaluation of five different models for public notification of unsafe swimming conditions. **Water Research**, v. 67, p. 105–117, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Recreational Water Quality Criteria**. Washington: USEPA, 2012.

WHITMAN, R. L. et al. Occurrence of Escherichia coli and Enterococci in Cladophora (Chlorophyta) in Nearshore Water and Beach Sand of Lake Michigan. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 8, p. 4714–4719, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Safe Recreational Water**

Environments: coastal and fresh waters. Geneva: WHO, 2003.

YOUNG, N. The association between marine bathing and infectious diseases– a review. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 96, n. 1, p. 93–100, 2016.

ZHANG, W. et al. Effects of rainfall on microbial water quality on Qingdao No. 1 Bathing Beach, China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 66, n. 1–2, p. 185–190, 2013.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. Evaluation of Virulence Factors In vitro, Resistance to Osmotic Stress and Antifungal Susceptibility of *Candida tropicalis* Isolated from the Coastal Environment of Northeast Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. *Candida tropicalis* geographic population structure maintenance and dispersion in the coastal environment may be influenced by the climatic season and anthropogenic action. **Microbial Pathogenesis**, v. 128, p. 63–68, 2019.

4 AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE NA COSTA PERNAMBUCANA NO PERÍODO DE 2005 A 2016

1. Introdução

A água constitui um dos elementos fundamentais para a sobrevivência dos seres vivos. A qualidade da água, hoje, tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento sustentável e para o aumento da qualidade de vida, passando a ser considerada um recurso finito do ponto de vista qualitativo (WHO, 2003). É importante salientar que a conservação dos recursos hídricos também diz respeito ao meio marinho, o qual constitui um importante fator para o bem estar social e crescimento econômico nas regiões litorâneas (AZEVEDO LOPES et al., 2016; MANCUSO et al., 2021; WHO, 2003), além de ser chave para os objetivos da conservação costeira em diversas escalas de espaço e tempo.

Os baixos índices de coleta e tratamento de esgoto doméstico são um grande problema para as cidades costeiras pernambucanas. Da periferia às orlas das praias, os bairros não possuem saneamento básico adequado e, independentemente da classe social predominante, existe esgoto doméstico sendo lançado inadequadamente a céu aberto, em valas, canais e até na rede pluvial (MOONEY; KNOX; SCHACHT, 2015; PHILIPPI JUNIOR, 2017; <https://cidades.ibge.gov.br/>; <http://www.snis.gov.br/>). Do total da população do Estado, 72,3% não tem acesso à coleta e tratamento de esgoto, segundo dados do Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento (<https://cidades.ibge.gov.br/>; <http://www.snis.gov.br/>). Ou seja, são 6,7 dos 9,3 milhões de pessoas sem esse tipo de serviço no Estado de Pernambuco. A grande maioria dessas pessoas mora na zona costeira e na Região Metropolitana do Recife (RMR) (<https://cidades.ibge.gov.br/>).

A balneabilidade das praias é um dos parâmetros monitorados pelo governo do estado e pode ser definida como sendo uma propriedade das águas para fins de recreação de contato primário de longa exposição e com possibilidade de ingestão de água. A qualidade da água para contato primário precisa ser garantida para que os usos como o banho e atividades esportivas, sem prejuízos à saúde, sejam assegurados. A identificação e divulgação das condições de balneabilidade em um determinado local fornece orientação aos usuários das praias (CONAMA, 2000;

POND, 2005; WHO, 2003), assim como a tomadores de decisão em nível estadual e municipal.

Para a sua avaliação, são estabelecidos critérios baseados em microrganismos indicadores a serem monitorados e seus valores confrontados com padrões preestabelecidos na legislação. Em águas marinhas, é determinada a partir da quantificação de bactérias do grupo coliforme presentes na água, onde os coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e/ou Enterococos são avaliados (CONAMA, 2000). São grupos ou espécies de microrganismos que, quando presentes, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal e também sobre a possível presença de patógenos (COSTA; COSTA, 2020; POND, 2005).

No Brasil, os programas de monitoramento das águas das praias marítimas são tradicionalmente realizados por todo o litoral, sendo o programa conduzido pela CPRH um dos mais antigos e consistentes no Brasil (<http://www.cprh.pe.gov.br/>) após o da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, iniciado em 1968 (<https://cetesb.sp.gov.br/>). Além dessas vantagens, quando comparado com os outros estados da região, o banco de dados do estado de Pernambuco se mostra bastante mais robusto, acessível e com uma frequência alta e constante de dados, possibilitando o embasamento de interpretações mais seguras, assertivas e diversas a partir de análises dos dados com abordagens temporais e/ou espaciais.

O programa de monitoramento da qualidade microbiológica da água das praias de Pernambuco foi iniciado em 1974, quando algumas campanhas de amostragem eram realizadas na Região Metropolitana do Recife, em determinados períodos do ano, principalmente no verão (<http://www.cprh.pe.gov.br/>). Em 1986, foi instituído um programa sistemático de avaliação de todo o litoral pernambucano. Naquela época foram fixados quarenta e cinco pontos de amostragem, dos quais: dezesseis, com frequência de coleta semanal e vinte e nove, com coleta mensal.

A partir de 1992, a campanha passou a contar com quarenta e seis pontos de amostragem a serem monitorados semanalmente, abrangendo onze municípios litorâneos (<http://www.cprh.pe.gov.br/>). Daí então se iniciou também a divulgação, primeiro pela imprensa convencional (rádio, jornais e televisão) e depois também por canais na internet, das praias que apresentavam qualidade imprópria à balneabilidade. Em março de 2010, a Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (CPRH) inclui um novo ponto de amostragem no programa de Balneabilidade das Praias (em frente ao late Clube da praia do Pina, em Recife),

totalizando 47 pontos de coleta no litoral do Estado. O critério empregado para a escolha dos pontos a serem monitorados foi o da maior frequência de usuários e banhistas.

Existem alguns estudos acadêmicos esparsos no tempo e no espaço utilizando dados desse programa monitoramento (ALVES, 2016; AURELIANO, 2000; SILVA et al., 2018; SOUZA-PEREIRA; CAMARGO, 2004). Esse tema também foi abordado por outros estudos que se propuseram a realizar suas próprias medidas da balneabilidade das praias em Pernambuco (SILVA, 2019). No entanto, cada um contém diferentes limitações em termos de disponibilidade de dados no tempo e/ou no espaço.

Apenas praias marítimas no continente são monitoradas pela CPRH (<http://www.cprh.pe.gov.br/>), apesar de tentativas de monitoramento de pontos em praias fluviais em Petrolina (Bacia do São Francisco) e em Fernando de Noronha, eventualmente abandonados por diversos motivos ligados a questões logísticas e operacionais.

O objetivo deste capítulo é avaliar as tendências das condições sanitárias e o risco potencial de se contrair doenças infectocontagiosas com o uso do ambiente aquático para a recreação, segundo valores de número mais provável de coliformes termotolerantes 100 mL^{-1} , definidos pela legislação brasileira vigente, em praias da costa pernambucana, monitorada pela sua agência ambiental estadual (CPRH), a partir dos dados secundários produzidos pela própria agência.

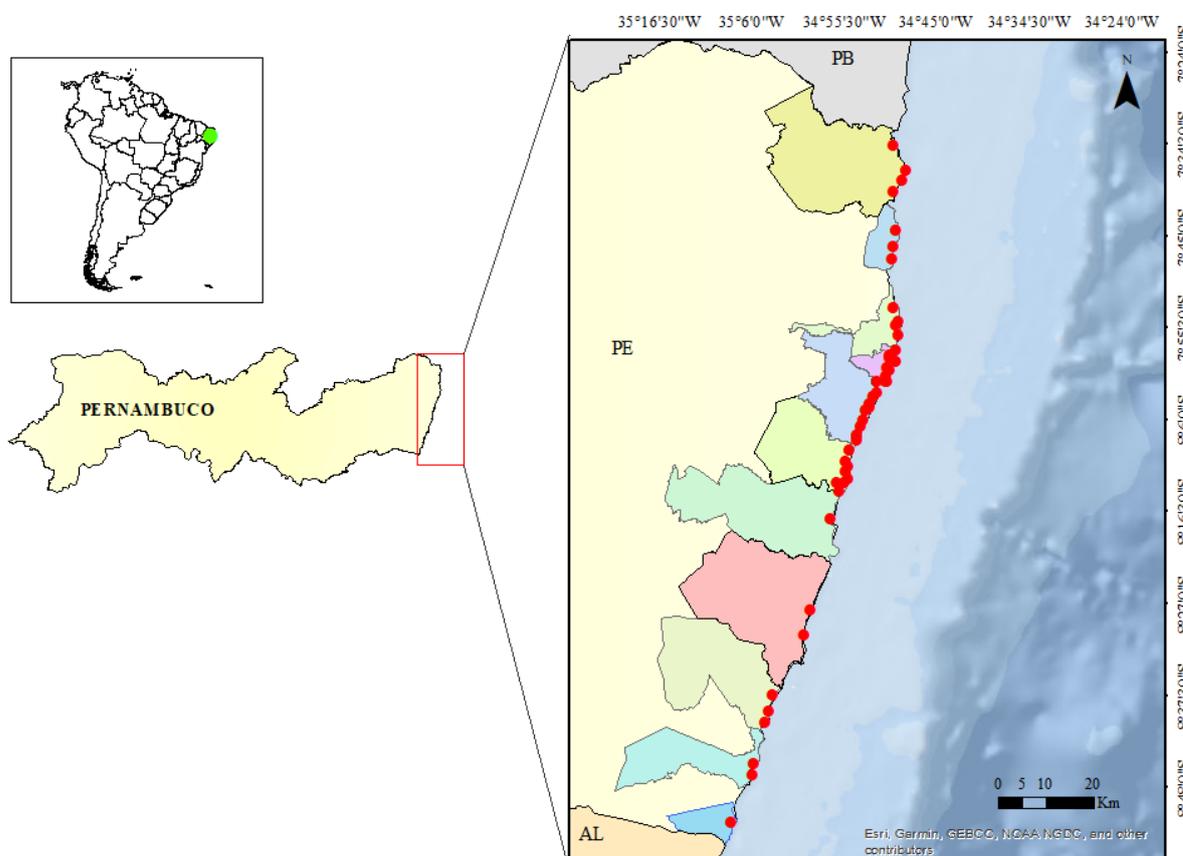
2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A zona litorânea do Estado de Pernambuco corresponde a uma faixa com cerca de 187 km de extensão N - S, que se estende desde o município de Goiana, ao norte, no limite com o Estado da Paraíba, até o município de São José da Coroa Grande, ao sul, no limite com o Estado de Alagoas (Figura 1). Seu limite para oeste são as fronteiras municipais. Assim, em Pernambuco, a zona costeira foi dividida em três setores. Estão inseridos os municípios litorâneos e estuarinos e os municípios que, pela contiguidade com os primeiros, exercem e/ou recebem influência marcante dos mesmos ou que integrem região geo-administrativa, parcialmente localizada na faixa costeira do Estado, a exemplo da Região Metropolitana do Recife (CONDEPE/FIDEM,

2011; CPRH, 2019). Com base nesses critérios, mas excluindo-se os municípios não confrontantes com o mar onde não há monitoramento da balneabilidade de praias, para este trabalho, a Zona Costeira de Pernambuco foi segmentada nos seguintes setores: o Setor 1 - Norte - compreendendo os municípios de Goiana, Itamaracá, e Paulista; o Setor 2 - Núcleo Metropolitano - incluindo os municípios de Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes; e o Setor 3 - Sul - que abrange os municípios de Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré, Barreiros e São José da Coroa Grande (CONDEPE/FIDEM, 2011; CPRH, 2019).

Figura 1: Mapa da distribuição dos 47 atuais pontos amostrais distribuídos pelos 11 municípios do litoral de Pernambuco que contam com monitoramento da qualidade da água das praias pela Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH.



Esta zona apresenta um clima tropical úmido com média pluviométrica variando em torno de 1000 a 2000 mm anuais, e temperatura média do ar de 25° a 26°C (CEMBRA, 2012; CONDEPE/FIDEM, 2011; IBGE, 2011). O regime de ventos na

região é considerado regular, em geral, direcionado ao setor Leste-Sudeste. Ventos alísios e brisas marítimas também possuem forte influência no clima local, incidindo no clima, na formação vegetal e morfológica do litoral pernambucano (CONDEPE/FIDEM, 2011; IBGE, 2011).

Este trecho possui mais de 80 praias marítimas que são utilizadas para recreação pelas populações locais e também são exploradas para o veraneio e o turismo. Devido a esse uso intenso ao longo de todo o ano, existe a necessidade de monitoramento ambiental pela Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH, tendo sido monitorados no período do estudo 47 pontos ao longo da costa de Pernambuco (Figura 1).

2.2 Coleta e tratamento dos dados

A Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH é a responsável pelo monitoramento da balneabilidade na costa pernambucana. Este monitoramento é realizado durante todo o ano nos municípios de Goiana, Ilha de Itamaracá, Paulista, Olinda, Recife, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Sirinhaém, Tamandaré e São José da Coroa Grande. Os dados secundários trabalhados aqui foram provenientes de coletas pretéritas realizadas entre os anos de 2005 e 2016 (último ano completo imediatamente anterior ao início deste projeto).

Os dados foram obtidos junto as CPRH, que realizou: a coleta, semanal, na isóbata de 1 m de profundidade (local de recreação mais intensa); análise laboratorial das amostras, empregando a metodologia descrita pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th ed*; e a divulgação pública dos resultados, seguindo as normas determinadas pela Resolução CONAMA Nº 274/2000 (que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras). Estes dados foram compilados em planilhas eletrônicas. A obtenção dos dados numéricos finais em laboratório foi realizada através do método dos tubos múltiplos, que apresenta resultados em NMP 100 mL⁻¹.

Os dados numéricos foram transformados em uma variável de duas classes: própria (subdividida em excelente, muito boa e satisfatória) e imprópria, seguindo os limites determinados pela legislação. O critério de enquadramento se apoia nas concentrações de *Escherichia coli* em um conjunto de amostras de cinco semanas consecutivas. As amostras foram classificadas nas categorias:

- Excelente, quando em 80% ou mais do conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houve, no máximo, 200 *Escherichia coli* por 100 mililitros;
- Muito Boa, quando em 80% ou mais do conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houve, no máximo, 400 *Escherichia coli* por 100 mililitros; e
- Satisfatória, quando em 80% ou mais do conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 800 *Escherichia coli* por 100 mililitros (CONAMA, 2000).

Os dados de precipitação foram obtidos e compilados a partir do banco de dados da APAC – Agência Pernambucana de Águas para o período estudado. Foi calculada a média de precipitação total mensal para cada município.

As condições de balneabilidade foram levantadas para cada município através da frequência de ocorrência de condições próprias, com suas subdivisões, e impróprias para cada praia em cada ano. Este tipo de avaliação permitiu a compensação das ausências de dados, que ocorreram algumas vezes ao longo dos anos estudados, permitindo a obtenção de resultados padronizados. Os anos e os pontos com menos de 50% dos dados disponíveis foram descartados da análise, resultando em 38 pontos estudados dentre os 47 monitorados (~ 80%).

Os anos foram decompostos em dois períodos: estação seca e ápice da estação chuvosa, baseado nas precipitações registradas nos anos estudados em cada município. O ápice da estação chuvosa reuniu os 4 meses mais chuvosos, enquanto a estação seca reuniu o restante dos meses. Os postos meteorológicos foram eleitos seguindo dois critérios: a proximidade com a costa do município e a quantidade de anos monitorados disponíveis. Os postos que tiveram os dados coletados foram: 28 - Goiana (Itapirema - IPA), 524 – Itamaracá, 451 – Paulista, 199 – Olinda, 30 - Recife (Várzea), 268 - Jaboatão dos Guararapes (Bar. Duas Unas), 491 - Cabo (Barragem de Suape), 387 - Ipojuca, 111 – Sirinhaém, 510 – Tamandaré e 110 - São José da Coroa Grande.

Da série disponível, foram selecionadas as praias que apareceram com maior frequência ao longo dos anos estudados, possibilitando realizar uma análise temporal e regional.

Para cada município monitorado também foi calculado o Índice Anual de Balneabilidade – IAB, desenvolvido pela CETESB (2012), para águas interiores (rios

e reservatórios) e adaptado por Fontenelle, Baptista Neto e Fonseca (2015) para águas costeiras (Tabela 1).

Tabela 1 - Critério para o cálculo do índice anual de balneabilidade

IAB	Condições
Excelente	Praias classificadas como Excelentes em 100% do tempo
Boa	Praias classificadas como Próprias em 100% do tempo, exceto as classificadas somente como Excelentes
Regular	Praias classificadas como Impróprias em até 25% do tempo
Ruim	Praias classificadas como Impróprias entre 25% e 50% do tempo
Muito ruim	Praias classificadas como Impróprias entre 50% e 75% do tempo
Crítica	Praias classificadas como Impróprias acima de 75% do tempo

Fonte: FONTENELLE, BAPTISTA NETO E FONSECA (2015)

O Índice Anual de Balneabilidade é uma qualificação anual que expressa, a qualidade que a praia apresenta com mais frequência ao longo do tempo. Após o cálculo do IAB, foram observadas tendências de melhora ou piora ao longo do período, através de análises de regressão linear. Uma inclinação positiva significativamente diferente de zero foi considerada como representativa de piora na qualidade ao longo do período, assim como uma inclinação negativa significativamente diferente de zero foi considerada como representativa de piora na qualidade.

3. Resultados

3.1 Precipitação Total Mensal (mm)

A precipitação total mensal foi calculada para cada município e serviu de suporte para a definição das estações estudadas (estação seca e ápice da estação chuvosa) (Tabela 2).

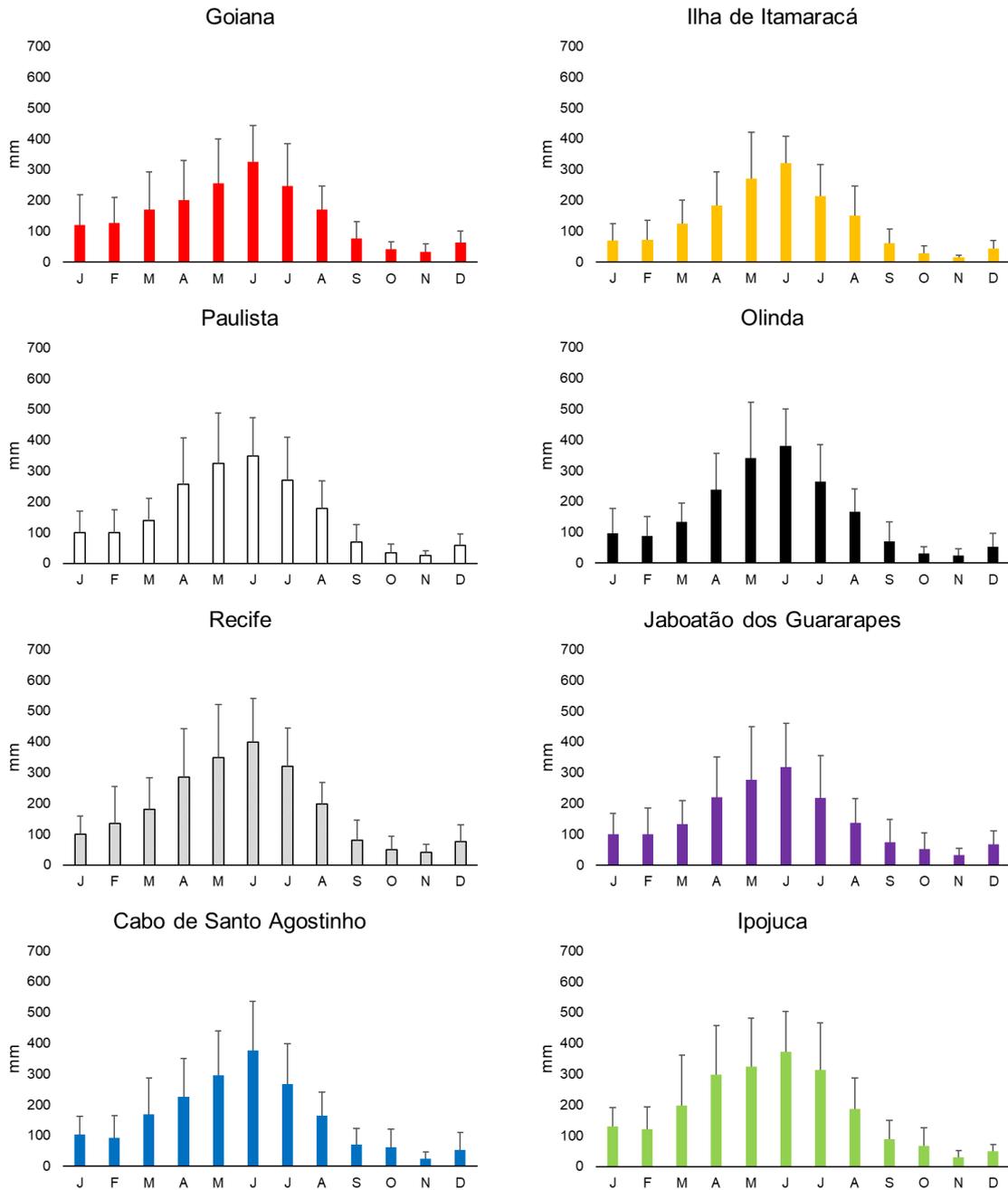
Tabela 2 - Precipitação total mensal média (\pm desvio) para o período estudado, para cada capital. Em destaque em azul, o mês mais chuvoso e em amarelo o mês mais seco

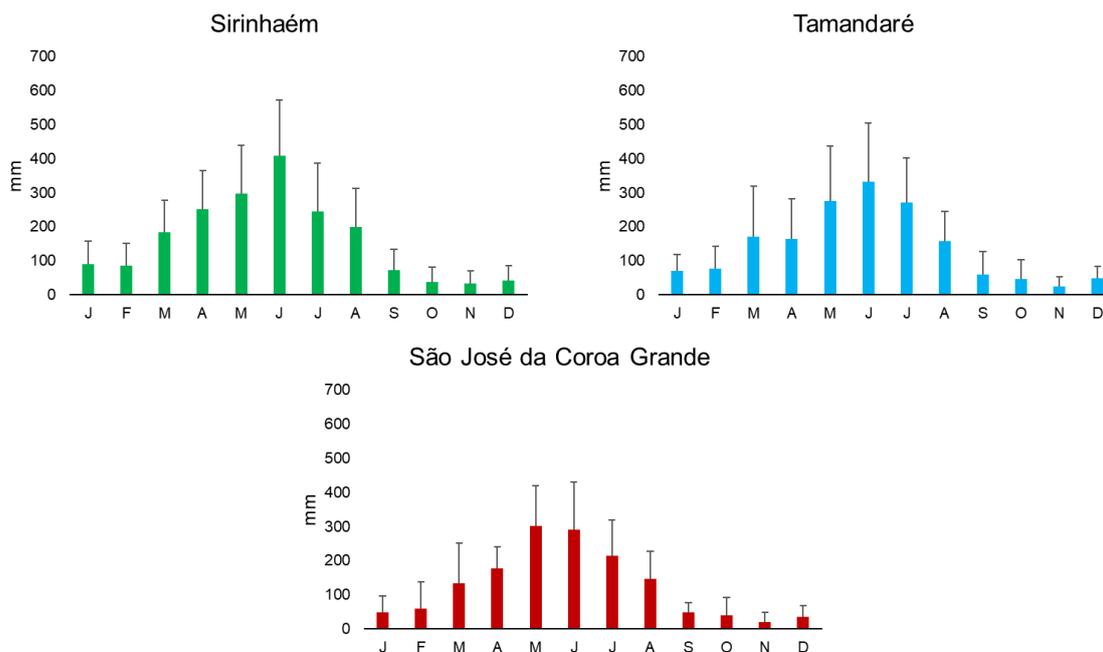
Município	Precipitação Total Mensal - média (mm)											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Goiana	119,7 \pm 99,2	126,1 \pm 84,5	171,0 \pm 121,2	201,3 \pm 127,8	255,7 \pm 144,0	324,8 \pm 118,3	247,3 \pm 138,1	171,1 \pm 75,4	77,2 \pm 53,8	41,5 \pm 24,6	33,9 \pm 25,3	63,0 \pm 38,1
Ilha de Itamaracá	68,6 \pm 55,0	72,5 \pm 62,4	123,5 \pm 77,3	184,0 \pm 108,9	270,8 \pm 150,1	320,0 \pm 89,1	213,1 \pm 102,5	150,0 \pm 96,9	60,2 \pm 47,1	28,8 \pm 22,7	14,0 \pm 8,0	42,4 \pm 27,8
Paulista	100,3 \pm 68,5	98,6 \pm 74,3	139,6 \pm 70,2	256,5 \pm 150,2	325,1 \pm 163,3	348,5 \pm 124,8	269,2 \pm 141,0	178,7 \pm 89,5	69,2 \pm 56,3	34,9 \pm 27,8	24,5 \pm 16,0	57,1 \pm 38,2
Olinda	97,6 \pm 79,2	86,8 \pm 64,8	132,9 \pm 62,7	237,7 \pm 119,7	340,9 \pm 181,9	379,4 \pm 121,0	264,7 \pm 120,8	166,2 \pm 74,5	71,4 \pm 62,8	30,1 \pm 23,6	24,0 \pm 23,1	52,5 \pm 44,2
Recife	99,7 \pm 58,1	134,6 \pm 121,0	181,3 \pm 101,3	285,0 \pm 157,9	349,6 \pm 172,3	398,6 \pm 142,7	320,4 \pm 142,7	198,8 \pm 69,7	80,9 \pm 65,4	48,5 \pm 44,6	40,4 \pm 27,6	76,6 \pm 54,4
Jaboatão dos Guararapes	100,2 \pm 68,0	100,8 \pm 84,0	133,4 \pm 75,4	220,9 \pm 130,6	276,3 \pm 173,9	318,7 \pm 140,7	218,7 \pm 136,3	137,7 \pm 77,7	75,0 \pm 72,4	51,8 \pm 51,7	32,1 \pm 23,0	67,5 \pm 43,0
Cabo de Santo Agostinho	103,9 \pm 59,7	93,3 \pm 70,7	168,9 \pm 118,8	226,8 \pm 124,1	295,6 \pm 145,0	375,6 \pm 160,1	267,7 \pm 131,8	164,9 \pm 77,3	71,5 \pm 52,5	61,8 \pm 58,8	24,3 \pm 23,0	53,0 \pm 56,3
Ipojuca	130,0 \pm 61,3	121,1 \pm 71,9	198,6 \pm 163,1	298,1 \pm 158,6	323,9 \pm 158,5	372,0 \pm 130,5	314,5 \pm 151,7	186,1 \pm 100,9	88,3 \pm 60,7	66,3 \pm 59,1	30,4 \pm 20,4	48,6 \pm 22,2
Sirinhaém	89,1 \pm 67,8	85,1 \pm 66,2	184,0 \pm 93,2	251,7 \pm 113,5	298,2 \pm 141,9	407,8 \pm 164,9	246,1 \pm 141,6	199,5 \pm 113,5	72,8 \pm 60,4	38,0 \pm 42,9	32,9 \pm 37,4	41,5 \pm 44,3
Tamandaré	69,6 \pm 48,0	77,4 \pm 64,9	171,0 \pm 149,2	164,4 \pm 116,9	274,6 \pm 162,3	331,6 \pm 172,7	272,0 \pm 129,8	156,7 \pm 88,5	58,3 \pm 67,8	46,1 \pm 57,5	24,0 \pm 27,9	48,8 \pm 35,3
São José da Coroa Grande	47,9 \pm 48,5	58,8 \pm 79,8	132,6 \pm 119,3	177,8 \pm 63,6	300,7 \pm 118,7	291,2 \pm 139,0	213,2 \pm 104,9	145,9 \pm 80,9	48,4 \pm 28,0	39,3 \pm 52,8	21,0 \pm 26,5	34,3 \pm 34,3

Fonte: A autora (2021).

A precipitação total mensal dos municípios estudados, apresentou o ápice da estação chuvosa entre os meses de abril e julho (Figura 2), sendo junho o mês mais chuvoso, com exceção de São José da Coroa Grande, que apresenta a maior média no mês de maio ($300,7 \pm 118,7$ mm). Já o mês mais seco registrado foi novembro, em todos os municípios.

Figura 2 - Precipitação total mensal (média \pm desvio) para o período estudado, para cada município





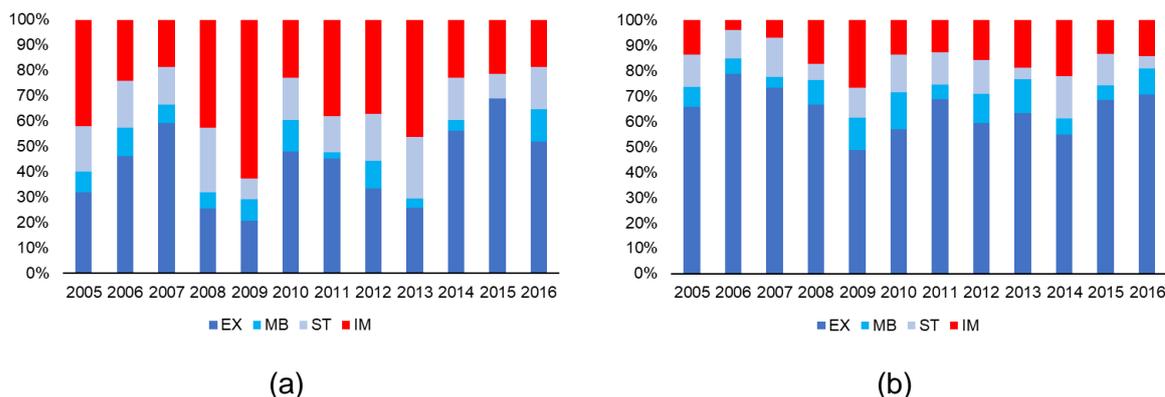
3.2 Goiana

Para o município de Goiana, foram analisados 3 pontos, um na Praia de Catuama, o segundo em Pontas de Pedra, na Praia do Meio e o terceiro na Praia de Carne de Vaca. O tempo analisado foi, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 3).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente. Os resultados variaram entre 20,8%, em 2009, e 69,0%, em 2015, das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora na qualidade da água no município com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água saíram de 32,0% em 2005 para 52,1% em 2016 e as condições impróprias reduziram de 42,0% em 2005 para 18,8% em 2016, além do aumento das condições muito boas (8,0% em 2005 para 12,5% em 2016) (Figura 3a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 48,8%, em 2009, e 78,8% em 2006 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma tendência de estabilidade da qualidade da água, onde houve quase a manutenção das condições impróprias (13,7% em 2005 para 14,1% em 2016) (Figura 3b).

Figura 3 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Goiana no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



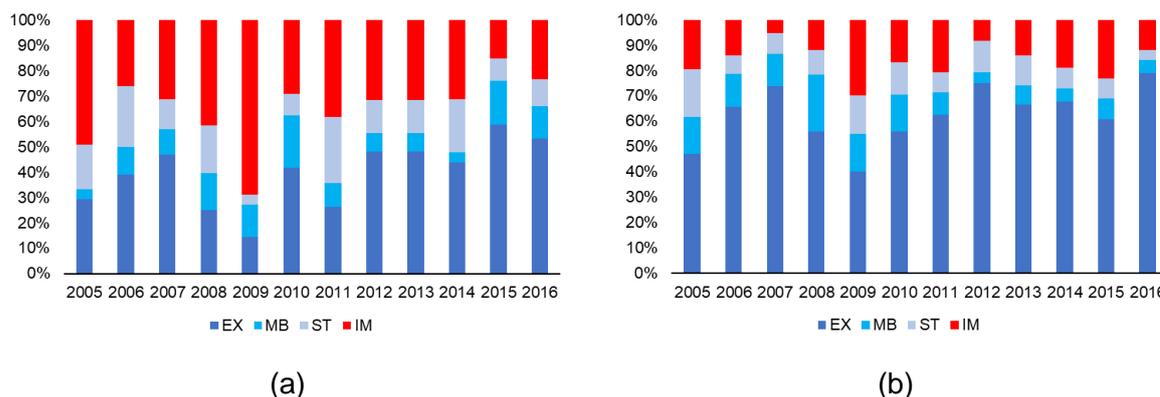
3.3 Ilha de Itamaracá

No município de Ilha de Itamaracá, foram analisados três pontos: um na Praia do Forte, o segundo na Praia de Pilar e por fim, um na Praia de Jaguaribe. O tempo analisado foi, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 4).

Durante o ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente. Os resultados variaram entre 14,6%, em 2009, e 58,7%, em 2015, das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora na qualidade da água no município com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água saíram de 29,4%, em 2005 para 53,2% em 2016 e as condições impróprias reduziram de 49,0% em 2005 para 23,4% em 2016 (Figura 4a).

Durante a estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 40,2%, em 2009, e 78,9% em 2016 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma tendência de melhora da qualidade da água, onde houve aumento das condições excelentes (47,1% em 2005 para 78,9% em 2016) e diminuição das condições impróprias (19,6% em 2005 para 11,8% em 2016) (Figura 4b).

Figura 4 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Ilha de Itamaracá no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



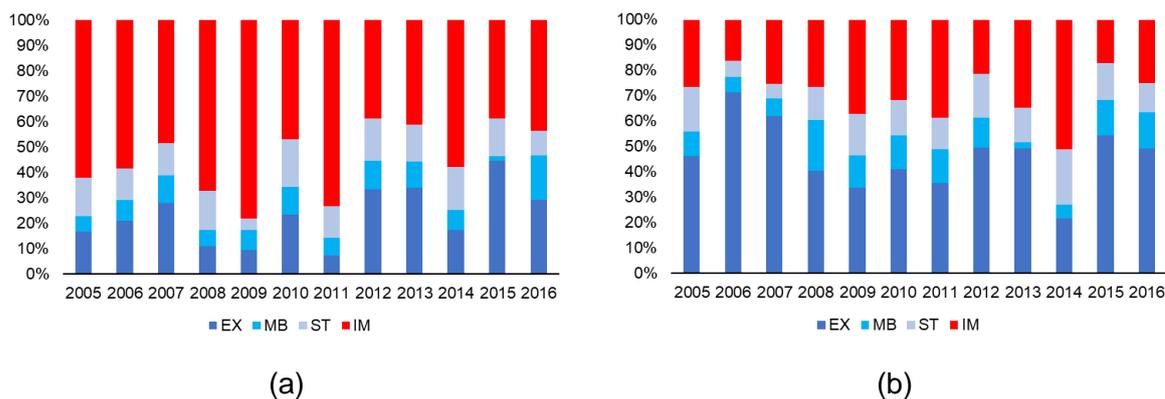
3.4 Paulista

No município de Paulista, foram analisados quatro pontos: dois na Praia do Janga, um na Praia de Pau Amarelo, e mais um na Praia de Maria Farinha. O tempo analisado foi, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 5).

Durante o ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Imprópria (423 ocorrências em 778 amostragens). Os resultados variaram entre 38,9%, em 2012 e em 2015, e 78,1%, em 2009, em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora na qualidade da água no município com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água saíram de 16,7%, em 2005 para 29,0% em 2016 e as condições impróprias reduziram de 62,1% em 2005 para 43,5% em 2016 (Figura 5a).

Durante a estação seca, a qualidade da água foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 21,6%, em 2014, e 71,3% em 2006 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma leve tendência de melhora da qualidade da água, onde houve uma pequena variação na quantidade de condições próprias (46,3% em 2005 para 49,1% em 2016) e um pequeno decréscimo das condições impróprias (26,5% em 2005 para 25,0% em 2016) (Figura 5b).

Figura 5 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Paulista no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



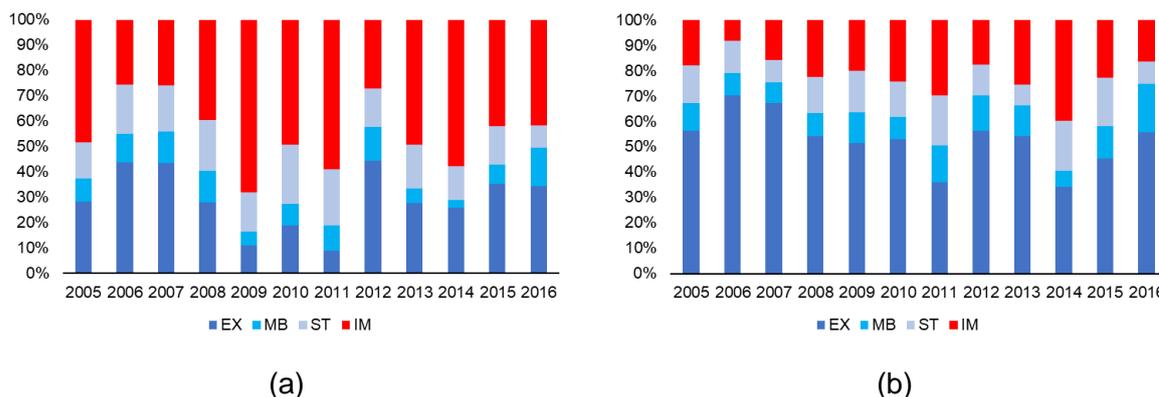
3.5 Olinda

No município de Olinda, foram analisados oito pontos: um na Praia dos Milagres, o segundo na Praia do Carmo, dois na Praia de Bairro Novo, três na Praia de Casa Caiada e um na Praia de Rio Doce. O tempo analisado foi, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 6).

Durante o ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Imprópria (689 ocorrências em 1570 amostragens). Os resultados variaram entre 25,7%, em 2006, e 68,0%, em 2009, em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora na qualidade da água no município com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água saíram de 28,4%, em 2005 para 34,4% em 2016 e as condições impróprias reduziram de 48,5% em 2005 para 41,6% em 2016 (Figura 6a).

Durante a estação seca, a qualidade da água foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 34,0%, em 2014, e 70,3% em 2006 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma leve tendência de melhora da qualidade da água, onde houve uma pequena variação na quantidade de condições próprias (82,0% em 2005 para 83,7% em 2016) e um pequeno decréscimo das condições impróprias (18,0% em 2005 para 16,3% em 2016) (Figura 6b).

Figura 6 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Olinda no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



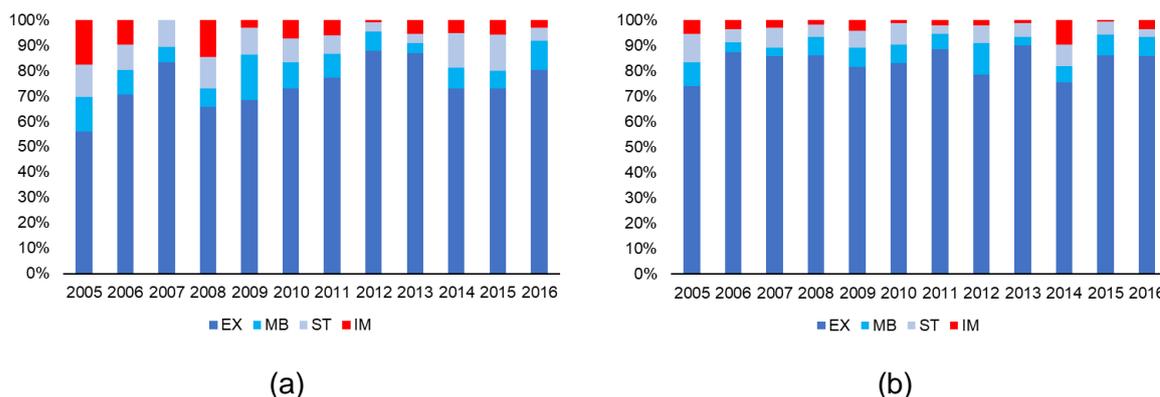
3.6 Recife

Para o município de Recife, os dados foram coletados em média em 48 ± 2 semanas por ano. Foram analisados seis pontos, em diferentes locais da Praia de Boa Viagem (Figura 7).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados sempre acima de 55,0% das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um aumento na quantidade de condições próprias (55,9% em 2005 para 80,2% em 2016) e uma queda das condições impróprias (17,6% em 2005 para 3,1% em 2016). O ano de 2007 não apresentou nenhum caso de água imprópria para o banho (Figura 7a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados acima de 74,0% das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um acréscimo na quantidade de condições próprias (74,0% em 2005 para 85,7% em 2016) e um decréscimo das condições impróprias (5,4% em 2005 para 3,6% em 2016) (Figura 7b).

Figura 7 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Recife no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



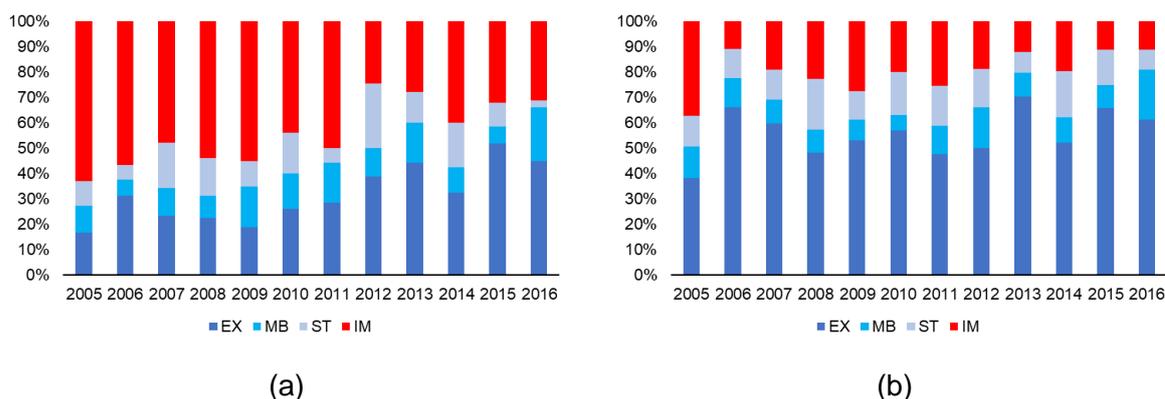
3.7 Jaboatão dos Guararapes

No município de Jaboatão dos Guararapes, foram analisados cinco pontos: um na Praia de Barra de Jangadas, o segundo na Praia de Candeias e por fim, três na Praia de Piedade. O tempo analisado foi, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 8).

Durante o ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Imprópria (432 ocorrências em 989 amostragens). Os resultados variaram entre 24,4%, em 2012, e 63,1%, em 2005, das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora na qualidade da água no município com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água saíram de 29,4%, em 2005 para 53,2% em 2016 e as condições impróprias reduziram de 49,0% em 2005 para 23,4% em 2016 (Figura 8a).

Durante a estação seca, a qualidade da água foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 40,2%, em 2009, e 78,9% em 2016 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma tendência de melhora da qualidade da água, onde houve aumento das condições excelentes (47,1% em 2005 para 78,9% em 2016) e diminuição das condições impróprias (19,6% em 2005 para 11,8% em 2016) (Figura 8b).

Figura 8 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Jaboatão dos Guararapes no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



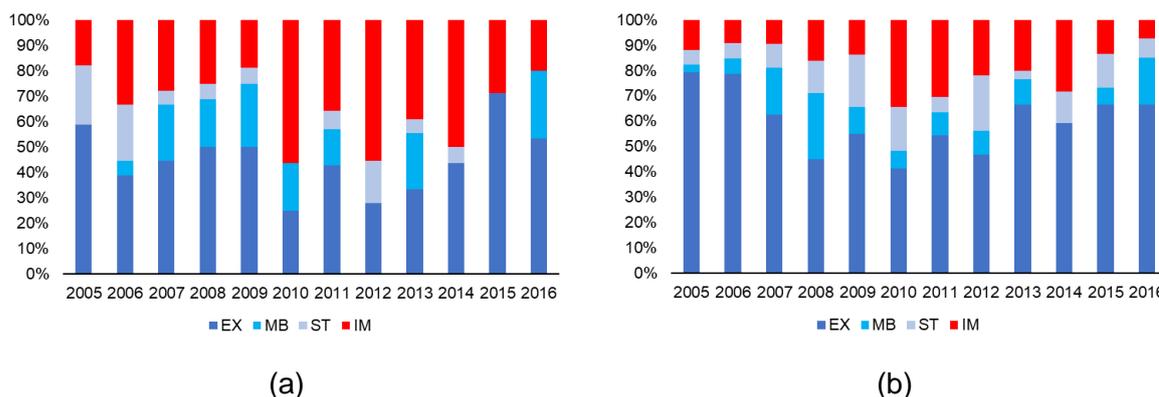
3.8 Cabo de Santo Agostinho

Para o município de Cabo de Santo Agostinho, foi analisado 1 ponto, na Praia de Gaibu durante, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 9).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados variando entre 25,0%, em 2010, e 71,4%, em 2015, das medições em cada ano. Comparando o primeiro e último anos da série de dados, a água teve uma melhora na sua qualidade, onde embora a porcentagem de condições excelentes tenha diminuído (58,8% em 2005 para 53,3% em 2016) e a porcentagem de condições impróprias tenha aumentado (17,6% em 2005 para 20,0% em 2016), a porcentagem de condições muito boas aumentaram significativamente (0,0% em 2005 para 26,7% em 2016) (Figura 9a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 41,4%, em 2010, e 79,4% em 2005 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma tendência de piora da qualidade da água, onde houve redução das condições excelentes (79,4% em 2005 para 66,7% em 2016) e aumento das condições muito boas (2,9% em 2005 para 18,5% em 2016) (Figura 9b).

Figura 9 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Cabo de Santo Agostinho no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



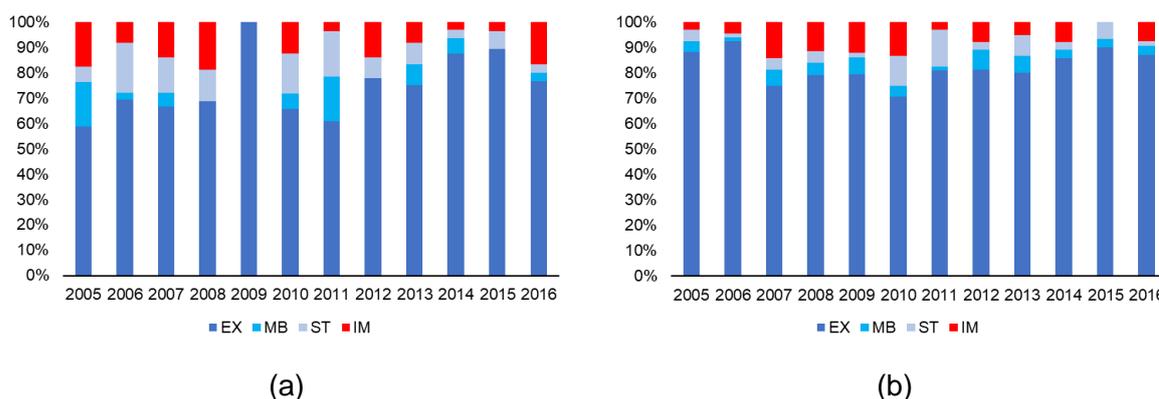
3.9 Ipojuca

Já no município de Ipojuca, foram analisados 2 pontos, um na Praia de Ponta de Serrambi e o segundo na Praia de Porto de Galinhas. O tempo analisado foi, em média, 48 ± 2 semanas por ano (Figura 10).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente. Os resultados variaram entre 58,8%, em 2005, e 100,0%, em 2009, das medições em cada ano. As variações observadas mostram uma tendência de melhora na qualidade da água no município com o passar dos anos, onde as condições excelentes da água saíram de 58,8%, em 2005 para 76,6% em 2016 e as condições impróprias reduziram de 17,6% em 2005 para 16,7% em 2016, além do aumento das condições muito boas (17,6% em 2005 para 3,3% em 2016) (Figura 10a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 70,6%, em 2010, e 92,4% em 2006 das medições em cada ano. Já ao longo dos anos, foi observada uma leve tendência de queda da qualidade da água, onde houve redução das condições excelentes (88,2% em 2005 para 87,0% em 2016) e aumento das condições impróprias (2,9% em 2005 para 7,4% em 2016) (Figura 10b).

Figura 10 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Ipojuca no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



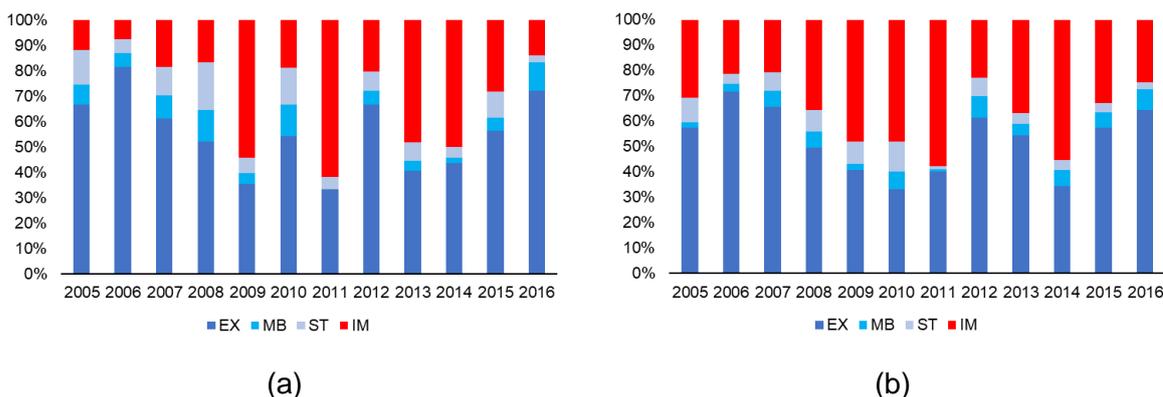
3.10 Sirinhaém

Para o município de Sirinhaém, os dados foram coletados em média em 48 ± 2 semanas por ano. Foram analisados três pontos, um na Praia de Guadalupe e dois na Praia de Barra de Sirinhaém (Figura 11).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados entre 33,3% (em 2011) e 81,5% (em 2006) das medições em cada ano. As variações mostraram uma leve tendência de piora ao longo do tempo, onde houve uma queda na quantidade de condições próprias (88,2% em 2005 para 86,1% em 2016) e um aumento das condições impróprias (11,8% em 2005 para 13,9% em 2016) (Figura 11a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados entre 33,0% (em 2010) e 71,7% (em 2005) das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um acréscimo na quantidade de condições excelentes (57,4% em 2005 para 64,4% em 2016) e um decréscimo das condições impróprias (30,7% em 2005 para 24,7% em 2016) (Figura 11b).

Figura 11 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Sirinhaém no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



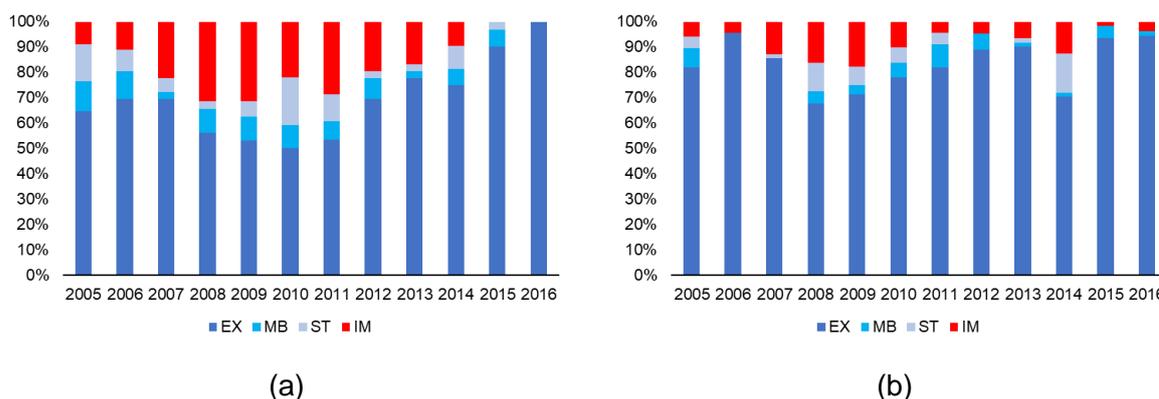
3.11 Tamandaré

Já para o município de Tamandaré, os dados foram coletados em média em 48 ± 2 semanas por ano. Foram analisados dois pontos, coletados na Praia de Tamandaré (Figura 12).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados sempre acima de 50,0% das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um aumento na quantidade de condições próprias (64,7% em 2005 para 100,0% em 2016) e uma queda das condições impróprias (8,8% em 2005 para 0,0% em 2016) (Figura 12a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados maiores que 70,0% das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um acréscimo na quantidade de condições excelentes (81,8% em 2005 para 94,4% em 2016) e um decréscimo das condições impróprias (6,1% em 2005 para 3,7% em 2016) (Figura 12b).

Figura 12 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de Tamandaré no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



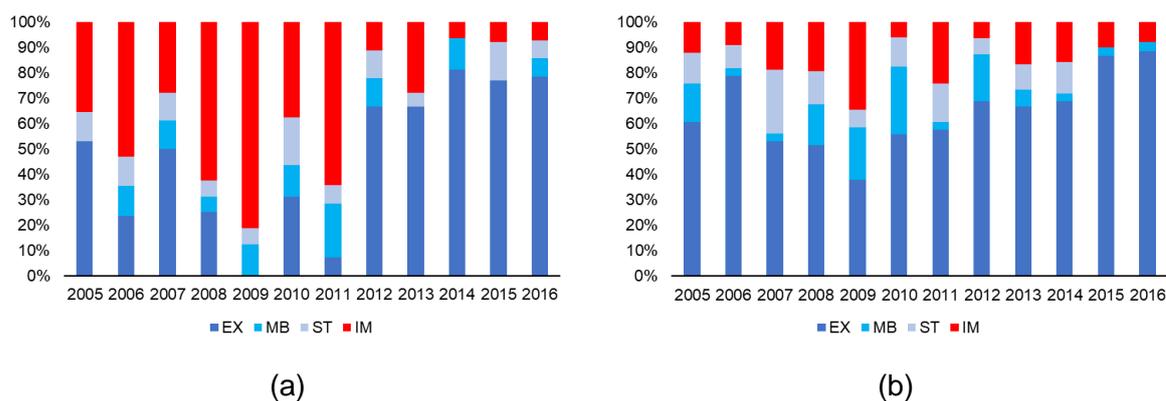
3.12 São José da Coroa Grande

Para o município de São José da Coroa Grande, os dados foram coletados em média em 48 ± 2 semanas por ano. Foi analisado um ponto, na Praia de São José da Coroa Grande (Figura 13).

No ápice da estação chuvosa, a qualidade da água foi considerada a maior parte do tempo Excelente, com resultados entre 0,0% (em 2009) e 81,3% (em 2014) das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um aumento na quantidade de condições próprias (52,9% em 2005 para 78,6% em 2016) e uma queda das condições impróprias (35,3% em 2005 para 7,1% em 2016) (Figura 13a).

Na estação seca, a qualidade da água também foi considerada, na maior parte do tempo, Excelente, com resultados sempre acima de 37,5% das medições em cada ano. As variações mostraram uma tendência de melhora ao longo do tempo, onde houve um acréscimo na quantidade de condições excelentes (60,6% em 2005 para 88,5% em 2016) e um decréscimo das condições impróprias (12,1% em 2005 para 7,7% em 2016) (Figura 13b).

Figura 13 - Qualidade das águas balneares nas praias monitoradas no município de São José da Coroa Grande no período de 2005 a 2016 no ápice da estação chuvosa (a) e na estação seca (b)



3.13 Índice Anual de Balneabilidade – IAB

O Índice Anual de Balneabilidade foi calculado para cada município monitorado. A Tabela 3 reúne os resultados onde as cores refletem a classificação. Todos os municípios de estudo tiveram as águas de suas praias com IAB entre 1,1% (Tamandaré, em 2015) e 59,0% (Sirinhaém, em 2011) de ocorrências de impróprias, sendo classificadas em regulares, ruins e muito ruins durante o período estudado.

Tabela 3 - Índice Anual de Balneabilidade calculado para as capitais

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Goiana	23,0%	11,1%	12,0%	25,7%	39,6%	16,7%	20,1%	23,3%	29,2%	22,4%	16,0%	15,9%
Ilha de Itamaracá	29,4%	18,3%	14,3%	22,0%	43,7%	20,7%	25,7%	16,7%	20,4%	22,9%	20,3%	16,3%
Paulista	38,1%	31,3%	33,8%	40,4%	51,7%	36,5%	48,7%	27,6%	37,1%	53,4%	23,7%	31,6%
Olinda	28,1%	14,5%	19,6%	28,2%	37,2%	32,3%	38,3%	21,0%	34,4%	45,8%	28,9%	25,4%
Recife	9,5%	5,7%	1,9%	6,0%	3,7%	3,1%	3,2%	1,7%	2,8%	8,1%	2,3%	3,4%
Jaboatão dos Guararapes	45,7%	27,1%	29,3%	33,2%	37,3%	27,8%	32,5%	20,8%	18,0%	26,4%	17,8%	18,4%
Cabo de Santo Agostinho	13,7%	17,6%	16,0%	19,1%	15,6%	42,2%	31,9%	34,0%	27,1%	35,4%	18,2%	11,9%
Ipojuca	7,8%	5,9%	14,0%	13,8%	7,8%	13,0%	3,1%	10,0%	6,3%	6,3%	1,1%	10,7%
Sirinhaém	24,3%	16,3%	20,0%	29,1%	50,4%	38,5%	59,0%	22,0%	41,0%	53,5%	31,4%	21,1%
Tamandaré	7,0%	6,9%	16,3%	21,3%	22,7%	14,0%	11,7%	10,0%	10,4%	11,5%	1,1%	2,4%
São José da Coroa Grande	20,0%	24,0%	22,0%	34,0%	51,1%	16,0%	36,2%	8,0%	20,8%	12,5%	9,3%	7,5%

Fonte: A autora (2021).

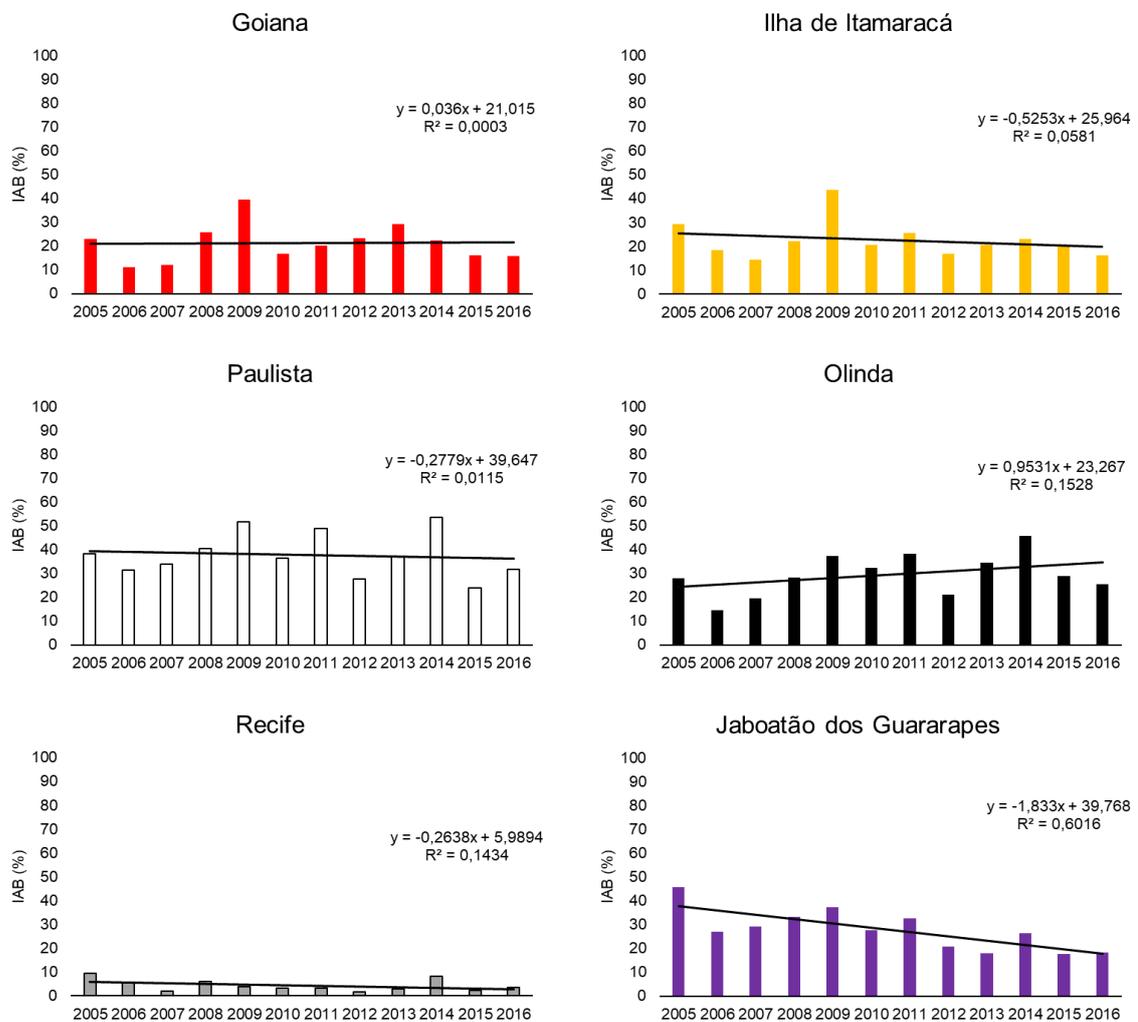
Legenda	
Excelente	
Boa	
Regular	
Ruim	
Muito ruim	
Crítica	
Ausência de dados	

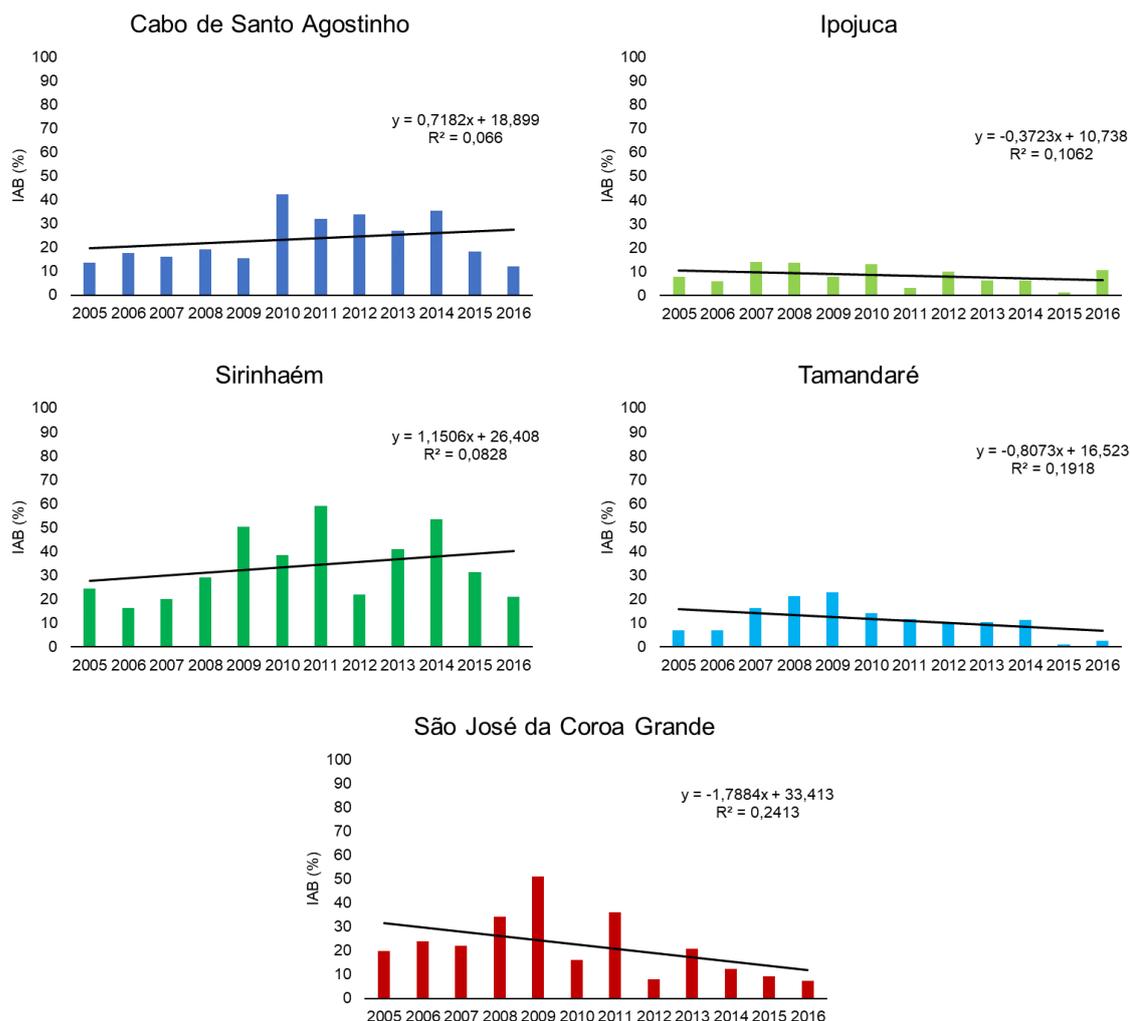
3.14 Regressões Lineares

Os IAB calculados estão representados em forma de gráfico de barras, separadamente para cada município, sendo adicionada uma linha de tendência para visualização da sua evolução ao longo do tempo (Figura 14). A equação da reta e seu R^2 foram calculados. O valor ideal procurado numa regressão linear para o R^2 é maior ou igual a 70% (MONTGOMERY; RUNGER, 2021).

A variação do IAB ao longo do tempo estudado é mostrada pelas linhas de tendência. A variação significativa no IAB em cada município foi testada através de análises de regressão linear.

Figura 14 - Variação do IAB (%) ao longo do tempo estudado nas capitais





Para o Litoral Norte, no município de Goiana, a equação da reta calculada foi $y = 0,036x + 21,015$ e o $R^2 = 0,00$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,960$). Para a Ilha de Itamaracá, a equação da reta obtida foi $y = -0,5253x + 25,964$ e o $R^2 = 0,05$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,450$). Para Paulista, a equação da reta calculada foi $y = -0,2779x + 39,647$ e o $R^2 = 0,01$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,740$).

Na Região Metropolitana, para Olinda, a equação da reta calculada foi $y = 0,9531x + 23,267$ e o $R^2 = 0,15$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,208$). Para Recife, a equação da reta calculada foi $y = -0,2638x + 5,9894$ e o $R^2 = 0,14$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,224$). Já para Jaboatão dos Guararapes, a equação da reta calculada foi $y = -1,833x + 39,768$ e o $R^2 = 0,60$, com o valor de $p \leq 0,05$ ($p = 0,003$). Para o Cabo de Santo Agostinho, a equação da reta obtida foi $y = 0,7182x + 18,899$ e o $R^2 = 0,06$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,420$).

Já para o Litoral Sul, Ipojuca, obteve a equação da reta calculada $y = -0,3723x + 10,738$ e o $R^2 = 0,10$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,301$). Para Sirinhaém, a equação

da reta calculada foi $y = 1,1506x + 26,408$ e o $R^2 = 0,08$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,364$). Para Tamandaré, a equação da reta obtida foi $y = -0,8073x + 16,523$ e o $R^2 = 0,19$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,154$). Por fim, para São José da Coroa Grande, a equação da reta obtida foi $y = -1,7884x + 33,413$ e o $R^2 = 0,24$, com o valor de $p \geq 0,05$ ($p = 0,104$).

4. Discussão

A precipitação total mensal de cada município calculada neste estudo, deu embasamento para a definição das estações estudadas (Tabela 2). Como já descrito pela literatura (ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2018; IBAMA, 2006; <https://www.apac.pe.gov.br/>), os municípios, situados na zona costeira de Pernambuco, apresentaram a concentração da precipitação característicos no intervalo de tempo estudado, apoiando a divisão empregada.

A qualidade da água manteve-se pior em todos os municípios no considerado ápice da estação chuvosa, com mais ocorrências de condições impróprias, comparado a estação seca. O ápice da estação chuvosa, proporciona um aumento do aporte de água doce, melhorando, para os microrganismos, as condições insalubres oferecidas pelo ambiente marinho (ELSAS; SEMENOV, 2011; ROSZAK; COLWELL, 1987; ROZEN; BELKIN, 2001). As condições para a sobrevivência dos microrganismos ficam mais prósperas, com o aumento da temperatura da água, a queda da salinidade, diminuição da intensidade de luz e com o aumento da turbidez (ELSAS; SEMENOV, 2011; ROSZAK; COLWELL, 1987; ROZEN; BELKIN, 2001). A intensidade das chuvas também ocasiona o aporte de água contaminada, resultante da lixiviação e carreamento de substâncias nas superfícies, especialmente das cidades (ARAGONÉS et al., 2016; EFSTRATIOU, 2001; GRIFFITH et al., 2010; ZHANG et al., 2013).

Nos municípios estudados, a qualidade das águas aparenta ser afetada por outros fatores além da exclusiva ação do aumento da precipitação. Fatos que se somam, contribuindo para a queda da qualidade da água, são as fontes pontuais e difusas contínuas de poluição ao longo das orlas (EFSTRATIOU et al., 1998; EFSTRATIOU; MAVRIDOU; RICHARDSON, 2009; FONTENELLE; BAPTISTA NETO; FONSECA, 2015; PRAVEENA et al., 2015).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2021), o estado de Pernambuco coleta 30,4% do esgoto produzido e trata 67,98% deste. Dados coletados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano de 2017, mostram que o volume de água fornecido e consumido por dia é bem inferior ao volume de esgoto tratado por dia nesses municípios (Tabela 4). Isso ocorre proporcionalmente em todos os municípios, independentemente de suas características geográficas ou socioeconômicas.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) avalia a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico dos municípios. Ele avalia três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. É acompanhado por mais de 180 indicadores socioeconômicos que dão suporte à sua análise e ampliam a compreensão dos fenômenos e dinâmicas voltados ao desenvolvimento municipal. O índice varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (<http://www.atlasbrasil.org.br/>). A defasagem no abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto nesses municípios, contribuem para que este índice se mantenha ainda afastado das melhores condições.

Tabela 4 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), volume de água tratada fornecida e consumido por dia e volume de esgoto tratado por dia nos municípios onde há monitoramento da balneabilidade em Pernambuco

Município	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	Volume de água tratada distribuída por dia (m³)	Volume de água consumido por dia (m³)	Volume de esgoto tratado por dia (m³)
Goiana	0,653	8.986	6.062	Não possui esgotamento sanitário
Ilha de Itamaracá	0,732	10.886	3.631	Não possui esgotamento sanitário
Paulista	0,686	70.330	23.124	10.453
Olinda	0,717	76.550	28.959	15.211
Recife	0,619	411.091	162.085	120.608
Cabo de Santo Agostinho	0,651	103.594	58.771	2.254
Jaboatão dos Guararapes	0,772	107.654	57.650	8.601
Sirinhaém	0,593	6.394	1.983	592
Tamandaré	0,608	6.826	2.646	1.753
São José da Coroa Grande	0,597	3.542	1.366	Não possui esgotamento sanitário

Fonte: A autora (2021).

A destinação dada ao restante do esgoto produzido são as fossas ou o despejo a céu aberto. A parte não coletada nem tratada é muito preocupante, pois tradicionalmente tem como principais destinos os corpos d'água localizados nas proximidades das residências, que acabam desaguando no mar e até mesmo sendo despejados diretamente nas praias.

De acordo com Young (2016), gastroenterites, infecções de ouvido, infecções oculares, doenças respiratórias e infecções cutâneas são as possíveis enfermidades mais comuns de serem adquiridas após a exposição ao ambiente marinho contaminado. No ano de 2017, em todo o Brasil, houve mais de 258 mil internações por doenças de veiculação hídrica, sendo a água do mar um dos veículos de contaminação (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021). Pond (2005) também destaca que crianças e pessoas com baixa resistência imunológica (ex. idosos, comorbidades) são as mais sensíveis a esses tipos de doenças.

Na literatura internacional, é notável a preocupação com a qualidade das águas onde são desenvolvidas atividades recreacionais, onde a análise deste parâmetro é tratada como ferramenta de gestão costeira, assim como questão de saúde pública (CHEUNG et al., 2015; EFSTRATIOU, 2001; FIORENTINO; OLASCOAGA; RENIERS, 2014; GRIFFITH et al., 2010; KLEIN; DODDS, 2017; SHIBATA et al., 2004; THOE et al., 2014; ZHANG et al., 2013).

Jaboatão dos Guararapes ($p = 0,003$) foi o único município apresentou o valor de p significativo ($p \geq 0,05$) e correlações do tempo com o Índice de Balneabilidade positiva moderada ($R^2 = 0,60$) (MONTGOMERY; RUNGER, 2021). Isso reforça que a quantidade de chuvas altera a qualidade da água diretamente, porém há outros fatores tão importantes quanto ela que influenciam, como falta de saneamento e variáveis oceanográficas como as ondas e as marés (EFSTRATIOU et al., 1998; EFSTRATIOU; MAVRIDOU; RICHARDSON, 2009; FONTENELLE; BAPTISTA NETO; FONSECA, 2015; PRAVEENA et al., 2015; ZHANG et al., 2013).

5. Conclusão

O presente estudo permitiu mapear as variações espaciais e temporais na balneabilidade nas praias da costa de Pernambuco, no período compreendido entre 2005 e 2016.

A água manteve uma melhor qualidade durante a época com menor quantidade de chuvas em todas as capitais, porém apresentando poucas alterações.

Foi possível constatar que a balneabilidade, apesar de ser influenciada por fatores meteorológicos e oceanográficos, como quantidade de precipitação e alterações de maré, o principal fator de influência é antrópico, a falta de saneamento ambiental.

Apesar do monitoramento da balneabilidade ter como objetivo a proteção imediata da saúde dos usuários das praias, seu acompanhamento não aponta suas possíveis fontes de contaminação. Associar o monitoramento da balneabilidade com o aumento do saneamento ambiental é urgente para melhoria e manutenção da qualidade do ambiente costeiro visando seus diversos usos potenciais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2019**. Recife: CPRH, 2019.

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISA DE PERNAMBUCO. **Pernambuco em mapas**. Recife: CONDEPE/FIDEM, 2011.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, L. H. B. **Tendências temporais e espaciais da balneabilidade das praias do município de Goiana (Pernambuco)**. 2016. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

ARAGONÉS, L. et al. Evaluation of the quality of coastal bathing waters in Spain through fecal bacteria *Escherichia coli* and *Enterococcus*. **Science of The Total Environment**, v. 566–567, p. 288–297, 2016.

AURELIANO, J. T. **Balneabilidade das praias de Pernambuco: O núcleo metropolitano**. 2000. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

AZEVEDO LOPES, F. W. et al. A water quality index for recreation in Brazilian freshwaters. **Journal of Water and Health**, v. 14, n. 2, p. 243–254, 2016.

CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País**. 2. ed. CEMBRA, 2012.

CHEUNG, P. K. et al. To swim or not to swim? A disagreement between microbial indicators on beach water quality assessment in Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 53–60, 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA no 274, de 29**

de novembro de 2000. In: Diário Oficial da União no 18, de 25/01/2001. p. 59–62. 2000.

COSTA, C. R.; COSTA, M. F. Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 092–113, 2020.

DUBREUIL, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, n. 37, 2018.

EFSTRATIOU, M. A. et al. Correlation of bacterial indicator organisms with Salmonella spp., Staphylococcus aureus and Candida albicans. **Letters in Applied Microbiology**, v. 26, p. 342–346, 1998.

EFSTRATIOU, M. A. Managing Coastal Bathing Water Quality: The Contribution of Microbiology and Epidemiology. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, n. 6, p. 424–431, 2001.

EFSTRATIOU, M. A.; MAVRIDOU, A.; RICHARDSON, C. Prediction of Salmonella in seawater by total and faecal coliforms and Enterococci. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 2, p. 201–205, 2009.

ELSAS, J. D.; SEMENOV, A. V. Survival of Escherichia coli in the environment: fundamental and public health aspects. **The ISME Journal**, v. 5, p. 173–183, 2011.

FIORENTINO, L. A.; OLASCOAGA, M. J.; RENIERS, A. Analysis of water quality and circulation of four recreational Miami beaches through the use of Lagrangian Coherent Structures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 181–189, 2014.

FONTENELLE, T. H.; BAPTISTA NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Water quality along the Alagoas State Coast, Northeast Brazil: advocacy for the coastal management. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 4, p. 559–567, 2015.

GRIFFITH, J. F. et al. Microbiological water quality at non-human influenced reference beaches in southern California during wet weather. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 4, p. 500–508, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE: Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. 2. ed. IBAMA: Brasília, 2006.

KLEIN, L.; DODDS, R. Perceived effectiveness of Blue Flag certification as an environmental management tool along Ontario's Great Lakes beaches. **Ocean & Coastal Management**, v. 141, p. 107–117, 2017.

MANCUSO, P. C. S. et al. **Reuso de água potável como estratégia para a escassez**. 1. ed. Manole, 2021.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. LTC, 7. ed. 2021.

MOONEY, L.; KNOX, D.; SCHACHT, C. **Problemas sociais: uma análise sociológica da atualidade**. 1. ed. Cengage Learning, 2015.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Manole, 2017.

POND, K. **Water Recreation and Disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality (Who Emerging Issues in Water & Infectious Disease)**. Intl Water Assn, 2005.

PRAVEENA, S. M. et al. Assessment of swimming associated health effects in marine bathing beach: An example from Morib beach (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1–2, p. 222–226, 2015.

ROSZAK, D. B.; COLWELL, R. R. Estratégias de sobrevivência de bactérias no ambiente natural. **Revista de Microbiologia**, v. 51, n. 3, p. 365–379, 1987.

ROZEN, Y.; BELKIN, R. Sobrevivência de bactérias entéricas na água do mar. **Revista de Microbiologia**, v. 25, n. 5, p. 513–529, 2001.

SHIBATA, T. et al. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. **Water Research**, v. 38, n. 13, p. 3119–3131, 2004.

SILVA, T. S. et al. Comparação de Indicadores de Qualidade Ambiental da praia em Boa Viagem (Pernambuco) nos anos de 2008 e 2018. **Revista GEAMA**, v. 4, n. 3, p. 028–037, 2018.

SILVA, W. S. **Qualidade microbiológica da água do mar e chuveiros da orla dos municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco – Brasil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SOUZA-PEREIRA, P. E.; CAMARGO, A. F. M. Efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre a comunidade zooplânctônica, com ênfase nos copépodes, do estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 1, p. 9–17, 2004.

THOE, W. et al. Predicting water quality at Santa Monica Beach: Evaluation of five different models for public notification of unsafe swimming conditions. **Water Research**, v. 67, p. 105–117, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Safe Recreational Water Environments: coastal and fresh waters**. Geneva: WHO, 2003.

YOUNG, N. The association between marine bathing and infectious diseases– a review. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 96, n. 1, p. 93–100, 2016.

ZHANG, W. et al. Effects of rainfall on microbial water quality on Qingdao No. 1 Bathing Beach, China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 66, n. 1–2, p. 185–190, 2013.

5 PROGRAMAS DE MONITORAMENTO DA BALNEABILIDADE DE PRAIAS RECREATIVAS NO NORDESTE DO BRASIL

1. Introdução

A Região Nordeste do Brasil agrupa nove dos 26 estados da União. Seu litoral tem em torno de 3000 km de extensão, incluindo muitas e diversas praias recreativas tanto urbanas quanto medianamente afastadas e rurais. Todas essas praias são atraentes para atividades de lazer, culturais, esportivas, religiosas, de conservação costeira e, conseqüentemente, oportunidades de desenvolvimento socioeconômico e ambiental (CEMBRA, 2012; IBGE, 2011).

Sendo assim, a manutenção das condições de limpeza e balneabilidade são ao mesmo tempo fundamentais (ARAÚJO; COSTA, 2008; CAVALCANTI et al., 2020; ESPÍNOLA; FERREIRA; MARQUES JUNIOR, 2020), e um desafio para a administração pública municipal e estadual (CRISTIANO et al., 2017; SCHERER et al., 2020).

O monitoramento contínuo da qualidade da água das praias é uma tarefa complexa, uma vez que exige uma recolha de dados frequente e detalhada, além de esforços de interpretação (KARYDIS; KITSIOU, 2013). Isto conduz, necessariamente, a um compromisso entre o número de pontos de amostragem, a frequência amostral e os resultados esperados (HALLETT; VALESINI; ELLIOTT, 2016a, 2016b; KARYDIS; KITSIOU, 2013; KITSIOU; KARYDIS, 2011), sobretudo se levarmos em consideração que esse tipo de atividade terá caráter permanente e crescente (em termos de espaço e tempo) com o aumento da população costeira que impacta cada vez mais, direta ou indiretamente, a qualidade das águas costeiras.

No mundo, há diversos problemas relacionados à falta de padronização de informações sobre coletas, análises laboratoriais e interpretação de dados em diversas escalas espaciais e temporais (COSTA; COSTA, 2020), o que torna os resultados existentes, muitas vezes, menos úteis e sua interpretação de difícil comparação entre regiões distintas (HALLETT; VALESINI; ELLIOTT, 2016a, 2016b; KARYDIS; KITSIOU, 2013), ou momentos distintos em uma mesma região.

O monitoramento das condições da balneabilidade das praias possibilita a geração de informações importantes para a gestão do uso desses ambientes, podendo condicionar a liberação ou proibição do banho de mar em diferentes trechos

(CONAMA, 2000; COSTA; COSTA, 2020). Este cuidado é de suma importância não só para a recreação dos moradores locais como também para atividades turísticas, uma vez que é o turismo de sol e praia a modalidade de maior visibilidade e sucesso no Brasil (ARAÚJO; COSTA, 2008; PIFFER et al., 2017). Além disso, não se deve perder de vista o fato de que ao mesmo tempo o turismo se utiliza dos recursos naturais disponíveis e tem potencial para causar grandes impactos ambientais, pela sua prática direta, além da enorme estrutura de serviços que se forma no entorno desta atividade (ESPÍNOLA; FERREIRA; MARQUES JUNIOR, 2020; PIFFER et al., 2017). Dessa forma, é corresponsável pela gestão do uso e manutenção da qualidade da água da qual se utiliza.

Apesar de haver ampla disponibilidade de métodos e técnicas para fazer desde o delineamento amostral até as análises de qualidade das águas costeiras para fins de contato direto, os programas das agências estaduais de meio ambiente dos estados da região Nordeste do Brasil ainda sofrem com alguma instabilidade institucional e técnica na condução desses programas, o que dificulta o pleno cumprimento de seu papel na gestão desses espaços.

2. Objetivos

Sabendo-se que todo programa de monitoramento da qualidade de águas deve ser periodicamente avaliado e revisado, de acordo com as melhores práticas de gestão adaptativa (WIDMER, 2009), o objetivo do presente estudo foi avaliar a disponibilidade de dados primários (NMP 100 mL⁻¹) e outras informações dos programas de monitoramento da balneabilidade de praias recreativas na região Nordeste do Brasil para fins de gestão desses ambientes. A disponibilidade de dados primários e outras informações como o desenho amostral e as técnicas analíticas e escolhas de gestão utilizadas, possibilita conhecer o processo, oferecendo maior confiabilidade e uma conseqüente maior segurança na interpretação dos resultados.

Um segundo objetivo é propor reflexão e possíveis melhorias desses programas, mesmo se tendo conhecimento das dificuldades enfrentadas em cada agência estadual, pois a identificação de forças e fraquezas das ações em andamento é o primeiro passo para um diagnóstico e tratamento dos passivos e futuros resultados.

O último objetivo seria o retorno a essas agências através do envio deste trabalho.

3. Primeiros passos

Uma sondagem remota foi realizada no ano de 2017, durante a qual se buscou por dados primários (NMP 100 mL⁻¹ e possivelmente outros parâmetros) recolhidos durante o monitoramento da balneabilidade das praias, assim como informações sobre a gestão dos programas de monitoramento, dos estados da Região Nordeste do Brasil para o período de 2005 a 2017. Considerou-se inicialmente os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.

Para tal foram adotadas estratégias progressivas de sistematicamente vasculhar os sites na internet das Agências Estaduais de Meio Ambiente (AEMAs) responsáveis por esses programas de monitoramento (Tabela 1). Em seguida, foram feitas tentativas de contato por e-mail e telefone. Posteriormente, foram enviados ofícios institucionais físicos enviados via ECT e, finalmente, foram realizadas visitas presenciais previamente agendadas a seis dessas instituições com as quais foi possível se comunicar e que aceitaram nos receber.

As agências da Bahia, de Pernambuco e de Sergipe responderam prontamente e se disponibilizaram a fornecer os dados. Com o restante das agências (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas), o estabelecimento do contato se deu após algumas novas tentativas via correio eletrônico ou via contato telefônico, levando até um ano para finalização desse processo desde a primeira tentativa até obter-se os dados. As agências do Maranhão e do Piauí não responderam nenhum dos contatos.

Além dos dados primários de NMP 100 mL⁻¹, foram também buscados e solicitados outros dados de parâmetros da qualidade da água (pH, temperatura, turbidez etc), horário das coletas, a data de início do programa e suas fases de execução, interrupções e modificações mais importantes, dados de P/I, localização dos pontos amostrais (por GPS ou ponto de referência), frequência amostral por ponto, método de análise laboratorial, formas de divulgação dos resultados, uso posterior dos dados (concessão para trabalhos acadêmicos, “reanalise” e avaliação continuada).

A partir desses contatos prévios, houve o direcionamento e acordo para os passos seguintes para obtenção dos dados junto a cada agência separadamente.

Tabela 1 - Listagem das Agências Estaduais de Meio Ambiente, seus respectivos estados e sites, informação disponível online e situação da disponibilização dos dados após contato estabelecido

Estado	AEMA	Site	Informação disponível online	Dados primários disponíveis
Maranhão	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA	https://www.sema.ma.gov.br/	Boletins semanais dos dois anos mais recentes	Não disponível
Piauí	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Piauí – SEMAR	http://www.semar.pi.gov.br/index.php	Não há informações	Não disponível
Ceará	Secretaria do Meio Ambiente – SEMACE	https://www.semace.ce.gov.br/	Boletim da semana mais recente	Após visita
Rio Grande do Norte	Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA	http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/	Todos os boletins de 2008 a 2017	Após visita
Paraíba	Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA	http://sudema.pb.gov.br/	Boletins semanais dos dois anos mais recentes	Após visita
Pernambuco	Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH	http://www2.cprh.pe.gov.br/	Boletins semanais dos quatro anos mais recentes	Após visita
Alagoas	Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA	http://www.ima.al.gov.br/	Boletins semanais dos seis anos mais recentes	Após visita
Sergipe	Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA	https://www.adema.se.gov.br/	Boletim da semana mais recente	Após ofício
Bahia	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA	http://www.inema.ba.gov.br/	Boletim da semana mais recente	Após visita

Fonte: A autora (2021).

4. Obtenção dos dados

Após o estabelecimento do contato e acerto de detalhes de acesso com as agências, a maioria delas foi visitada presencialmente, com exceção da agência de Sergipe (Tabela 1).

As visitas presenciais as sedes foram agendadas, de acordo com a disponibilidade dos técnicos para o repasse das informações. Os técnicos se mostraram solícitos e dispostos a ajudar em todas as agências.

A primeira visita foi a agência da Bahia, no ano de 2017. Os dados foram disponibilizados em forma digital, sendo cada arquivo uma planilha de campo, em formato pdf, da semana coletada, para cada região do estado (Salvador, Baía de Todos os Santos, Costa dos Coqueiros, Costa do Cacau, Costa do Dendê e Costa do Descobrimento). Os dados disponíveis contemplaram os anos de 2012 a 2017.

A agência de Pernambuco também foi visitada em 2017, onde os dados foram disponibilizados em forma digital, em formato de planilha eletrônica, separados por anos. Os dados disponíveis contemplaram os anos de 2005 a 2016.

Na agência da Paraíba, visitada em 2017, foi necessário o encaminhamento do requerimento de forma presencial e a formalização do processo interno para liberação. Os dados também foram disponibilizados em forma de planilhas de campo, uma por semana coletada, abrangendo todos os pontos. As planilhas originais em papel foram fotocopiadas, contendo os dados de 2012 a 2017.

Na agência do Rio Grande do Norte, visitada em 2017, os dados foram disponibilizados através do site do Programa Água Azul (<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/>), que reúne todos os dados de balneabilidade coletados desde o ano de 2008 para todo o estado, em forma de relatórios trimestrais e anuais. Os relatórios tem formato pdf. Os dados coletados compreendem os anos de 2008 a 2016.

Já na agência do Ceará, visitada em 2018, os dados foram disponibilizados em forma digital, em formato de planilha eletrônica. Cada planilha continha as informações sobre as praias de Fortaleza e as praias do interior, para os anos de 2014 a 2017.

A última visita foi a agência de Alagoas ocorreu no ano de 2018. Os dados foram disponibilizados em forma de planilhas de campo em papel, arquivadas por ano (2005 a 2015), as quais foram disponibilizadas para serem fotocopiadas.

A agência de Sergipe disponibilizou os dados obtidos em forma digital (em CD-ROM), enviados via correio, após o encaminhamento do requerimento de forma presencial e a formalização do processo interno para liberação. Os dados estavam em formato de documento de texto, tabelados e acompanhados de algumas informações sobre a coleta (data, código do ponto, localização do ponto). Os dados contemplaram os anos de 2005 a 2016.

Nos sete estados trabalhados, não houve uma forma padrão de disponibilização dos dados para este estudo. A organização feita por cada estado em cada planilha também foi diferente. Essas diferenças proporcionaram o desenvolvimento de uma sugestão de planilha padrão para coleta de dados (Apêndice A) e uma segunda sugestão de planilha, essa com o objetivo de organizar os dados semanais a em escala de tempo maiores (mensal, sazonal, anual) (Apêndice B). Essa busca de harmonização/padronização das informações desde a coleta até a guarda/divulgação, permite que os dados sejam melhor empregados e usados para outros fins, como o monitoramento a longo prazo (observação de tendências), além de tomar regiões e períodos de tempo comparáveis de uma forma mais direta. Também facilita a “leitura da situação” por pessoas de outros estados, pelo menos.

5. Metodologias empregadas

Em campo, os dados foram obtidos pelas agências através da coleta, realizada semanalmente, na isóbata de 1 m de profundidade (local mais utilizado para recreação). Em laboratório, foi realizada a análise das amostras, utilizando a metodologia descrita pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th ed* e seguindo as normas determinadas pela Resolução CONAMA Nº 274/2000 (que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras).

A metodologia de bancada e o microrganismo pesquisado em cada agência variou (Tabela 2), seguindo os procedimentos padrões aplicados por cada laboratório responsável pela análise.

Tabela 2 - Metodologia de bancada e o microrganismo pesquisado em cada agência

Estado	Metodologia	Microrganismo pesquisado	Limite para própria
Ceará	Tubos múltiplos	Coliformes termotolerantes	< 1000 NMP mL ⁻¹
Rio Grande do Norte	Tubos múltiplos	Coliformes termotolerantes	< 1000 NMP mL ⁻¹
Paraíba	Membrana filtrante	Coliformes termotolerantes	< 1000 UFC mL ⁻¹
Pernambuco	Tubos múltiplos	<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP mL ⁻¹
Alagoas	Tubos múltiplos	<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP mL ⁻¹
Sergipe (2005 a abr/2010)	Tubos múltiplos	Coliformes termotolerantes	< 1000 NMP mL ⁻¹
Sergipe (a partir de mai/2010)	Membrana filtrante	Coliformes termotolerantes	< 1000 UFC mL ⁻¹
Bahia	Tubos múltiplos	<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP mL ⁻¹

Fonte: A autora (2021).

Outro fator que variou nas coletas foi a frequência com que elas aconteciam, principalmente nas praias fora da região metropolitana da capital do estado. A Tabela 3 mostra a variação das frequências de coleta nos estados estudados.

Tabela 3 – Listagem dos estados com a frequência de coleta, nas capitais e no interior dos estados

Estado	Frequência de coleta	
	<i>Capital</i>	<i>Interior do estado</i>
Alagoas	Semanal	Semanal
Bahia	Semanal	Semanal
Ceará	Semanal	Três meses de verão
Paraíba	Semanal	Semanal
Pernambuco	Semanal	Semanal
Rio Grande do Norte	Semanal	Três meses de verão
Sergipe	Semanal	Semanal

Fonte: A autora (2021).

6. Obtenção de resultados

Os resultados em sua maioria foram obtidos em forma numérica, expressos como o número mais provável de microrganismos a cada 100 ml de amostra.

Alguns dos estados, como o Ceará e Alagoas, em 2017 - 2018 já estavam em processo de desenvolvimento de um banco de dados unificado e online, facilitando tanto o acesso da agência a dados pretéritos quanto o acesso de pessoas externas. Dessa maneira também, os dados serão uma ferramenta muito mais robusta e

poderosa, podendo ser empregado como base para diversos planejamentos de gestão costeira.

7. Divulgação para o banhista

As informações de balneabilidade são publicadas semanalmente pelas agências, através dos seus sites, em forma de informações são qualitativas (própria ou imprópria), baseadas na classificação do CONAMA, facilitando a interpretação.

No estado do Rio Grande do Norte, a qualidade da água é divulgada também na própria praia, através de placas, que são revistas e se necessário alteradas todas as semanas.

8. Principais resultados

Constatou-se que existe dificuldade de acesso a esses dados públicos por diversos fatores, dependendo das condições de implantação e histórico do desenvolvimento dos programas em cada Estado. Dessa forma, nem todos os Estados da região têm condições de ter seus programas de monitoramento da qualidade da água de praias recreativas avaliados e melhorados. Isso indica uma fragilidade, a qual deixa a população exposta a riscos ao tomar banho de mar. A responsabilidade desse monitoramento é municipal e estadual (federal em último caso), sendo que nos municípios costeiros da região, nem mesmo as capitais assumem esse controle.

Nenhuma agência da região monitora sistematicamente as condições microbiológicas da areia das praias, apesar de existirem trabalhos pontuais sobre esse risco (DIÓGENES; SOARES; MONT'ALVERNE, 2021; ZUZA-ALVES et al., 2016, 2019).

O Maranhão e o Piauí não foram capazes de fornecer os dados, devido a falta de retorno às várias formas de contato tentadas.

Pernambuco, Alagoas e Sergipe foram capazes de fornecer dados desde 2005 até 2015 (AL) e 2016 (PE e SE). O Rio Grande do Norte foi capaz de fornecer dados de 2008 a 2016. A Paraíba e a Bahia foram capazes de fornecer dados de 2012 a 2017. O Ceará foi capaz de fornecer dados de 2014 a 2018. A distribuição dos pontos amostrais é fortemente concentrada nas praias das capitais estaduais e Regiões

Metropolitanas, frequentemente deixando a descoberto na maior parte do ano praias de municípios mais afastados, independente da afluência de pessoas.

9. Sugestões

Diante do cenário heterogêneo observado nos monitoramentos executados pelas agências estaduais, foram observados alguns pontos de melhoria. Algumas sugestões são recomendadas para o sucesso e a manutenção dos programas:

- Consolidar as análises laboratoriais com a melhor qualidade possível, independente do microrganismo pesquisado. Ponderar sobre a adoção da análise de enterococos, método mais sensível na avaliação da balneabilidade;
- Manutenção da frequência, objetivando cobrir as 52 semanas do ano, sobretudo no verão, época onde há o uso mais intenso das praias.
- Realizar as coletas no dia de maior afluência de banhistas, conforme a previsto pela legislação;
- Avaliar os parâmetros associados, como pH, temperatura e salinidade, que influenciam na manutenção e sobrevivência dos microrganismos no ambiente marinho;
- Georreferenciar os pontos de coleta e associar os pontos de referências, facilitando a localização dos mesmos;
- Considerar a possibilidade da inclusão de pontos controle (baixa frequência de usuários e ausência de fontes óbvias de contaminação);
- Estabelecer padrões de maré para coleta, fixando a sua influência;
- Expandir as coletas para o interior durante todo o ano;
- Aumentar a densidade de pontos monitorados;
- Levantar em consideração que os pontos de maior uso pelos banhistas mudam de tempos em tempos, criando critérios para cobertura permanente, independente dessa variação;
- Monitorar também a areia das praias, que pode agir como depósito e fonte de patógenos para a água, além de fonte de contaminação direta para o banhista;
- Por questões logísticas, em estados que o litoral seja maior, como o Ceará, a instalação de mais laboratórios em pontos estratégicos no interior, ou por

exemplo a criação de parcerias com universidades para a realização da parte analítica;

- Expandir o monitoramento para praias fluviais e ilhas que ainda não foram incluídos (por exemplo Fernando de Noronha e Petrolina em Pernambuco);
- Melhorar a divulgação dos dados, além do site, integrar redes sociais, e a grande mídia como a tv aberta e jornais, tornando mais acessível aos banhistas.
- Reunir os trabalhos acadêmicos produzidos com os dados disponibilizados pelas agências nos seus próprios sites e promover algum tipo de divulgação voltada para os resultados obtidos, tornando os resultados disponíveis para a sociedade.

10. Considerações finais

Balneabilidade é o primeiro quesito para certificação de praias. Sem ela estar boa por anos seguidos não se consegue sequer justificar uma certificação. Todos os outros aspectos da certificação são solucionáveis na praia, a balneabilidade não, pois depende de fatores externos a esse ambiente (saneamento). A certificação é uma meta importante para qualquer praia, mas mesmo sem que ela esteja nos planos imediatos ou de médio prazo, mesmo assim outros sistemas de gestão de praias vigentes no Brasil incluem a necessidade de monitoramento e de manutenção de boa qualidade de água (Projeto Orla, TAGP etc).

O uso das praias, sobretudo por turistas acostumados a praias certificadas, pode ser impactado por cenários que não garantem, nem informam, a qualidade da água. Isso é um conflito rápido para se estabelecer e difícil de se resolver e reverter na percepção do público.

Esse cenário preocupa devido a impossibilidade de estudos das tendências temporais em curto, médio ou longo prazos da variação das condições da balneabilidade nos pontos de maior frequência usuários ou banhistas. Dessa forma, fica limitada para muitas praias da Região a possibilidade de avaliação da efetividade de intervenções gerenciais e na infraestrutura para melhoria da experiência de uso dessas praias por moradores ou turistas – além do atendimento das demandas da conservação marinha e costeira. Sendo assim, além da perda de oportunidades de geração de emprego e renda baseados no uso de um ambiente saudável, também

existe a criação de conflitos no campo da conservação de ambientes costeiros. A contaminação fecal recente da água (e do sedimento) das praias, que pode ser indicada por baixos índices de balneabilidade, o que também sugere a chegada de outros poluentes importantes associados ao esgoto doméstico que afetam a saúde humana e a qualidade de vida, inclusive de outras espécies marinhas e costeiras.

REFERÊNCIAS

- ALEXIS, Y.; MAMANI, E. Neoplasias en animales silvestres. **Revista Estudiantil AGRO – VET**, v. 4, n. 2, p. 594–603, 2020.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Environmental quality indicators for recreational beaches classification. **Journal of Coastal Research**, v. 24, n. 6, p. 1439–1449, 2008.
- BALLADARES, C. et al. Prevalence of fibropapillomatosis on stranded sea turtles in the Venezuelan coast / Prevalencia de fibropapilomatosis en tortugas marinas varadas en las costas de Venezuela. **Revista Bio Ciencias**, v. 4, n. 4, 2002.
- BOTERO, C. M. et al. **O Turismo de sol e praia no contexto da Covid-19 - Cenários e recomendações**. Rede Iberoamericana – Proplayas, 2020.
- BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento Biológico de Ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 339–345, 2008.
- CAVALCANTI, J. S. S. et al. User's Perceptions about Rip Currents and Their Specific Management Approaches at a Densely Occupied Urban Beach. **Journal of Coastal Research**, v. 95, n. sp1, p. 953, 2020.
- CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País**. 2. ed. CEMBRA, 2012.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro de 2000**. In: Diário Oficial da União no 18, de 25/01/2001. p. 59–62. 2000.
- COSTA, C. R.; COSTA, M. F. Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 092–113, 2020.
- CRISTIANO, S. C. et al. Caracterização da costa marinha do Balneário Camacho (Santa Catarina, Brasil) como subsídio à gestão. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 1, p. 37–63, 2017.
- DIÓGENES, B. N.; SOARES, M. O.; MONT'ALVERNE, T. C. F. Microplastics as Indicator for Sea Water and Sand Quality. **California Western International Law Journal**, v. 51, n. 1, p. 5, 2021.
- ESPÍNOLA, R. S.; FERREIRA, L. V. F.; MARQUES JUNIOR, S. A certificação Bandeira Azul e seus impactos nas praias do Brasil. **Revista Turismo em Análise**, v. 31, n. 3, p. 561–576, 2020.

HALLETT, C. S.; VALESINI, F.; ELLIOTT, M. A review of Australian approaches for monitoring, assessing and reporting estuarine condition: I. International context and evaluation criteria. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 260–269, 2016a.

HALLETT, C. S.; VALESINI, F.; ELLIOTT, M. A review of Australian approaches for monitoring, assessing and reporting estuarine condition: III. Evaluation against international best practice and recommendations for the future. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 282–291, 2016b.

HUNTINGTON, K. A. B. et al. Causes of Mortality of Northern Sea Otters (*Enhydra lutris kenyoni*) in Alaska From 2002 to 2012. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE: Rio de Janeiro, 2011.

KARYDIS, M.; KITSIOU, D. Marine water quality monitoring: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 77, n. 1–2, p. 23–36, 2013.

KITSIOU, D.; KARYDIS, M. Coastal marine eutrophication assessment: A review on data analysis. **Environment International**, v. 37, n. 4, p. 778–801, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. MMA: Brasília, 2006.

PAGE-KARJIAN, A.; PERRAULT, J. R. Sea Turtle Health Assessments: Maximizing Turtle Encounters to Better Understand Health. **Sea Turtle Research and Conservation**, p. 31–44, 2021.

PIFFER, M. et al. **Paraísos brasileiros: entre o mar e o interior**. 1. ed. Editora Brasileira, 2017.

PROGRAMA BANDEIRA AZUL BRASIL. **Crêterios e notas explicativas**. IAR: Florianópolis, 2019.

SCHERER, M. E. G. et al. Under New Management. **Journal of Coastal Research**, v. 95, n. sp1, p. 945, 2020.

SHAPIRO, K. et al. Type X strains of *Toxoplasma gondii* are virulent for southern sea otters (*Enhydra lutris nereis*) and present in felids from nearby watersheds. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 286, n. 1909, p. 20191334, 2019.

WIDMER, W. M. A Importância da Abordagem Experimental para o Progresso da Gestão Costeira Integrada. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 7–16, 2009.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. Evaluation of Virulence Factors In vitro, Resistance to Osmotic Stress and Antifungal Susceptibility of *Candida tropicalis* Isolated from the Coastal Environment of Northeast Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. *Candida tropicalis* geographic population structure maintenance and dispersion in the coastal environment may be influenced by the climatic season and anthropogenic action. **Microbial Pathogenesis**, v. 128, p. 63–68, 2019.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu, através de uma abordagem inédita, observar e acompanhar variações temporais e espaciais na balneabilidade nas praias da costa Leste do Nordeste, sobretudo aquelas localizadas nas capitais estaduais, em uma escala de anos. Por outro lado, também foi possível o desenvolvimento de um conjunto de críticas construtivas aos programas de monitoramento a partir do uso e observação das fortalezas e fraquezas dos dados fornecidos pelas agências para este estudo.

No **capítulo 1 da Tese** mostrou-se que existe uma relação dos índices de balneabilidade das praias com evolução do tempo para cada capital. Mas que, no entanto, esse não é o único fator (talvez nem mesmo aquele preponderante) que influencia as variações temporais das condições de balneabilidade. Há também fatores que ainda precisam ser quali-quantitativamente relacionados aos dados de balneabilidade os quais, combinados com as chuvas, também influenciam de forma importante a qualidade da água das praias. Sugere-se que possam ser fatores tanto naturais (ex. morfologia, circulação, físico-químicos, estuários), antrópicos (ex. uso da praia, níveis de saneamento básico, conservação de solo e água em bacias hidrográficas, impermeabilização das cidades) ou ainda gerenciais (ex. estratégia amostral, técnicas de análise, controle de qualidade e armazenamento de dados).

No **capítulo 2 da Tese** tratou-se das variações espaço-temporais da balneabilidade das praias de Pernambuco, estado dentre os sete estudados que apresentou maior consistência e longevidade em seu programa monitoramento e, por conseguinte, maior densidade e período de dados disponíveis, tanto para sua capital quanto para o interior do estado. Neste capítulo foi observado que os dados de balneabilidade (quando tratados em conjunto ao longo do tempo e espaço) podem ser utilizados para estudos de médio e longo prazos com potencial para contribuir na gestão das praias, no planejamento de atividades de uso desses espaços, em tomadas de decisão em nível municipal, e nas estratégias locais de conservação marinha.

No **capítulo 3 da Tese** foi traçado um panorama da disponibilidade dos dados para diversas finalidades e desenvolvida uma lista de sugestões que pode servir como ponto de partida e estímulo para reflexões, discussões e planejamento das estratégias de aperfeiçoamento dos programas. A extensão e diversidade socioambiental do

litoral do Nordeste, além do uso intenso de suas praias, mesmo aquelas fora das capitais estaduais, sugere a necessidade de ampliação e aperfeiçoamento urgente e continuado dos programas.

A principal limitação dos dados para os objetivos deste trabalho, que era um estudo espaço-temporal, foi causada por inconsistências operacionais entre os programas atuais e também internamente em cada programa. Há uma enorme flutuação da frequência de coleta, tanto nas capitais quanto no interior, o que resulta em grandes períodos de ausência de dados. As ausências de dados trazem insegurança à utilização desses dados para outros fins, mas principalmente à população usuária das praias, porque a balneabilidade se trata de uma medida influenciada pelo tempo e pelo espaço. Sendo assim, a consistência amostral temporal surgiu como a principal via de melhoria dos programas em todos os estados. Isso permitiria, no mínimo, análises da evolução consistentes em cada ponto monitorado.

Outra sugestão importante seria investir no aumento da densidade de pontos (revisão da estratégia amostral do fator espaço), considerando além da utilização pelos banhistas, que é variável ao longo do tempo, as características naturais da área, como circulação da água. Ainda, sugere-se ser importante coletar as medidas de variáveis condicionantes da sobrevivência de patógenos, como pH, salinidade e temperatura da água, que também podem auxiliar as interpretações dos resultados em estudos das agências e de outros usuários. A contaminação da areia também é uma informação que poderia ser incluída nos monitoramentos, pois além da retenção de microrganismos viáveis, pode ser uma das fontes dos mesmos para água ou de contaminação direta dos usuários.

A forma de divulgação dos resultados para a imprensa e para o público também é um aspecto dos programas de monitoramento que merece atenção especial. Os dados são disponibilizados nos sites das agências de forma gratuita, porém passam despercebidos pela maioria dos banhistas e outros potenciais usuários, que por vezes não têm o hábito de acessar tal informação antes de irem à praia.

Investimentos em divulgação ampla e atraente podem incentivar o hábito de acesso e uso a essa informação, tornar o banhista mais consciente e o banho de mar mais seguro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2019**. Recife: CPRH, 2019.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISA DE PERNAMBUCO. **Pernambuco em mapas**. Recife: CONDEPE/FIDEM, 2011.
- ALEXIS, Y.; MAMANI, E. Neoplasias en animales silvestres. **Revista Estudiantil AGRO – VET**, v. 4, n. 2, p. 594–603, 2020.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, L. H. B. **Tendências temporais e espaciais da balneabilidade das praias do município de Goiana (Pernambuco)**. 2016. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- ARAGONÉS, L. et al. Evaluation of the quality of coastal bathing waters in Spain through fecal bacteria *Escherichia coli* and *Enterococcus*. **Science of The Total Environment**, v. 566–567, p. 288–297, 2016.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Environmental quality indicators for recreational beaches classification. **Journal of Coastal Research**, v. 24, n. 6, p. 1439–1449, 2008.
- AURELIANO, J. T. **Balneabilidade das praias de Pernambuco: O núcleo metropolitano**. 2000. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Guidelines for managing risks in recreational water**. Sidney: Australian Government, 2008.
- AZEVEDO LOPES, F. W. et al. A water quality index for recreation in Brazilian freshwaters. **Journal of Water and Health**, v. 14, n. 2, p. 243–254, 2016.
- BALLADARES, C. et al. Prevalence of fibropapillomatosis on stranded sea turtles in the Venezuelan coast / Prevalencia de fibropapilomatosis en tortugas marinas varadas en las costas de Venezuela. **Revista Bio Ciencias**, v. 4, n. 4, 2002.
- BONAMANO, S. et al. Development of a New Predictive index (Bathing Water Quality Index, BWQI) Based on *Escherichia coli* Physiological States for Bathing Waters Monitoring. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 9, n. 2, p. 120, 2021.
- BOTERO, C. M. et al. **O Turismo de sol e praia no contexto da Covid-19 - Cenários e recomendações**. Rede Iberoamericana – Proplayas, 2020.
- BURAK, S.; DOĞAN, E.; GAZIOĞLU, C. Impact of urbanization and tourism on coastal environment. **Ocean & Coastal Management**, v. 47, n. 9–10, p. 515–527, 2004.

BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento Biológico de Ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 339–345, 2008.

CARVALHO, A. R.; OLIVEIRA, M. V.. **Princípios básicos do Saneamento do Meio**. 10. ed. SENAC São Paulo, 2010.

CAVALCANTI, J. S. S. et al. User's Perceptions about Rip Currents and Their Specific Management Approaches at a Densely Occupied Urban Beach. **Journal of Coastal Research**, v. 95, n. sp1, p. 953, 2020.

CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País**. 2. ed. CEMBRA, 2012.

CHEUNG, P. K. et al. To swim or not to swim? A disagreement between microbial indicators on beach water quality assessment in Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 53–60, 2015.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA no 357, de 17 de Março de 2005**. In: Diário Oficial da União no 053, de 18/03/2005. p. 58–63. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro de 2000**. In: Diário Oficial da União no 18, de 25/01/2001. p. 59–62. 2000.

COSTA, C. R.; COSTA, M. F. Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 092–113, 2020.

CRISTIANO, S. C. et al. Caracterização da costa marinha do Balneário Camacho (Santa Catarina, Brasil) como subsídio à gestão. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 1, p. 37–63, 2017.

DAVINO, A. M. C.; MELO, M. B.; CAFFARO FILHO, R. A. Assessing the sources of high fecal coliform levels at an urban tropical beach. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 4, p. 1019–1026, 2015.

DIÓGENES, B. N.; SOARES, M. O.; MONT'ALVERNE, T. C. F. Microplastics as Indicator for Sea Water and Sand Quality. **California Western International Law Journal**, v. 51, n. 1, p. 5, 2021.

DUBREUIL, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, n. 37, 2018.

EFSTRATIOU, M. A. et al. Correlation of bacterial indicator organisms with Salmonella spp., Staphylococcus aureus and Candida albicans. **Letters in Applied Microbiology**, v. 26, p. 342–346, 1998.

EFSTRATIOU, M. A. Managing Coastal Bathing Water Quality: The Contribution of Microbiology and Epidemiology. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, n. 6, p. 424–431, 2001.

EFSTRATIOU, M. A.; MAVRIDOU, A.; RICHARDSON, C. Prediction of Salmonella in seawater by total and faecal coliforms and Enterococci. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 2, p. 201–205, 2009.

ELSAS, J. D.; SEMENOV, A. V. Survival of Escherichia coli in the environment: fundamental and public health aspects. **The ISME Journal**, v. 5, p. 173–183, 2011.

ESPÍNOLA, R. S.; FERREIRA, L. V. F.; MARQUES JUNIOR, S. A certificação Bandeira Azul e seus impactos nas praias do Brasil. **Revista Turismo em Análise**, v. 31, n. 3, p. 561–576, 2020.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **European bathing water quality in 2015**. Copenhagen: Publications Office of the European Union, 2016.

FERRARI, M. et al. A geomorphological and hydrodynamic approach for beach safety and sea bathing risk estimation. **Science of The Total Environment**, v. 671, p. 1214–1226, 2019.

FIORENTINO, L. A.; OLASCOAGA, M. J.; RENIERS, A. Analysis of water quality and circulation of four recreational Miami beaches through the use of Lagrangian Coherent Structures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 181–189, 2014.

FONTENELLE, T. H.; BAPTISTA NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Water quality along the Alagoas State Coast, Northeast Brazil: advocacy for the coastal management. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 4, p. 559–567, 2015.

FRANÇA, L. F.; CASAGRANDE, J. A.; FORTUNA, J. L. Avaliação microbiológica das areias e da água das praias dos municípios litorâneos que formam a Costa das Baleias. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 20, n. 1, p. 44, 2018.

GRIFFITH, J. F. et al. Epidemiologic evaluation of multiple alternate microbial water quality monitoring indicators at three California beaches. **Water Research**, v. 94, p. 371–381, 2016.

GRIFFITH, J. F. et al. Microbiological water quality at non-human influenced reference beaches in southern California during wet weather. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 4, p. 500–508, 2010.

HALLETT, C. S.; VALESINI, F.; ELLIOTT, M. A review of Australian approaches for monitoring, assessing and reporting estuarine condition: I. International context and evaluation criteria. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 260–269, 2016a.

HALLETT, C. S.; VALESINI, F.; ELLIOTT, M. A review of Australian approaches for monitoring, assessing and reporting estuarine condition: III. Evaluation against international best practice and recommendations for the future. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 282–291, 2016b.

HOWLETT-MARTIN, P. **O Brasil do Nordeste: Riquezas Culturais e Disparidades Sociais**. 1. ed. Topbooks, 2012.

HUNTINGTON, K. A. B. et al. Causes of Mortality of Northern Sea Otters (*Enhydra lutris kenyoni*) in Alaska From 2002 to 2012. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE: Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. 2. ed. IBAMA: Brasília, 2006.

KARYDIS, M.; KITSIOU, D. Marine water quality monitoring: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 77, n. 1–2, p. 23–36, 2013.

KITSIOU, D.; KARYDIS, M. Coastal marine eutrophication assessment: A review on data analysis. **Environment International**, v. 37, n. 4, p. 778–801, 2011.

KLEIN, L.; DODDS, R. Perceived effectiveness of Blue Flag certification as an environmental management tool along Ontario's Great Lakes beaches. **Ocean & Coastal Management**, v. 141, p. 107–117, 2017.

LANDRIGAN, P. J. et al. Human Health and Ocean Pollution. **Annals of Global Health**, v. 86, n. 1, p. 151, 2020.

LI, D.; LIU, S. **Water Quality Monitoring and Management**. 1. ed. Elsevier, 2019.

MAGAROTTO, M. G. et al. Vertical growth in a coastal city: an analysis of Boa Viagem (Recife, Brazil). **Journal of Coastal Conservation**, v. 20, n. 1, p. 31–42, 2016.

MANCUSO, P. C. S. et al. **Reuso de água potável como estratégia para a escassez**. 1. ed. Manole, 2021.

MING, H. et al. Enterococci may not present the pollution of most enteric pathogenic bacteria in recreational seawaters of Xinghai bathing Beach, China. **Ecological Indicators**, v. 110, p. 105938, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. MMA: Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. MMA: Brasília, 2010.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. LTC, 7. ed. 2021.

MOONEY, L.; KNOX, D.; SCHACHT, C. **Problemas sociais: uma análise sociológica da atualidade**. 1. ed. Cengage Learning, 2015.

PAGE-KARJIAN, A.; PERRAULT, J. R. Sea Turtle Health Assessments: Maximizing Turtle Encounters to Better Understand Health. **Sea Turtle Research and Conservation**, p. 31–44, 2021.

PALAZÓN, A. et al. Modelling of Escherichia coli concentrations in bathing water at microtidal coasts. **Science of The Total Environment**, v. 593–594, p. 173–181, 2017.

PEREIRA DE GUSMÃO, P.; BORGES MEDEIROS PAVÃO, B. (Des)construção da gestão ambiental no Brasil: De Paulo Nogueira Neto (1973) a Ricardo Salles (2020). **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 2, n. 2, p. 218, 2020.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Manole, 2017.

PIFFER, M. et al. **Paraísos brasileiros: entre o mar e o interior**. 1. ed. Editora Brasileira, 2017.

POND, K. **Water Recreation and Disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality (Who Emerging Issues in Water & Infectious Disease)**. Intl Water Assn, 2005.

PRAVEENA, S. M. et al. Assessment of swimming associated health effects in marine bathing beach: An example from Morib beach (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1–2, p. 222–226, 2015.

PRAVEENA, S. M. et al. Fecal indicator bacteria in tropical beach sand: Baseline findings from Port Dickson coastline, Strait of Malacca (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, v. 110, n. 1, p. 609–612, 2016.

PROGRAMA BANDEIRA AZUL BRASIL. **Critérios e notas explicativas**. IAR: Florianópolis, 2019.

ROSZAK, D. B.; COLWELL, R. R. Estratégias de sobrevivência de bactérias no ambiente natural. **Revista de Microbiologia**, v. 51, n. 3, p. 365–379, 1987.

ROZEN, Y.; BELKIN, R. Sobrevivência de bactérias entéricas na água do mar. **Revista de Microbiologia**, v. 25, n. 5, p. 513–529, 2001.

SCHERER, M. E. G. et al. Under New Management. **Journal of Coastal Research**, v. 95, n. sp1, p. 945, 2020.

SHAPIRO, K. et al. Type X strains of *Toxoplasma gondii* are virulent for southern sea otters (*Enhydra lutris nereis*) and present in felids from nearby watersheds. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 286, n. 1909, p. 20191334, 2019.

SHIBATA, T. et al. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. **Water Research**, v. 38, n. 13, p. 3119–3131, 2004.

SILVA, I. R. et al. Geoenvironmental Characterization and Urbanization of the Beaches on the Islands of Tinharé and Boipeba, South Coast of the State of Bahia, Brazil. **Journal of Coastal Research**, n. SI 56, p. 1297–1300, 2009.

SILVA, T. S. et al. Comparação de Indicadores de Qualidade Ambiental da praia em Boa Viagem (Pernambuco) nos anos de 2008 e 2018. **Revista GEAMA**, v. 4, n. 3, p. 028–037, 2018.

SILVA, W. S. **Qualidade microbiológica da água do mar e chuveiros da orla dos municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco – Brasil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SOUZA-PEREIRA, P. E.; CAMARGO, A. F. M. Efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre a comunidade zooplanctônica, com ênfase nos copépodes, do estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 26, n. 1, p. 9–17, 2004.

THOE, W. et al. Predicting water quality at Santa Monica Beach: Evaluation of five different models for public notification of unsafe swimming conditions. **Water Research**, v. 67, p. 105–117, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Recreational Water Quality Criteria**. Washington: USEPA, 2012.

WHITMAN, R. L. et al. Occurrence of *Escherichia coli* and Enterococci in *Cladophora* (Chlorophyta) in Nearshore Water and Beach Sand of Lake Michigan. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 8, p. 4714–4719, 2003.

WIDMER, W. M. A Importância da Abordagem Experimental para o Progresso da Gestão Costeira Integrada. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 7–16, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Safe Recreational Water Environments: coastal and fresh waters**. Geneva: WHO, 2003.

YOUNG, N. The association between marine bathing and infectious diseases— a review. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 96, n. 1, p. 93–100, 2016.

ZHANG, W. et al. Effects of rainfall on microbial water quality on Qingdao No. 1 Bathing Beach, China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 66, n. 1–2, p. 185–190, 2013.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. *Candida tropicalis* geographic population structure maintenance and dispersion in the coastal environment may be influenced by the climatic season and anthropogenic action. **Microbial Pathogenesis**, v. 128, p. 63–68, 2019.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. Evaluation of Virulence Factors In vitro, Resistance to Osmotic Stress and Antifungal Susceptibility of *Candida tropicalis* Isolated from the Coastal Environment of Northeast Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016.

ZUZA-ALVES, D. L. et al. Evaluation of Virulence Factors In vitro, Resistance to Osmotic Stress and Antifungal Susceptibility of *Candida tropicalis* Isolated from the Coastal Environment of Northeast Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016.