



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

YOHANNA CARVALHO RODRIGUES ROCHA

**EFICIÊNCIA DO MONITORAMENTO DA BALNEABILIDADE DA COSTA
MARÍTIMA DE FORTALEZA: ANÁLISE DO PERÍODO DE 2019 A 2021**

FORTALEZA - CE

2023

YOHANNA CARVALHO RODRIGUES ROCHA

EFICIÊNCIA DO MONITORAMENTO DA BALNEABILIDADE DA COSTA MARÍTIMA
DE FORTALEZA: ANÁLISE DO PERÍODO DE 2019 A 2021

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica ambiental e territorial.

Orientador: Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos.

FORTALEZA - CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R577e Rocha, Yohanna Carvalho Rodrigues.

Eficiência do monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza : análise do período de 2019 a 2021 / Yohanna Carvalho Rodrigues Rocha. – 2023.
66 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos.

1. Monitoramento. 2. Praias. 3. Análise Envoltória de Dados. 4. Boletins de balneabilidade. 5. Poluição.
I. Título.

CDD 910

YOHANNA CARVALHO RODRIGUES ROCHA

EFICIÊNCIA DO MONITORAMENTO DA BALNEABILIDADE DA COSTA MARÍTIMA
DE FORTALEZA: ANÁLISE DO PERÍODO DE 2019 A 2021

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica ambiental e territorial.

Aprovada em: 30/05/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Janaína Melo Oliveira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus por Sua bondade e graça de me ajudar nessa jornada.

À minha família: meu esposo Fabiano e minha filha Ana Heloísa, eu amo vocês.

À minha mãe por todo o amor e apoio nesta conquista.

À Instituição FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof^a. Dr^a. Janaína Melo Oliveira e Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Para dar ordens à natureza é preciso saber obedecê-la.”

(BACON, 1620, p. 7 *apud* KOBAYAMA;
MOTA, 2008, p. 55).

RESUMO

A balneabilidade da costa marítima de cidades litorâneas tem grande importância para a sociedade em várias dimensões como econômica, social e ambiental. Entretanto muitos são os desafios para equilibrar os diversos interesses sobre esta tão importante área ambiental, que possui riquezas naturais muitas vezes exploradas pelo setor econômico ligado ao turismo, mas que também pode sofrer com as consequências da urbanização acelerada e desorganizada de grandes cidades. O município de Fortaleza no Ceará é reconhecido por suas praias com belezas naturais que atraem um grande número de turistas anualmente. O governo do estado do Ceará, através da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), desenvolve o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias que tem por objetivo principal o monitoramento da qualidade das águas das praias de todo o estado para o uso primário; este programa tem abrangência maior de pontos de monitoramento na orla de Fortaleza. O presente estudo teve como objetivo analisar a eficiência do monitoramento da orla marítima de Fortaleza, e utilizou a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) como instrumento de análise quantitativa e complementou com a análise qualitativa dos resultados obtidos após tratamento de dados sobre o monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza. A DEA utiliza unidades de decisão (DMU) analisando o desempenho destas na utilização de suas entradas (*inputs*) para produzir as saídas (*outputs*). As entradas das unidades de decisão foram: (i) Número de coletas realizadas no período; e (ii) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza no período. As saídas das unidades de decisão foram: (i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho no período (Fortaleza); e (ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos no período. Foram utilizados 5 cenários diferentes de análise com as variáveis de entrada e saída sobre balneabilidade de Fortaleza disponíveis, tomando como DMUs os três anos de gestão do Programa de Balneabilidade (2019 a 2021). O período escolhido justifica-se por ser um momento estratégico para o programa de monitoramento da balneabilidade, com mudanças significativas em seu ambiente interno e externo, como por exemplo a pandemia de COVID19. Os resultados mostraram que o menor resultado de eficiência em todos os cenários foi de 82,30% (a maioria das eficiências foi de 100%) e que portanto o monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza pode ser considerado eficiente diante da amostra escolhida para análise, mas que há espaço para melhorias serem implementadas, como por exemplo intervenções corretivas ou preventivas, a partir de análises sobre um alto número de resultados de praias impróprias para o banho.

Palavras-chave: monitoramento; praias; Análise Envoltória de Dados; boletins de balneabilidade; poluição.

ABSTRACT

The bathability of the sea coast of coastal cities is of great importance to society in various dimensions such as economic, social and environmental. However, there are many challenges to balance the different interests in this very important environmental area, which has natural riches often exploited by the economic sector linked to tourism, but which can also suffer from the consequences of accelerated and disorganized urbanization of large cities. The municipality of Fortaleza in Ceará is recognized for its beaches with natural beauty that attract a large number of tourists annually. The government of the state of Ceará, through the State Superintendence of the Environment of Ceará (SEMACE), develops the Beach Bathing Monitoring Program whose main objective is to monitor the quality of water on beaches throughout the state for primary use; this program has a wider range of monitoring points along the edge of Fortaleza. The present study aimed to analyze the efficiency of monitoring the seafront of Fortaleza, and used the Data Envelopment Analysis (DEA) technique as a quantitative analysis instrument and complemented with the qualitative analysis of the results obtained after treatment of data on monitoring bathing conditions on the sea coast of Fortaleza. DEA uses decision units (DMU) analyzing their performance in the use of their inputs (inputs) to produce the outputs (outputs). The inputs of the decision units were: (i) Number of collections carried out in the period; and (ii) Density of Bathing Monitoring on Fortaleza's Beaches in the period. The outputs of the decision units were: (i) Bathing - Number of bathing results in the period (Fortaleza); and (ii) Number of bathing bulletins issued in the period. Five different analysis scenarios were used with the available input and output variables on bathing conditions in Fortaleza, taking as DMUs the three years of management of the Bathing Program (2019 to 2021). The chosen period is justified because it is a strategic moment for the bathing monitoring program, with significant changes in its internal and external environment, such as the COVID19 pandemic. The results showed that the lowest efficiency result in all scenarios was 82.30% (most efficiencies were 100%) and that, therefore, the monitoring of bathing conditions on the coast of Fortaleza can be considered efficient in view of the sample chosen for this study. analysis, but that there is room for improvements to be implemented, such as corrective or preventive interventions, based on analyzes of a high number of results of unsuitable beaches for bathing.

Keywords: monitoring; beaches; Data Envelopment Analysis; bathing bulletins; pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Pontos de Monitoramento de Balneabilidade das Praias do Ceará.....	15
Figura 2	-	Zona Costeira do Brasil e suas áreas urbanizadas.....	20
Figura 3	-	Obstruções das redes de drenagem de Fortaleza por resíduo sólido....	30
Figura 4	-	Drenagem na Orla da cidade de Fortaleza.....	31
Figura 5	-	Pontos de Monitoramento da Balneabilidade das Praias de Fortaleza..	34
Figura 6	-	Estrutura básica de uma DMU.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Municípios do Ceará defrontantes com o mar	22
Tabela 2	–	Principais Resoluções do CONAMA sobre Balneabilidade	26
Tabela 3	–	Classificações das Águas Próprias - Resolução nº 274/2000	27
Tabela 4	–	Relação Geral de Entradas, DMU's e Saídas	40
Tabela 5	–	Valores das Entradas de cada DMU	42
Tabela 6	–	Valores das Saídas de cada DMU	43
Tabela 7	–	Resultados – <i>Cenário 1</i>	44
Tabela 8	–	Resultados – <i>Cenário 2</i>	46
Tabela 9	–	Resultados – <i>Cenário 3</i>	47
Tabela 10	–	Resultados – <i>Cenário 4</i>	48
Tabela 11	–	Resultados – <i>Cenário 5</i>	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	Decision Making Unit
FCS	Fortaleza Cidade Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PPA	Plano Plurianual
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará
SEUMA	Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Zona Costeira e Orla Marítima	18
<i>2.1.1</i>	<i>Zona Costeira do Ceará</i>	21
2.2	Balneabilidade	24
<i>2.2.1</i>	<i>Balneabilidade e Legislação CONAMA</i>	25
<i>2.2.2</i>	<i>Balneabilidade e Urbanização na Zona Costeira</i>	28
<i>2.2.2.1</i>	<i>Urbanização: Impactos adicionais na Balneabilidade</i>	29
2.3	Monitoramento da Balneabilidade	32
<i>2.3.1</i>	<i>Programa de Monitoramento da Balneabilidade das Praias - Fortaleza ...</i>	33
2.4	Visão geral e contribuição	35
3	METODOLOGIA	37
3.1	Metodologia de Pesquisa	37
3.2	Análise Envoltória de Dados (DEA)	37
<i>3.2.1</i>	<i>Modelo de Análise e Aplicação da DEA</i>	39
4	TABULAÇÃO DE RESULTADOS	42
4.1	Amostra analisada	42
4.2	Resultados	44
<i>4.2.1</i>	<i>Cenário 1</i>	44
<i>4.2.2</i>	<i>Cenário 2</i>	45
<i>4.2.3</i>	<i>Cenário 3</i>	47
<i>4.2.4</i>	<i>Cenário 4</i>	48

4.2.5	<i>Cenário 5</i>	50
5	CONCLUSÃO	52
5.1	Discussões – Cenários	52
5.2	Considerações finais	55
5.3	Recomendações para trabalhos futuros	56
	REFERÊNCIAS	57
	ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 274/2000	63

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira brasileira possui uma importância estratégica que pode ser evidenciada em diversos aspectos, seja pelo mosaico de ecossistemas que abriga enorme biodiversidade, ou pelos interesses econômicos conflitantes associados a uma desordenada expansão urbana, ou pelos eventos geológicos que atuam constantemente na região. Ou ainda pela influência causada por uma ação antrópica (construção de barragem, despejo de lixo em drenagem, etc.) em território continental (MMA, 2020). Neste contexto ganha importância ações adequadas na gestão dos recursos hídricos no que diz respeito à utilização das áreas de águas superficiais.

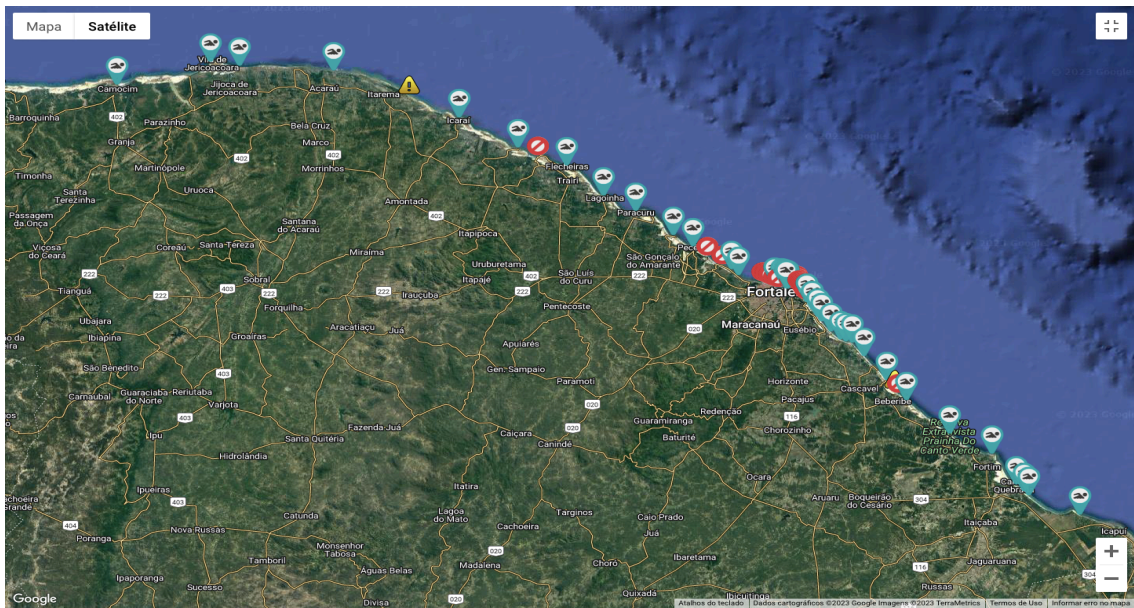
A devida utilização da água das praias de uma específica zona costeira é determinada por sua balneabilidade. Assim, o monitoramento da balneabilidade da região praiana tem grande importância para determinar períodos e formas de utilização desta importante zona costeira de forma adequada. Um fator importante sobre a balneabilidade das praias a ser ressaltado é a expansão urbana no litoral, que deu-se principalmente a partir da segunda metade do século XX, provocando impactos e mudanças fisionômicas no Planeta, mais do que qualquer outra atividade humana (ODUM, 1988). Com isso, a percepção e o somatório de atividades relacionadas ao uso e ocupação não-planejadas da Zona Costeira têm gerado diversos impactos ambientais negativos.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução nº 274/2000 e da Resolução nº 374/2005 versa sobre os critérios de balneabilidade, orientando sobre os fundamentos do monitoramento de balneabilidade das praias no Brasil (BRASIL, 2000; 2005). É o principal instrumento normativo que versa sobre a balneabilidade e orienta em todo o país as políticas públicas a respeito da qualidade das águas superficiais para o contato primário.

O estado do Ceará, através da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), desenvolve o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias que tem por objetivo principal o monitoramento da qualidade da água das praias do Estado (SEMACE, 2019). A partir do atendimento às legislações vigentes, este monitoramento procura gerar informações adequadas para decisões sobre balneabilidade.

São monitoradas no Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias do Ceará todo o litoral do estado. A Figura 1 mostra a seguir a abrangência de pontos de coleta para análise de balneabilidade deste programa de monitoramento que pode ser consultado no site da SEMACE:

Figura 1 – Pontos de Monitoramento de Balneabilidade das Praias do Ceará



Fonte: SEMACE (2022). Acesso em 01/02/2023.

Observa-se na Figura 1 que apesar da abrangência de monitoramento da balneabilidade das praias cobrir praticamente todo o litoral cearense, há uma maior concentração de pontos nas praias da capital. Desde 2020 são 32 pontos de coleta somente para as praias da capital e 34 pontos para o restante das praias de todo o estado de Ceará (SEMACE, 2022). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução nº 1/1986, considera que o impacto ambiental está ligado essencialmente às atividades humanas que causem qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (BRASIL, 1986). Coelho (2004) define impacto ambiental como sendo um processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo: uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente.

A poluição de várias fontes já tem apresentado muitos efeitos negativos na zona costeira praiana, interferindo na capacidade de algumas áreas marinhas de prover alimentos; promovendo o surgimento de doenças. As construções nas praias aumentam o esgoto, o lixo, a poluição que pode afetar a qualidade da água dos lençóis freáticos, lagoas e cursos d'água, comprometendo sua utilização para consumo humano direto ou para fins de lazer e recreação, qualidade do solo, etc., causando grandes danos ao ambiente, entre outros tantos fatores relacionados à segurança sanitária e economia do turismo (MOURA, 2009). De acordo com Kobiyama e Mota (2008), os recursos hídricos são compreendidos como fontes de valor econômico essencial para a sobrevivência e desenvolvimento dos seres vivos.

Em uma análise das atividades antrópicas que podem gerar uma carga contaminante nos recursos hídricos costeiro, é importante reconhecer quais fontes são de emissão pontual e quais são de emissão difusa. Da mesma forma, devem ser distinguidas atividades onde a geração de carga é parte integral do sistema daquelas onde estão envolvidos componentes acidentais e incidentais, sobretudo considerando-se a prevenção e o controle de contaminação (RIBEIRO; LOURENCETTI; PEREIRA; MARCHI, 2007). O Ceará é um dos estados brasileiros de maior ocupação da zona costeira, gerando assim alto nível de exploração comercial ligada principalmente ao setor de Turismo (CAMPOS *et al.*, 2003). As ações antrópicas estão entre os principais fatores relacionados às diversas situações negativas que impactam a qualidade da água em regiões praianas no Ceará. As análises destas problemáticas são fundamentais para a manutenção sustentável da balneabilidade de uma região praiana (GRAND *et al.*, 2017).

Ruckelshaus *et al.* (2020) realizaram estudos na Suíça e China e observaram esta problemática das ações antrópicas em regiões costeiras, relacionando-a com as questões gerais de sustentabilidade, das problemáticas relacionadas à urbanização próximo à zona costeira e com o necessário (mais ainda em processo de disseminação global) comportamento sustentável do ser humano. Além disso, são observados nos estudos as novas formas de monitoramento de zonas costeiras utilizando inovações em tecnologias de dados, a fim de melhor mapeamento de impactos negativos e embasamento de decisões políticas ligadas ao meio ambiente, e relações com a urbanização na zona costeira conforme Zheng *et al.* (2020).

O monitoramento da balneabilidade mostra-se portanto como instrumento indispensável de acompanhamento da qualidade da água superficial para o contato inicial recreativo e demais possibilidades de utilização da região praiana.

Desta maneira, salienta-se que uma discussão sobre a eficiência do monitoramento realizado pelo Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias do Ceará merece atenção especial, considerando a importância significativa da utilização desse espaço geográfico cearense que são as zonas costeiras, em específico as zonas praianas e suas águas superficiais. Justifica-se então uma investigação, inicialmente amostral, que produza novas informações sobre a eficiência do monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza, dado que esta balneabilidade tem implicações múltiplas para a cidade.

Surge então a seguinte questão de pesquisa: O monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza entre os anos 2019 e 2021 pode ser considerado eficiente? O período de análise, entre 2019 e 2021 (até o fim da primeira versão desta pesquisa os dados do ano de 2022 não estavam disponíveis), se justifica pelo fato de ser um intervalo de tempo

onde houve a transição do momento antes e durante pandemia provocada pelo vírus de COVID19. Mudanças provocadas pela pandemia de COVID19 impactaram de forma significativa todos os serviços prestados na sociedade, e também o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias (paralisação de atividades).

É importante também afirmar que o Relatório do Desempenho da Gestão de 2019, da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), menciona que o ano de 2019 é o período de encerramento de um ciclo do Plano Plurianual da SEMACE (PPA) e foi construído então um novo PPA para o quadriênio 2020-2023, com novas perspectivas e desafios vislumbrados para serem superados pela SEMACE (SEMACE, 2020). Acrescenta-se a isso a disponibilidade de dados consolidados dos períodos escolhidos, que foram oportunos para a pesquisa. Portanto a escolha do período pode ser considerada pertinente também por conta da sua importância histórica para a humanidade com relação à pandemia de COVID-19 e por conta de ser um período de significativas mudanças internas na gestão da SEMACE, com impactos diretos no Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias.

Tem-se como objetivo geral deste estudo: analisar a eficiência do monitoramento da balneabilidade das praias da cidade de Fortaleza (CE). Em consequência tem-se como objetivos específicos: (i) analisar o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias nos anos de 2019 a 2021, com foco nas informações sobre a cidade de Fortaleza; (ii) realizar análise quantitativa dos dados da amostra do período, implementando a Análise Envoltória de Dados (DEA) a fim de obter novas informações sobre a eficiência do monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza no período de 2019 a 2021; e (iii) implementar análise qualitativa das informações levantadas sobre eficiência do monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza no período de 2019 a 2021.

A metodologia a ser utilizada, do ponto de vista de seus objetivos, uma pesquisa exploratória e que permite o desenvolvimento de uma investigação de caráter descritivo (PRODANOV & FREITAS, 2013). Entende-se que será desenvolvida uma pesquisa que utiliza métodos quantitativos e qualitativos, para o tratamento de dados, pois será realizado tratamento matemático e interpretativo dos resultados em face às legislações vigentes, em oportunos momentos do desenvolvimento da análise proposta. O cálculo de eficiência será realizado pela técnica chamada Análise Envoltória de Dados (DEA) utilizando cenários diferentes de observação e tratamento dos dados da amostra. Assim espera-se a conclusão sobre a eficiência do monitoramento das praias de Fortaleza realizado no período da amostra escolhida em face às legislações vigentes e metas setoriais estabelecidas pela SEMACE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir são apresentadas as principais abordagens teóricas e análises dos principais autores da área em estudo, que fundamentam a presente pesquisa.

2.1 Zona Costeira e Orla Marítima

A zona costeira brasileira possui atrativos diversificados compondo um vasto conjunto de ambientes naturais reconhecidos internacionalmente por sua beleza e valor ecossistêmico. Conforme Dias e Oliveira (2013, p. 372) o cenário de abundante riqueza do meio ambiente que constitui a zona costeira é também assim relatado: "Ecossistemas que se alternam entre mangues, praias, campos de dunas, estuários, além de outros ambientes, por isso, se configura como um ambiente de significativa riqueza natural".

A zona costeira é detentora de áreas particularmente sensíveis e frágeis do ponto de vista ecossistêmico, com uma série de ambientes restritos a esse sistema de interação água, terra e ar (AMBIENTE, 2020). Conforme o Decreto presidencial brasileiro nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, a zona costeira brasileira é assim delimitada, Brasil (2004, p.1):

Art. 3o A zona costeira brasileira, considerada patrimônio nacional pela Constituição de 1988, corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre, com os seguintes limites:

I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial;

II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira. (BRASIL, 2004, p.1)

O texto normativo deste Decreto acima mostra a legitimidade do conceito patrimonial da zona costeira para o Brasil, e especifica a abrangência da zona costeira do Brasil em suas duas dimensões: terrestre e marítima.

É portanto um importante documento legal para determinar não apenas os limites específicos das dimensões que compõe a zona costeira mas serve como indispensável instrumento de orientação para ações de proteção ambiental que órgãos reguladores poderão desenvolver frente às atividades antrópicas inevitavelmente frequentes neste importante ambiente natural brasileiro.

A legislação a respeito da zona costeira brasileira apresenta um conjunto de informações de grande importância para decisões estratégicas a respeito deste ambiente natural, que possui grande valor de utilidade pelo ser humano, com múltiplas possibilidades

de utilização, e também seu valor ecossistêmico de necessária preservação para as gerações vindouras. Ainda sobre o Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, em seu texto é definido o conceito de orla marítima dentro do contexto brasileiro, e também delimitada as especificidades geográficas que envolvem a orla marítima, conforme segue:

Art. 22. Orla marítima é a faixa contida na zona costeira, de largura variável, compreendendo uma porção marítima e outra terrestre, caracterizada pela interface entre a terra e o mar.

Art. 23. Os limites da orla marítima ficam estabelecidos de acordo com os seguintes critérios:

I - marítimo: isóbata de dez metros, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos;

II - terrestre: cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos. (BRASIL, 2004, p.1)

A orla marítima, conforme o texto do Decreto acima, faz parte de forma indissociável da zona costeira, e que também tem abrangência nas dimensões marítima e terrestre, mas no caso particular da orla marítima os limites estão caracterizados de forma mais consistente com o ambiente fundamentalmente relacionados ao mar. A legislação sobre a zona costeira e seu monitoramento será tratado posteriormente na presente pesquisa.

As zonas costeiras são áreas que tem sido intensamente ocupadas pelos aglomerados populacionais, de agricultura e turismo. Diversas pesquisas têm mostrado a influência que o homem exerce na alteração da paisagem natural da Zona Costeira, destaca-se aqui os estudos de Kawakubo *et al.* (2003), Silva *et al.* (2008), Meireles (2008), Paula *et al.* (2013), Dias e Oliveira (2013), Lima e Amaral (2013) e Silva e Farias Filho (2015).

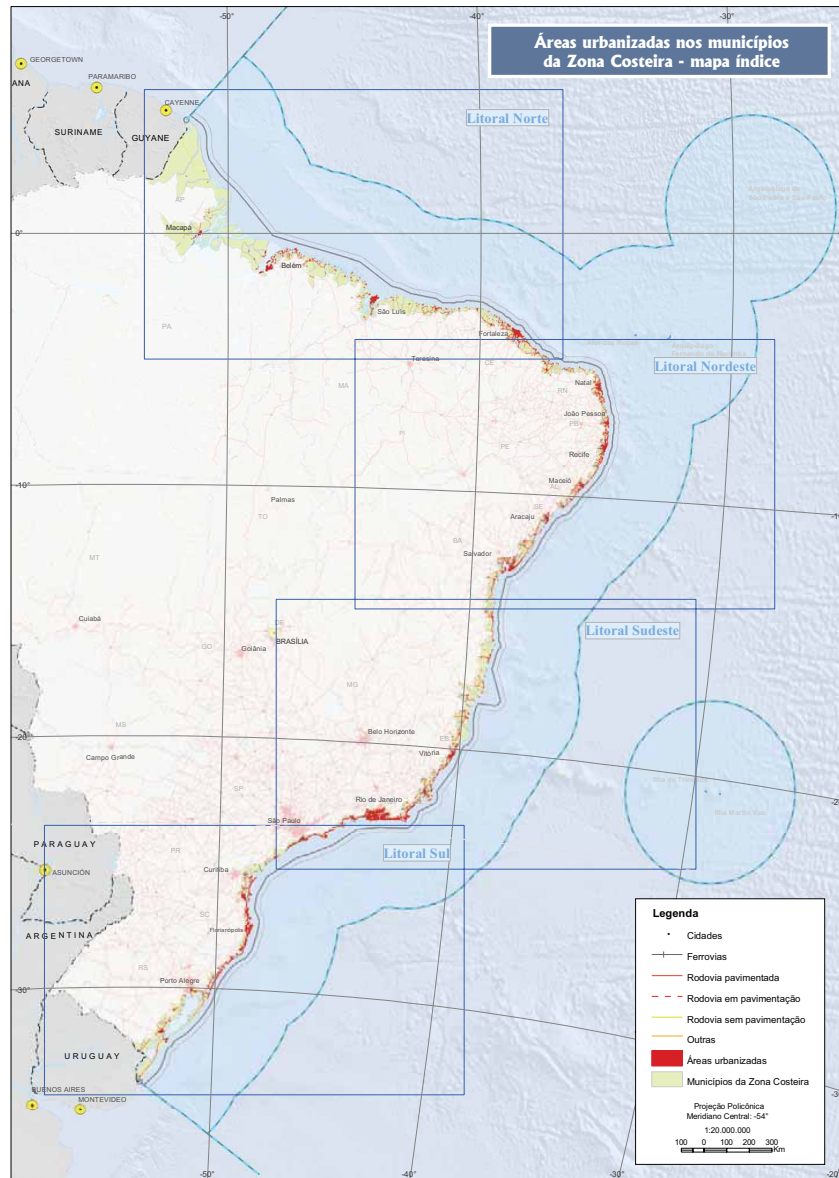
Mostra-se importante desenvolver a discussão sobre este ambiente ecossistêmico, considerando a importância significativa da diversidade dos ecossistemas localizados nesse espaço geográfico brasileiro, que são as zonas costeiras.

Assim, entende-se que levantamento de informações relevantes, como um estudo científico aplicado, a respeito de boas práticas de gestão e proteção deste ambiente natural podem fundamentar decisões de atores públicos e privados que tem relação direta com a utilização e proteção das zonas costeiras.

A urbanização das zonas costeiras tem significado importante para estudos sobre balneabilidade pois o avanço deste tipo de urbanização próximo à orla marítima traz consequências negativas para a balneabilidade das praias da mesma região.

A Figura 2 mostra o panorama geral da zona costeira brasileira:

Figura 2 – Zona Costeira do Brasil e suas áreas urbanizadas



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011, p. 110).

Dada a grande abrangência da zona costeira brasileira, muitos são os desafios para a boa gestão de todos os recursos desta extensa região litorânea. Kobiyama e Mota (2008) evidenciam a necessidade da boa gestão dos recursos hídricos em todos os ambientes naturais em que são encontrados.

A zona costeira representa um dos mais importantes, sendo estas boas práticas ambientais um comportamento diretamente ligado à qualidade de vida do ser humano. Estas boas práticas, ainda segundo Kobiyama e Mota (2008), constroem benefícios múltiplos para a

relação do ambiente urbano com o ambiente de zona costeira.

Dentre as vantagens destacam-se, a preservação da biodiversidade, fornecimento de microclimas, aumento da umidade local, regulação dos ciclos, controle do clima, proposição de área de lazer, valoração paisagística, geração de bem estar ambiental para a população, oportunidades de lazer, abastecimento de água, produção de energia e alimentos.

Estudos a respeito da gestão de recursos relacionados à zona costeira que utilizem abordagens inovadoras podem trazer informações relevantes para a tomada de decisão frente aos desafios modernos de preservação ambiental destas importantes zonas naturais que são amplamente utilizadas para a vida humana.

E, como já afirmado, podem ter impacto direto com a qualidade de vida de quem pode usufruir de forma adequada de seus atrativos naturais da zona costeira.

Observou-se (na base de dados *Science Direct - Elsevier*) poucos estudos que tratam da avaliação dos métodos de mineração de dados em Ciência de Dados Ambientais, ou utilização de modelos matemáticos relacionados a aplicação da técnica de Análise Envoltória de Dados, por exemplo, e que podem ser aplicados em estudos de zonas costeiras.

Tais aplicações representariam formas inovadoras de tratar este assunto (GIBERT *et al.*, 2018). A seguir são tratadas as informações a respeito da zona costeira do Ceará, importante elemento a ser explorado no presente estudo.

2.1.1 Zona Costeira do Ceará

A Zona Costeira representa a interface entre o mar, a terra e o ar, e em todo o mundo é submetida à forte estresse ambiental devido ao contínuo e significativo uso de sua região geográfica (GRUBER; BARBOZA; NICOLODI, 2003). Tal região é utilizada principalmente para fins comerciais ligados à atividade turística.

Observando a região do Ceará, este cenário é bem evidente quando é analisada a forma de exploração da região de zona costeira deste estado brasileiro. No Brasil um dos estados com a maior índice de ocupação da zona costeira é o Ceará atingindo atualmente um índice de 49,22% de ocupação, fazendo com que a densidade demográfica seja uma das mais altas no país (CAMPOS *et al.*, 2003).

As cidades que fazem parte da zona costeira cearense podem ser vistas na lista que consta na Tabela 1, conforme levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2021):

Tabela 1 – Municípios do Ceará defrontantes com o mar

QT	CD_UF	NM_UF	SIGLA	CD_MUN	NM_MUN	AREA_KM2	LAT_SEDE	LNG_SEDE
1	23	Ceará	CE	2300200	Acaraú	842,471	-2,8853	-40,1182
2	23	Ceará	CE	2300754	Amontada	1175,044	-3,3649	-39,8288
3	23	Ceará	CE	2301000	Aquiraz	480,236	-3,9062	-38,3898
4	23	Ceará	CE	2301109	Aracati	1227,197	-4,5671	-37,7728
5	23	Ceará	CE	2302057	Barroquinha	385,583	-3,0192	-41,1356
6	23	Ceará	CE	2302206	Beberibe	1596,751	-4,182	-38,1281
7	23	Ceará	CE	2302602	Camocim	1120,452	-2,901	-40,8475
8	23	Ceará	CE	2303501	Cascavel	838,115	-4,1314	-38,2397
9	23	Ceará	CE	2303709	Caucaia	1223,246	-3,734	-38,6566
10	23	Ceará	CE	2304251	Cruz	335,921	-2,922	-40,1755
11	23	Ceará	CE	2304400	Fortaleza	312,353	-3,7243	-38,5252
12	23	Ceará	CE	2304459	Fortim	285,024	-4,4526	-37,797
13	23	Ceará	CE	2305357	Icapuí	421,44	-4,7155	-37,3536
14	23	Ceará	CE	2306405	Itapipoca	1600,358	-3,4994	-39,5835
15	23	Ceará	CE	2306553	Itarema	714,833	-2,9233	-39,9157
16	23	Ceará	CE	2307254	Jijoca de Jericoacoara	209,029	-2,8992	-40,4512
17	23	Ceará	CE	2310209	Paracuru	304,734	-3,4116	-39,0295
18	23	Ceará	CE	2310258	Paraipaba	289,231	-3,4362	-39,1481
19	23	Ceará	CE	2312403	São Gonçalo do Amarante	842,635	-3,6078	-38,968
20	23	Ceará	CE	2313500	Trairi	928,725	-3,2762	-39,2666

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021). Adaptado pela autora.

São vinte municípios cearenses que ficam defrontantes com o mar, tendo como os dois extremos, conforme visto na Figura 1, os municípios de Barroquinha (ao oeste da capital Fortaleza), e o município de Icapuí (ao leste da capital Fortaleza). A dinâmica constante de atividades urbanas nesta região traz consigo desafios contínuos para a gestão pública.

Entre as atividades impactantes na zona costeira cearense, o turismo destaca-se por proporcionar mudanças socioambientais, com impactos de dimensão positiva e também negativa. Os hotéis, *flats* e pousadas que recebem o maior contingente de turistas estão situados na faixa litorânea. Exemplificando este relato de exploração turística, de acordo com Rodrigues (2016) a praia do Porto das Dunas situada no município de Aquiraz, costa leste do litoral cearense, apresenta-se como terceiro destino cearense mais procurado por turistas.

Dessa forma, insere-se nesta zona costeira na dinâmica mercantil, muitas vezes desassociada dos princípios de sustentabilidade, onde o capital e classes de maior poder aquisitivo apropriam-se indevidamente dos espaços litorâneos. Inicia-se a exploração fundiária que se dá em escala nacional, e não apenas local. Neste contexto, a orla marítima cearense insere-se no processo de exploração intensa de espaço mobiliário, tendo como destaque a região de Jijoca de Jericoacoara, Cumbuco, as praias do Porto das Dunas, dentre

outras (RODRIGUES, 2016); e também pode-se evidenciar nesta conjuntura de urbanização acelerada a orla da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, que será um dos cenários de estudo desta pesquisa.

Portanto, com a zona costeira sendo alvo de pressão intensa por parte de atividades humanas, esta passou a merecer uma atenção especial das autoridades pública pelo estabelecimento de planos de gestão, como também pela criação de áreas protegidas específicas. As unidades de conservação são muito eficazes na proteção da zona costeira, pois atuam não só na preservação de ecossistemas, como também no uso destes, visando a proteção dos recursos existentes (MOURA, 2009).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC traz a definição de Unidade de Conservação (UC) como sendo o espaço territorial e os recursos ambientais pertencentes a ele, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais que tenham grande relevância, e que sejam legalmente instituída pelo Poder Público, trazendo com estas orientações legais os objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias de proteção (BRASIL, 2022).

Um exemplo de Unidade de Conservação (UC) da zona costeira cearense são as Reservas Extrativistas, que constituem-se como áreas que recebem a proteção do Poder Público e são destinadas a populações com tradição no uso de recursos extrativos e são normatizadas por contrato de concessão real de uso (BRASIL, 2022). No Ceará, dentro do município de Aquiraz, encontra-se um exemplo dessa categoria, a Reserva Extrativista do Batoque, cuja economia neste território baseia-se no uso sustentável dos recursos naturais, logo, a determinação da sustentabilidade estabelece-se como critério fundamental para a “permanência, reprodução e temporalidade” das populações extrativistas (GUERRA e COELHO, 2009, p. 97). Destaca-se aqui o estudo da dissertação de mestrado da autora Silva (2013), que aborda de forma ampla a conjuntura das atividades extrativistas da região de Aquiraz/CE.

Observa-se assim, diante do exposto, a constante necessidade de implementação de estudos ambientais, dentro de geografias físicas específicas, capazes de integrar o planejamento e gestão racional do uso e ocupação do solo na zona costeira, porquanto se credita importante e necessária a existência de monitoramento constante desses espaços (SILVA, 2019).

A urbanização da zona costeira da cidade de Fortaleza está relacionada ao próprio nascimento do município e posterior expansão para então tornar-se estado do Ceará, sendo esta urbanização, por razões básicas, em torno do lazer. Assim a urbanização em torno da orla

marítima de Fortaleza é a mais antiga do estado do Ceará, e por isso foi desorganizada e tem sua configuração imobiliária costeira transformada pelo impacto das atividades econômicas ligadas ao turismo principalmente na segunda metade do século XX (QUEIROZ, 2017).

Principalmente a partir dos anos de 1990 o parque imobiliário desenvolve-se aceleradamente na zona costeira da capital cearense, principalmente destinado ao lazer e setor do Turismo, trazendo assim consequências múltiplas de dimensão positiva e negativa para a sociedade cearense (QUEIROZ, 2017).

Os resultados positivos estão relacionados principalmente à dimensão econômica, com geração de emprego e renda a partir das atividades ligadas ao setor de turismo; os resultados negativos estão relacionados a rápida expansão imobiliária que geram impacto ambiental nocivo dada a conjuntura de atividades inerentes ao contexto urbano, como por exemplo, descarte de resíduos (sólidos, efluentes, etc) sem boas práticas de gestão ambiental. Em alguns casos o impacto pode ser direto na balneabilidade da região praiana, tornando o ambiente impróprio para o banho, então o resultado negativo também torna-se sanitário. A seguir é tratado o tema de balneabilidade com o objetivo de embasar a análise deste cenário.

2.2 Balneabilidade

A balneabilidade de uma determinada região praiana está diretamente ligada a qualidade de suas águas superficiais para a utilização humana em seu contato primário, que é a recreação. A classificação pode considerar a praia imprópria ou própria para devidos níveis de utilização, sempre com o intuito da utilização ser apropriada para saúde humana.

A balneabilidade de uma zona costeira com alto potencial de práticas de atividades humanas tem impacto direto com a saúde e o bem-estar humano, e podem ser afetados pelas condições de balneabilidade das águas que fazem parte do ambiente de utilização (BRASIL, 2000).

Conforme Berg, Guercio e Ulbricht (2013, p. 8) balneabilidade é assim definida:

Balneabilidade é a capacidade que um local tem de possibilitar o banho e atividades esportivas em suas águas, ou seja, é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário. A balneabilidade é determinada a partir da quantidade de bactérias do grupo coliforme presentes na água. É feita análise que quantifica os coliformes totais e fecais, *Escherichia coli* e/ou Enterococos. (BERG, GUERCIO e ULBRICHT, 2013, p. 8)

Observa-se nesta definição que a balneabilidade na região praial está diretamente ligada ao contato primário, e portanto relacionada às atividades que são inerentes a este

contato primário. Podem ser atividades que são chamadas de recreação ou para quem vive perto da região marítima e tenha o constante contato superficial dentro de suas atividades cotidianas.

Ainda Berg, Guercio e Ulbricht (2013, p. 9) afirmam que “balneabilidade é o nível de sanidade de uma praia (mar, rios ou lagos) para seres humanos”, portanto balneabilidade pode ser entendida como um conceito de qualidade das águas para contato inicial humano intimamente relacionado à boas práticas de saúde humana, entendendo esta saúde humana de forma global.

A Organização Mundial da Saúde – OMS usa medidas específicas para dar a classificação de utilização recreacional das águas, sempre visando a proteção da saúde humana de possíveis doenças que podem ser contraídas a partir de contato com águas superficiais que estejam com certos níveis de contaminação.

A OMS também afirma que do total de doenças que acometem os países em desenvolvimento, em torno de 80% estão relacionados a má qualidade da água (ARRUDA *et al.*, 2016).

A água como parte fundamental da vida humana, presente direta e indiretamente na vida saudável, seja física, mental e social, tem portanto importância indispensável em seus múltiplos benefícios para a humanidade e deve ser monitorada para atender de forma eficaz à saúde do ser humano.

A balneabilidade é portanto tema de grande importância para decisões relacionadas a políticas públicas principalmente em face à crescente urbanização e avanço das ações antrópicas em regiões de praia.

2.2.1 Balneabilidade e Legislação CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução nº 274/2000 determina quais são os critérios para a classificação de balneabilidade das praias, e que posteriormente foi atualizada em termos de diretrizes ambientais mais atualizadas, pela Resolução nº 374/2005. Tais instrumentos normativos orientam as bases de planejamento de todo o programa de monitoramento de balneabilidade das praias no Brasil.

O CONAMA foi instituído pela Lei 6.938/81, sendo um órgão que faz parte do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, atualmente este Conselho é presidido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Dentre as competências do CONAMA podem ser citadas as seguintes: (i) estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos, e (ii) deliberar, sob a forma de resoluções, proposições, recomendações e moções, visando o cumprimento dos objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2018).

As principais legislações sobre balneabilidade do CONAMA são Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000 e Resolução nº 357/2005 de 17 de março de 2005. Ambas sofreram com o passar dos anos algumas alterações a partir de novas resoluções.

Entende-se que o desenvolvimento de mais estudos e pesquisas, além da mudança de cenários ambientais contribuem para que mudanças necessárias sejam implementadas a fim de que melhorias nas normativas atendam os desafios contemporâneos e vindouros.

A Tabela 2 abaixo apresenta a relação de algumas das principais legislações sobre balneabilidade do CONAMA:

Tabela 2 – Principais Resoluções do CONAMA sobre Balneabilidade

Resolução No.	Data	Ementa	Observações
20	18/06/1986	Estabelecer classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional	Alterada pela Resolução CONAMA nº 274/2000. Revogada pela Resolução CONAMA nº 357/2005.
274	29/11/2000	Classifica as águas doces, salobras e salinas e determina os limites e categorias de balneabilidade.	Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução no 20/86 (revogada pela Resolução no 357/05)
357	17/03/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.	Alterada pelas: Resoluções CONAMA nº 370/2006, nº 397/2008, nº 410/2009, nº 430/2011. Complementada pela Resolução CONAMA nº 393/2009. Revoga Resolução CONAMA nº 20/1986.

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (CONAMA, 2018). Adaptado pela autora.

É visto nesta Tabela 2 que a legislação do CONAMA inicialmente foi voltada para a classificação das águas, tendo posteriormente evoluído para especificamente tratar da balneabilidade. Dada as peculiaridades do tema, houve necessidade de alterações pontuais para atualizações oportunas.

Um dos elementos determinantes para ser dado o parecer de balneabilidade é a quantidade de coliformes presentes na água. Esta quantidade de coliformes é determinada em

legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução nº 274/2000 e pela Resolução nº 374/2005.

São estas legislações do CONAMA que, conforme mencionado no tópico 2.2, classificam as águas como próprias ou impróprias para o contato primário. Conforme a Resolução nº 274/2000 quando as águas são consideradas próprias para o uso primário estas podem ser subdivididas em novas classes, conforme é apresentado na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Classificações das Águas Próprias - Resolução nº 274/2000

Classificação das Águas Próprias	Descrição
Excelente	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia coli</i> ou 25 enterococos por 100 mililitros
Muito boa	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia coli</i> ou 50 enterococos por 100 mililitros
Satisfatória	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia coli</i> ou 100 enterococos por 100 mililitros

Fonte: Brasil (2000, p.2). Adaptado pela autora.

Portanto a classificação básica de balneabilidade das águas em própria e imprópria é feita conforme legislação; admitindo as águas próprias em três subcategorias: excelente, muito boa e satisfatória, conforme grau de incidência de coliformes fecais observados em pelo menos 80% das amostras analisadas em laboratório.

Essas orientações normativas são de fundamental importância para embasar todas as decisões das autoridades públicas competentes a respeito da costa marítima destinada a atividades de recreação de contato primário.

As decisões sobre estas áreas tem impacto no mínimo de ordem sanitária, social, ambiental e econômica (principalmente relacionadas às atividades turísticas).

Portanto a legislação do CONAMA a respeito de balneabilidade tem implicações estratégicas para o país, dada a extensão territorial da zona costeira brasileira e sua capilaridade de resultados possíveis de serem alcançados em áreas diversas da sociedade, com a correta utilização desta área ambiental.

Assim o CONAMA pode ser entendido também como um órgão governamental estratégico para propor e executar políticas públicas, principalmente através de seus atos

normativos, que podem gerar efeitos significativos no monitoramento e consequente qualidade de recursos hídricos localizados em zonas costeiras do Brasil.

2.2.2 Balneabilidade e Urbanização na Zona Costeira

Projeções populacionais indicam crescimento acelerado e contínuo nas próximas décadas. Conforme a ONU (2012), a população mundial em 2023 será superior a 8 bilhões de pessoas (e esse número já foi atingido) e, em 2050, superior a 9,5 bilhões. Essa expansão populacional afeta de forma direta e indireta na qualidade de diversos recursos naturais, dentre estes recursos está a região costeira praiana, alvo de intensa exploração imobiliária. As ações antrópicas somadas à falta gerenciamento de recursos costeiros em determinadas regiões do Brasil geram impactos negativos em resultados de balneabilidade das praias (MARTINS *et al.*, 2017).

Valiela (1991) evidencia também que o acúmulo populacional traz uma pressão significativa sobre os recursos costeiros, a partir de exemplos como madeira de mangues, areia para construção e recursos pesqueiros, gerando o aumento do problema de eutrofização do ambiente. Tal situação afeta também a qualidade da água, uma vez que qualquer ponto de utilização indevida reflete a influência da geologia, vegetação, solos, clima e, sobretudo, do homem. No caso da influência antrópica, os recursos hídricos assimilam materiais provenientes de esgotos, atividades agrícolas, indústrias e construção civil. Ou seja, de qualquer atividade em que as condições naturais da bacia são alteradas em função da expansão urbana (MOURA; BOAVENTURA; PINELLI, 2010).

Segundo Thorne-Miller (1999) a zona costeira é a área de maior acúmulo de sinergismo de impactos negativos causados pela atividade humana. Sendo justamente nessa área onde se concentra a atividade turística. Com a atividade turística transformada em atividade de massa, surgem sérios impactos ao meio ambiente geográfico, social e cultural.

Para Barros (1998) mesmo não sendo a única atividade que exerce pressão sobre os ecossistemas e sistemas sociais, o turismo tem recebido especial atenção devida a sua acelerada expansão, consumindo espaços cada vez maiores. Um exemplo são construções de equipamentos turísticos de *resorts*, onde em sua maioria são incompatíveis com a sustentabilidade, e consequentemente resultam em situações negativas a respeito da balneabilidade das praias.

Observa-se a capacidade de transformação da paisagem pelo e para o turismo, visando atender à crescente demanda por espaços naturais. Com a atividade intensa e

consumidora de paisagens, essa "artificialização" da natureza altera sua relação com a sociedade, passando a ser simples mercadoria de troca e não mais de usufruto. Ocasionalmente impactos de ordem social, ambiental e econômica, que contribuem para a insustentabilidade dos destinos turísticos, por ações antrópicas (RIOS, 2006).

Ainda de acordo com Rios (2006), é importante ressaltar que a atividade antrópica proporcionada pelo turismo pode acarretar impactos negativos, mas que os impactos positivos irão depender de que maneira serão planejadas e gerenciadas suas atividades, uma vez que atribui uma nova configuração sócio-espacial que influencia as transformações do território. Entende-se então, de forma específica, que uma região praiana com grande fluxo turístico tem sua ação antrópica ampliada proporcionalmente a este fluxo na região costeira, situação intensamente vivida pela cidade de Fortaleza em suas praias.

2.2.2.1 Urbanização: Impactos adicionais na Balneabilidade

A urbanização da cidade de Fortaleza, a exemplo de muitas capitais brasileiras, ocorreu de forma desorganizada causando efeitos negativos no que diz respeito ao âmbito estrutural. Uma das dimensões que mais comprometeram a sustentabilidade ambiental da região foi o fato de muitas ligações clandestinas de esgoto estarem conectadas às galerias pluviais, proporcionando um cenário ambientalmente incorreto; situação que vem desde o início do anos 2000 (LEMOS *et al.*, 2002).

Um dos grandes problemas da urbanização acelerada, que gera problemas na infraestrutura de saneamento básico, são impactos negativos gerados nos resultados de balneabilidade da região praiana. Conforme Lemos *et al.* (2002) no final dos anos de 1990 a maioria das barracas da Praia do Futuro, na orla de Fortaleza, não tinham ligação de esgoto legalizada. Este cenário foi mudando com o passar dos anos, através de uma sistemática intervenção de melhorias por parte do poder público, mas ainda apresenta desafios.

Pode ser citado por exemplo ações efetivas relacionadas ao projeto Fortaleza Cidade Sustentável (FCS), que visa melhorar significativamente os indicadores de sustentabilidade da cidade de Fortaleza, com apoio de recursos do Banco Mundial (AGUIAR, 2021). Uma das ações foi a contratação, via edital, de uma empresa de vídeo monitoramento para realizar inspeção que possibilite diminuir carga de poluição na região marítima de Fortaleza.

Observa-se que muitas intervenções no decorrer dos anos procuraram mitigar, na costa marítima, os efeitos nocivos da acelerada urbanização da cidade de Fortaleza. Mas ainda

há desafios a serem superados para melhorias nos índices de balneabilidade das águas superficiais serem consolidados. Cita-se o desafio socioeconômico de comunidades que ainda realizam ligações clandestinas de esgoto, apesar dos avanços nas políticas públicas que visam atender este público com isenção de taxas comumente utilizadas para viabilizar o tratamento do esgoto (AGUIAR, 2021).

Conforme Ferreira, Andrade e Costa (2013), em Fortaleza, o sistema de coleta das águas pluviais é separado do sistema de coleta do esgoto. Neste caso as águas pluviais, dentro de seu sistema de coleta, são lançadas diretamente no mar. O problema neste cenário da região costeira da cidade de Fortaleza, é que não apenas águas das chuvas são encontradas nas galerias pluviais, mas também elementos poluidores, dentre eles esgotos sem tratamento, muitas vezes oriundos de ligações clandestinas. Este material poluidor, por estar em uma galeria pluvial, acaba sendo jogado diretamente no mar, gerando assim a inevitável consequência negativa na balneabilidade da região marítima que é vítima do descarte indevido de esgoto não tratado. Acrescenta-se a estas situações a constante poluição das redes de drenagem no município de Fortaleza pelo descarte equivocado de resíduos sólidos. A Figura 3 mostra um exemplo deste descarte incorreto:

Figura 3 – Obstruções das redes de drenagem de Fortaleza por resíduo sólido



Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente - SEUMA (2015, p. 47).

O município de Fortaleza possui o Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas que faz parte do Plano Municipal de Saneamento Básico, ambos de responsabilidade da prefeitura, em sua elaboração e execução (SEUMA, 2015). O Plano de Drenagem é um importante instrumento norteador para a gestão das águas pluviais, conforme é proposto em seu objetivo geral:

O objetivo geral do Plano de Drenagem, denominado Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Fortaleza, é oferecer diretrizes gerais que auxiliem a gestão das águas pluviais, e assim garantir o bem estar e segurança da população urbana em um ambiente sadio, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da cidade. (SEUMA, 2015, p. 22)

Portanto o Plano de Drenagem deve ser o balizador indispensável de decisões da gestão pública a respeito de temas que tenham relação direta ou indireta com as atividades de drenagem e manejo das águas pluviais. Um desses temas passa pelo uso correto do sistema de coleta de águas pluviais e suas consequências para a balneabilidade da orla marítima de Fortaleza. Observa-se também que o Plano de Drenagem propõe direcionamento esclarecidos de sustentabilidade, sendo assim um documento estratégico para múltiplas dimensões do município, pois entende-se que a sustentabilidade fundamenta-se no equilíbrio do tripé: social, econômico e ambiental.

O Plano de Drenagem então é um instrumento normativo fundamental para o enfrentamento das consequências negativas que a ocupação desordenada da cidade Fortaleza trouxe com o decorrer dos anos (SEUMA, 2015). Dentro deste contexto do Plano de Drenagem torna-se importante citar o Projeto Orla 100% Balneável uma medida não-estrutural, focada em educação e conscientização ambiental da população, utilizada como uma das alternativas para melhor desenvolvimento do sistema de drenagem do município de Fortaleza. Abaixo, na Figura 4, pode ser visto um dos exemplos de ações realizadas dentro deste projeto, drenagem em uma região da orla marítima de Fortaleza:

Figura 4 – Drenagem na Orla da cidade de Fortaleza



Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente - SEUMA (2015, p. 64).

O Projeto Orla 100% Balneável pode também ser considerado mais uma medida do poder público no intuito de mitigar efeitos negativos da urbanização desorganizada em

áreas mais críticas em relação à balneabilidade da orla marítima de Fortaleza. Este projeto tem como objetivo principal a promoção da limpeza da orla de Fortaleza deixando-a balneável para todos que a frequentem. Torna-se também um instrumento importante para contribuir de forma efetiva para melhoria dos índices de balneabilidade, e com o adicional importante de participação popular como integrantes das atividades desenvolvidas dentro do projeto.

2.3 Monitoramento da Balneabilidade

A gestão integrada de zonas costeiras, com sua diversidade de atores e atividades, deve avaliar os impactos de natureza econômica, social, cultural, geográfica e ambiental sobre as zonas costeiras. A avaliação dos impactos obedecerá a critérios que vão definir se ações humanas ou atividades econômicas têm, em seu conjunto, resultados positivos ou negativos (VASCONCELOS; CORIOLANO, 2008).

Um parâmetro ambiental importante a ser analisado é a qualidade hídrica da zona costeira visto que a qualidade da água pode revelar alterações ambientais ocorridas no decorrer do tempo, como também alterações no entorno da geografia física analisada. Para isso utiliza-se, entre outras, as variáveis físicas e químicas da água. As características gerais da composição físico-química das águas e de suas especificidades são básicas para os estudos da qualidade e contaminação, pois fornecem informações a respeito da qualidade e condições ambientais do recurso hídrico.

Posteriormente, passam pela importante fase que são os trabalhos laboratoriais, desde a coleta de amostras até a obtenção da informação desejada, pois representam a única conexão entre a água no meio ambiente e os responsáveis pela tomada de decisão (WARD *et al*, 1990). Esse procedimento facilita a compreensão das possíveis alterações sazonais de poluentes ou micronutrientes, auxiliando assim a classificação de balneabilidade de uma determinada praia.

Torna-se fundamental ter a informação a respeito da qualidade da água superficial para a tomada de decisão a respeito do contato humano com determinadas regiões costeiras. Assim é fundamental o estudo e monitoramento da qualidade da água superficial para se conhecer a situação em relação às atividades antrópicas que ocorrem em sua região. Necessitando de um programa de monitoramento de qualidade ambiental, que deve ser desenvolvido de forma que seja possível acompanhar sistematicamente as variações ocorridas

na esfera espaço-temporal do ecossistema (GODÓI, 2008). Permitindo assim a caracterização, análise de tendências e prospecções de cenários.

Vive-se atualmente em um modelo de desenvolvimento econômico baseado na exploração dos recursos naturais, sendo um dos maiores objetivos do século a busca pelo equilíbrio ambiental (YOUNG, 2001). Para alcançar um equilíbrio ambiental torna-se imprescindível o monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos como ferramenta de auxílio na identificação de possíveis impactos ambientais e as influências do entorno no meio aquático, a fim de propor prioridades e orientá-las em decisões futuras (SANTOS; HERNANDEZ, 2013).

De acordo com Bitar e Ortega (1998), monitoramento ambiental consiste na realização de medições e/ou observações específicas, dirigidas a alguns poucos indicadores e parâmetros, com a finalidade de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas.

O estado do Ceará possui o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias que tem por objetivo principal o monitoramento da qualidade da água das praias do Estado, atendendo às determinações das resoluções Resolução nº 274/2000 e da Resolução nº 374/2005. Este programa torna-se então um instrumento estratégico da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE) para gerar informações a respeito da balneabilidade que possibilitem classificações adequadas para a devida utilização ou não das praias pela população, em seu contato primário.

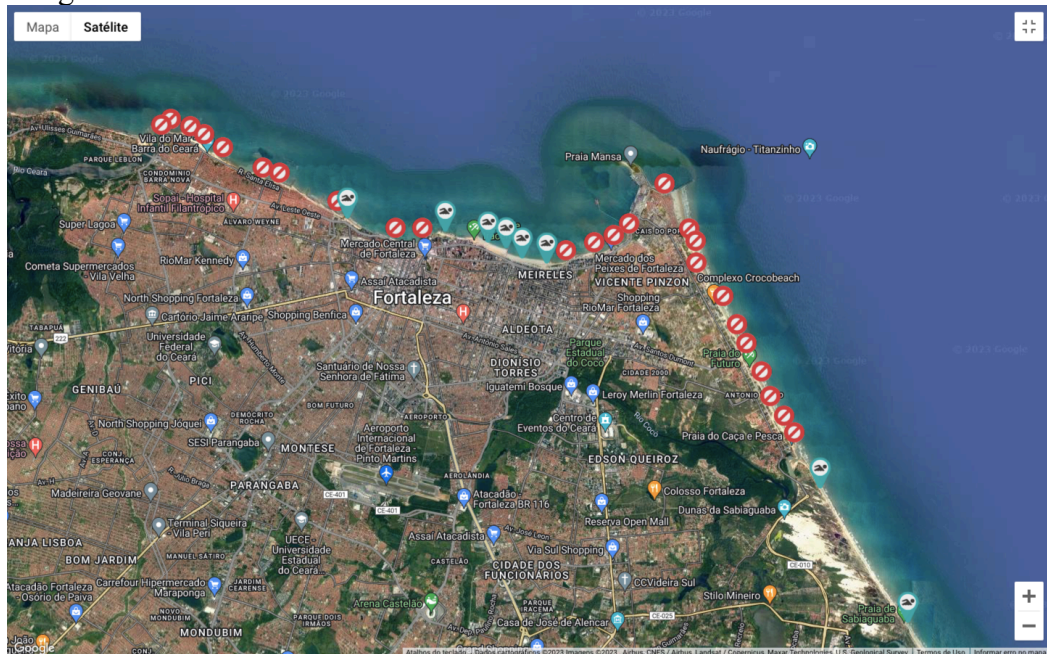
Assim, nota-se a grande importância de medir a eficiência de um programa de monitoramento da balneabilidade dado o papel social e econômico da região praiana no contexto específico da cidade de Fortaleza.

2.3.1 Programa de Monitoramento da Balneabilidade das Praias – Fortaleza

O Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias do estado do Ceará é um serviço desenvolvido e realizado pela Secretaria do Meio Ambiente do estado do Ceará - SEMACE, tem como objetivo principal o monitoramento da qualidade sanitária das águas situadas nas regiões praianas do estado. Este programa é orientado pelas Resoluções nº. 274/2000 e nº. 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), buscando assim atender suas normativas estabelecidas e que norteiam a legislação a respeito de balneabilidade no território brasileiro.

Entendendo que a presente pesquisa delimita-se ao monitoramento das praias do município de Fortaleza, conforme (SEMACE, 2022) o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias faz o monitoramento de 32 pontos na orla da capital cearense, conforme visto na Figura 5 a seguir:

Figura 5 – Pontos de Monitoramento da Balneabilidade das Praias de Fortaleza



Fonte: SEMACE (2022). Acesso em 04/02/2023

Ressalta-se ainda que a orla de Fortaleza foi dividida em três grandes setores dentro do Programa de Monitoramento Balneabilidade, buscando assim melhor organização dos relatórios de coletas através de setores que possibilitam direcionar possíveis ações de melhoria dos índices de balneabilidade. As coletas são semanais e os 32 pontos de coleta estão distribuídos praticamente de forma igualitária nos 3 setores, assim denominados: Setor Leste, Setor Centro e Setor Oeste (SEMACE, 2022).

A partir do ano de 2020 foi acrescentado mais um ponto de coleta, para atender duas praias do Setor Leste, tornando-se 32 pontos de coletas; a razão é que novos pontos tornaram-se necessitados de monitoramento dada a urbanização crescente na região (SEMACE, 2021). O Boletim de Balneabilidade das praias de Fortaleza é disponibilizado no Portal da SEMACE semanalmente, informando os pontos próprios e impróprios para o banho conforme a legislação do CONAMA em vigor (BRASIL, 2000).

É importante ressaltar, porém, que o Relatório do Desempenho da Gestão produzido pela SEMACE informa o Índice de Balneabilidade das praias de Fortaleza de

forma conjunta e não separada por cada setor de coleta. É informada portanto a balneabilidade anual a partir do apuramento de resultados (SEMACE, 2022).

O Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias do estado do Ceará tem portanto grande importância na gestão da balneabilidade, pois entende-se que informações tempestivas proporcionam melhor condição de intervenções de qualidade para a melhoria de índices da qualidade das águas monitoradas pelo programa; e neste estudo será analisado a eficiência deste programa para a região das praias da capital cearense.

2.4 Visão geral e contribuição

Foi observado em uma pesquisa realizada na base de dados *Science Direct - Elsevier* e *Google Scholar*, artigos que mais se relacionavam com os objetivos deste estudo, trazendo aplicações semelhantes e outros com abordagens diferentes sobre o tema, como por exemplo os que apresentaram formas inovadoras (como utilização de novas tecnologias) de analisar as consequências das ações antrópicas em zonas costeiras no que diz respeito à qualidade da água. Dentro dos levantamentos realizados, foram obtidas informações relevantes sobre o mapeamento consistente de consequências negativas da ação antrópica em regiões praianas, em alguns cenários internacionais e nacionais, e seus possíveis desdobramentos futuros (ANDRADE, 2008).

Há um estudo que mostra o efeito sustentável de decisões de gestão com base em resultados de pesquisas científicas, gerando resultados positivos em várias dimensões de forma mais perene (SANROMUALDO-COLLADO *et al.*, 2021); observou-se também que em algumas literaturas os estudos relevantes sobre a zona costeira e sua relação com ações antrópicas produzem conclusões pertinentes para embasar decisões em várias situações, dentre elas a balneabilidade.

Notou-se também no levantamento teórico que as consequências negativas das ações antrópicas, principalmente relacionadas à urbanização em torno de zonas costeiras praianas, deve ser melhor monitorada para levantamento adequado de informações destas atividades em cenários diversos (DEVLIN *et al.*, 2020). O estudo de Li *et al.* (2017) utilizou o método de imagens de sensoriamento remoto de satélite para detectar mudanças antrópicas na zona costeira, tal estudo detectou informações detalhadas sobre o aumento das situações negativas em um dado período de análise de mudanças na zona costeira pesquisada, por conta de atividades antrópicas. Os resultados do estudo apontam as principais atividades antrópicas que causam os efeitos ambientais negativos na zona costeira e as principais consequências

negativas e, portanto, são de grande relevância para embasar decisões corretas a respeito da zona costeira.

Alguns estudos tratam de análises laboratoriais em determinadas regiões para avaliação da balneabilidade e de formas de coleta e tratamento dos resultado das coletas, confrontando os resultados com políticas públicas adotadas nestas regiões (MARTINS *et al.*, 2017); também foi verificado estudos que tratam de propostas de métodos de previsão de balneabilidade (HIRAI; PORTO, 2014); outros tratam da relação da urbanização e balneabilidade (QUEIROZ; RUBIM, 2016); um estudo sobre as boas práticas de gestão ambiental e seus impactos positivos na balneabilidade (COSTA *et al.*, 2016); e um estudo semelhante a proposta da presente pesquisa, pois analisa uma amostra de diagnósticos de balneabilidade de uma década específica (BARROSO, 2019).

Observa-se assim, diante desta análise da revisão bibliográfica, que os principais autores apontam para a necessidade do contínuo levantamento de informações sobre balneabilidade e portanto conseqüente nota-se a importância da eficiente realização do monitoramento de balneabilidade de regiões praianas.

E dado que poucos estudos sobre eficiência do monitoramento da balneabilidade são desenvolvidos com a implementação da Análise Envoltória de Dados, pode-se dizer que há uma evidente contribuição em desenvolver estudos sobre a eficiência do monitoramento da balneabilidade utilizando a técnica DEA, que é reconhecida em vários estudos por seu valor metodológico. Enfim, o tratamento de dados sobre balneabilidade através de técnicas de avaliação de eficiência tem reais condições de resultar em novas informações de grande relevância acadêmica, sendo assim uma valorosa contribuição para a área de estudo desta pesquisa.

3 METODOLOGIA

Neste tópico será abordada a metodologia de desenvolvimento da presente pesquisa, onde serão explanadas as principais bases da metodologia científica aplicada e os conceitos sobre a técnica escolhida para o tratamento de dados.

3.1 Metodologia de Pesquisa

A metodologia a ser utilizada, do ponto de vista de seus objetivos, refere-se a uma pesquisa exploratória pois trata-se também de um estudo de caso que procura desenvolver mais informações sobre o assunto tratado (PRODANOV, FREITAS, 2013).

O estudo é de caráter descritivo pois baseia-se na análise de dados secundários a respeito do monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza (CE). Assume-se também que será desenvolvida uma pesquisa quantitativa quanto ao tratamento dos dados matemáticos e qualitativa quanto à interpretação destes resultados em confronto às normativas em níveis federais e estaduais pertinentes ao tema em estudo.

A proposição da pesquisa está direcionada a analisar a eficiência do monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza. Esta análise será desenvolvida de forma a aplicar ferramentas matemáticas em uma dada mostra de tempo, especificamente resultado de 2019 a 2021. Para tanto tem-se a seguinte proposta metodológica:

- (i) Levantamento de Dados sobre monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza no período de 2019 a 2021;
- (ii) Implementação da Análise Envoltória de Dados para cálculo de eficiência do monitoramento da balneabilidade no período escolhido;
- (iii) Tabulação de resultados em forma descritiva;
- (iv) Análise qualitativa dos resultados;
- (v) Conclusão crítica do autor.

A seguir é explanado os conceitos sobre a técnica de Análise Envoltória de Dados.

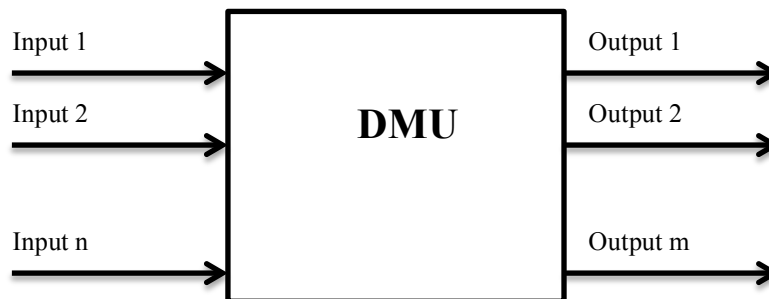
3.2 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados também chamada DEA (DEA - *Data Envelopment Analysis*), é uma abordagem não-paramétrica que analisa o confronto entre variados produtos (saídas) e insumos (entradas) pertencentes a uma mesma unidade produtiva. Medindo

basicamente a eficiência produtiva destas unidades em utilizar suas entradas para produzir as saídas informadas (CASADO & SOUZA, 2007; PÉRICO, SANTANA, REBELATTO, 2017).

Os principais estudos sobre DEA identificam a unidade produtiva como *Decision Making Units* (DMU), ou simplesmente denominada de DMU. A DMU, também entendida como unidade de decisão, tem a função de processar determinadas entradas e entregar determinadas saídas. Abaixo segue a representação gráfica, na Figura 6, do modelo resumido de uma DMU e que expressa o cenário de aplicação da Análise Envoltória de Dados:

Figura 6 – Estrutura básica de uma DMU



Fonte: elaborado pela autora. Adaptado de (PÉRICO, SANTANA, REBELATTO, 2017)

Esta técnica avalia o nível de eficiência relativa de unidades produtivas independentes (comparando a um referencial estabelecido/calculado), permitindo confrontar entradas e suas saídas. Pode ser observado na Figura 6 que a quantidade de *inputs* e *outputs* não são necessariamente iguais, podendo ter combinações múltiplas do número de entradas e saídas na DMU.

Dentro do cenário desta técnica de cálculo de eficiência o conceito de produtividade está relacionado a razão entre o quantitativo do que é produzido e a quantificação insumos que foram utilizados na fabricação destas saídas (BEZERRA *et al.*, 2017); e o conceito de eficiência está relacionado a capacidade de uma DMU em atingir o melhor resultado possível com o mínimo de desperdício de insumos relacionados a esta saída (MERKERT; ASSAF, 2015). Dependendo do número de entradas e saídas envolvidos nos cálculos de DEA será necessário atribuir pesos multiplicados aos valores de *inputs* e *outputs* no processo de cálculo de eficiência, conforme é apresentado a seguir nas equações (BEZERRA *et al.*, 2017):

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Saídas}}{\text{Entradas}} \quad (1)$$

$$\text{Eficiência da unidade B} = \frac{u_1 y_{1b} + u_2 y_{2b} + \dots}{v_1 x_{1b} + v_2 x_{2b} + \dots} \quad (2)$$

Onde temos que:

u_1 = o peso relacionado a saída 1

y_{1b} = valor da saída 1 da unidade b

v_1 = peso relacionado a entrada 1

x_{1b} = valor da entrada 1 da unidade b.

A eficiência a ser calculada recebe valor de 0 a 100%, ou 0 a 1. Os cálculos de eficiência da Análise Envoltória de Dados são feitos em plataforma de Excel e permite detectar lacunas de eficiência, ou seja, o quanto a unidade produtiva está longe da mais eficiente, possibilitando assim análise qualitativa de possíveis estratégias para melhoria de eficiência. Neste caso esta lacuna é também chamada de eficiência relativa, pois está abaixo de 100% de eficiência, que é considerada eficiência total, em comparação às demais DMU's utilizadas na comparação.

Pode-se entender assim que a DEA é uma técnica de cálculo que utiliza comparação entre unidades produtivas. Entretanto, para que a aplicação desta referida técnica seja efetiva em sua coerência, as DMU's devem ser similares, assumindo uma homogeneidade necessária entre estas unidades produtivas, para que o cálculo seja realizado com mesmos tipos de entradas e saídas em DMU's semelhantes (por exemplo: comparação entre escolas, ou aeroportos, etc) (CASADO; SOUZA, 2007).

Após o tratamento dos dados pela referida técnica de cálculo de eficiência é prosseguido, conforme mencionado acima, a análise qualitativa dos resultados obtidos e feito o confronto com informações específicas do cenário em estudo. A seguir vemos o modelo de análise para a aplicação da DEA nesta pesquisa, determinando especificamente quais serão as variáveis utilizadas na execução da tal abordagem de cálculo de eficiência relativa.

3.2.1 Modelo de Análise e Aplicação da DEA

Um modelo de aplicação da Análise Envoltória de Dados amplamente utilizado foi inicialmente proposto por Golany e Roll (1989) em suas pesquisas sobre a melhor forma de implementação desta ferramenta matemática. Os passos indicados são: (i) Definição das DMUs; (ii) Definição de *inputs* e *outputs* mais oportunos possíveis para o cenário de análise; e (iii) Implementação da técnica DEA e análise de resultados.

Diante do cenário do atual estudo desenvolvido sobre balneabilidade, com o tratamento de dados feito por esta técnica de cálculo de eficiência, tem-se o seguinte contexto de parâmetros a serem utilizados:

- (i) **Entradas:** (a) Número de coletas realizadas no período; e (b) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza
- (ii) **Saídas:** (a) Índice de balneabilidade - % de pontos considerados próprios para o banho durante o período; e (b) Número de boletins de balneabilidade emitidos
- (iii) **Unidade de decisão (DMU):** Período anual de Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias (2019, 2020 e 2021).

A Tabela 4 abaixo representa a organização de variáveis a serem utilizadas na aplicação da Análise Envoltória de Dados neste estudo:

Tabela 4 – Relação Geral de Entradas, DMU's e Saídas

ENTRADAS (<i>inputs</i>)	DMU	SAÍDAS (<i>outputs</i>)
(i) Número de coletas realizadas no período – 2019; e (ii) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza - 2019	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	(i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza) - 2019; e (ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2019
(i) Número de coletas realizadas no período – 2020; e (ii) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza - 2020	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	(i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza) - 2020; e (ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2020
(i) Número de coletas realizadas no período – 2021; e (ii) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza - 2021	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	(i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza) - 2021; e (ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2021

Fonte: elaborada pela autora.

Assim tem-se que a corrente pesquisa propõe-se a investigar a eficiência do Programa de Monitoramento da Balneabilidade assumindo como objeto de comparação períodos específicos de tomada de decisão da gestão do referido programa.

O modelo de análise que proporciona embasamento para realização da apreciação qualitativa, após os cálculos realizados, é assim proposto:

- a) Aplicação da DEA com os dados sobre o monitoramento da balneabilidade de 2019 a 2021;
- b) Identificação das lacunas de eficiência e, portanto, das metas para alcance de eficiência total da DMU;
- c) Análise qualitativa dos resultados obtidos;
- d) Conclusão com propostas de direcionamentos para melhoria do Programa de Monitoramento da Balneabilidade das praias de Fortaleza.

A seguir apresenta-se a seção de tabulação dos resultados onde toda a dimensão quantitativa é descrita para proceder a aplicação da Análise Envoltória de Dados.

4 TABULAÇÃO DE RESULTADOS

A exibição de resultados dos cálculos é uma fase importante para o desenvolvimento da pesquisa quantitativa e que oferece embasamento fundamental para uma posterior análise qualitativa. Nesta seção é apresentada a amostra a ser analisada e os resultados obtidos após implementação da DEA.

4.1 Amostra analisada

Dentro do desenvolvimento da pesquisa aqui realizada foi delimitado o período de 2019 a 2021 para fins de determinação de uma amostra a ser estudada, no universo do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias de Fortaleza. A escolha do período, com importantes acontecimentos no cenário local e mundial, já foi elucidada na seção de Introdução deste estudo. E dentro deste período de tempo delimitado, foram determinados os parâmetros de análise que representam os *inputs* e *outputs* da DEA.

A seguir são denominados os valores de cada *input* e *output* que serão utilizados nas DMU's, ao ser implementado o cálculo via DEA. Conforme a Tabela 4 apresentada na seção 3.2.1 desta dissertação, apresenta-se abaixo os valores dos dados a serem tratados neste estudo, separados em duas tabelas; uma para os valores das entradas e outra tabela para os valores das saídas. Inicialmente é mostrada na Tabela 5 os valores das entradas de cada DMU escolhida:

Tabela 5 – Valores das Entradas de cada DMU

	DMU	ENTRADAS (<i>inputs</i>)	VALOR
DMU 1	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	(i) Número de coletas realizadas no período – 2019	1455
		(ii) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza - 2019	2,58
DMU 2	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	(i) Número de coletas realizadas no período – 2020	1043
		(ii) Densidade de Monitoramento das	2,66

		Balneabilidade das Praias de Fortaleza - 2020	
DMU 3	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	(i) Número de coletas realizadas no período – 2021	1315
		(ii) Densidade de Monitoramento das Balneabilidade das Praias de Fortaleza - 2021	2,66

Fonte: SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente (2022, p. 44).

A seguir é apresentada a Tabela 6 onde consta os valores das saídas de cada DMU escolhida para o cálculo da eficiência:

Tabela 6 – Valores das Saídas de cada DMU

DMU		SAÍDAS (<i>outputs</i>)	VALOR
DMU 1	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	(i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza) - 2019	644
		(ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2019	62
DMU 2	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	(i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza) - 2020	548
		(ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2020	36
DMU 3	Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	(i) Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza) - 2021	717
		(ii) Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2021	45

Fonte: SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente (2022, p. 44).

Os valores destas variáveis foram coletados principalmente no documento anualmente emitido pela SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente, chamado Relatório do Desempenho da Gestão, neste caso foi utilizado o relatório referente ao ano de

2021, mas que traz valores de anos anteriores. Os valores do *output* denominado Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza), foi levantado a partir de consulta aos Boletins de Balneabilidade das Praias de Fortaleza, e no Relatório do Desempenho da Gestão da SEMACE – 2021 (SEMACE, 2022).

A técnica DEA permite a elaboração de cenário diferentes para análise, onde *inputs* e *outputs* podem ser combinados de forma a ampliar as perspectivas de investigação sobre a amostra escolhida. Dessa forma mais informações a respeito do contexto estudado podem ser levantadas e melhores fundamentos para as análises qualitativas podem ser construídos.

Assim, foram propostos cinco cenários de implementação dos cálculos com a esta técnica, que são apresentados na seção a seguir, com os seus respectivos resultados de eficiência e possíveis metas de melhoria. Em cada cenário foram combinados de formas diferentes os *inputs* e *outputs* indicados na Tabela 4. Em alguns cenários optou-se por apenas uma entrada e saída, a fim de identificar o impacto isolado de cada *input* em cada *output* nas possibilidades de observação de eficiência de cada DMU. As DMUs continuarão inalteradas, apenas *inputs* e *outputs* serão modificados formando cada cenário específico de análise. A seguir são vistos os resultados alcançados após implementação desta técnica.

4.2 Resultados

Conforme já mencionado nesta dissertação, os cálculos da Análise Envoltória de Dados – DEA, são realizados pelo *software* Excel Microsoft. O cálculo é feito utilizando a ferramenta Solver, um dos suplementos de ferramentas do Excel. Prossegue-se então para a apresentação dos resultados de cada um dos cenários de análise.

4.2.1 Cenário 1

A Tabela 7 a seguir apresenta os resultados do Cenário 1 de análise da amostra escolhida:

Tabela 7 – Resultados – *Cenário 1*

DMU	<i>Input1</i>	<i>Input2</i>	<i>Output1</i>	<i>Output2</i>	Eficiência DEA
	Número de coletas realizadas no	Densidade de Monitoramento da Balneabilidade	Balneabilidade - Quantidade de resultados	Número de boletins de balneabilidade	

	período	das Praias de Fortaleza	próprios para o banho (Fortaleza)	emitidos em 2021	
DMU1 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	1455	2,58	644	62	100%
DMU2 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	1043	2,66	548	36	100%
DMU3 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	1315	2,66	717	45	100%

Fonte: elaborada pela autora.

Neste Cenário 1 foram combinadas duas entradas e duas saídas, que são todos os *inputs* e *outputs* disponíveis para utilização na DEA. Observa-se neste Cenário 1 que todas as eficiências foram 100%, ou seja, a eficiência total foi atingida por todas as DMU's envolvidas na análise, após implementação dos cálculos da DEA. Conforme a técnica DEA isto significa que para os parâmetros escolhidos e seus respectivos valores no período, as DMU's utilizaram os insumos empregados de tal forma que conseguiram obter um resultado ótimo em comparação uma com a outra. Ou seja, neste caso os insumos foram utilizados da melhor forma possível, comparando entre si as 3 DMU's analisadas no período.

Importante observar que neste cenário as DMUs podem ser separadas em dois períodos extremamente importantes para a análise mais coerente possível: DMU1 está em um período antes da pandemia de COVID19, e as DMUs 2 e 3, no período da pandemia, com a DMU2 estando no início e desenvolvendo os trabalhos dentro de situações consideradas pico da pandemia de COVID19, onde trabalhos de coleta foram totalmente paralisados na SEMACE por um período determinado.

4.2.2 Cenário 2

A seguir é visto na Tabela 8 os resultados do Cenário 2 escolhido para ser investigado:

Tabela 8 – Resultados – *Cenário 2*

DMU	<i>Input1</i>	<i>Output1</i>	Eficiência DEA
	Número de coletas realizadas no período	Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza)	
DMU1 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	1455	644	82,30%
DMU2 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	1043	548	100%
DMU3 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	1315	717	100%

Fonte: elaborada pela autora.

O Cenário 2 tem um *input* e um *output* para cada DMU. Esta possibilidade permite analisar a eficiência de cada DMU quando confrontados apenas tem um *input* e um *output* específico. O Cenário 2 confrontou os *input1* e o *output1* para verificação de eficiência das DMUs. A DMU2 e DMU3 atingiram a eficiência total para este cenário, e a DMU1 teve eficiência relativa de 82,30%. Considera-se este valor uma boa eficiência pois está próxima da fronteira de eficiência total atingida pela DMU2 e DMU3. Assim, neste contexto a técnica DEA entrega o resultado que representa um oportunidade de melhoria da DMU1 quando comparado ao que as DMUs 2 e 3 entregaram de eficiência na utilização de seus *inputs*. Importante ressaltar que a DMU1 corresponde ao único período dentro da análise que não estava sob os efeitos da pandemia de COVID19.

Esta eficiência relativa da DMU1 apresenta evidentemente diferença para a eficiência total de 17,70%. A implementação da DEA através do Excel retornou o resultado direcionado para diminuição do *input1* como forma de atingir a eficiência total, dentro deste cenário. Em termos absolutos representa que a DEA indica que com 258 coletas a menos a DMU1 teria atingido eficiência total, ou seja, teria atingido o resultado do *output1* de 644 pontos próprios para banho, quando comparada ao desempenho das demais DMUs deste cenário.

Entendendo que o número de pontos de coletas em 2019 ainda era de 31, e que em média é feita uma coleta semanal por ponto de coleta segundo a SEMACE (2022), para as praias de Fortaleza, tem-se que esta folga de 258 coletas representa um pouco mais de oito vezes o número de coletas semanais (8,32 vezes conforme cálculo da DEA). Ou seja, um pouco mais dois meses de trabalho, se considerarmos que o mês tem em média quatro semanas. Este período de um pouco mais de dois meses é considerado improdutivo, conforme cálculo da DEA, neste cenário de análise. Portanto, pode-se dizer que a DMU1 realizou trabalho com eficiência total durante 10 meses, dentro deste cenário de análise.

A observação de melhoria deve ser feita sobre os dois meses improdutivos, entendendo que para a Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias de Fortaleza há evidente interesse em maximizar os resultados dos *outputs* deste cenário, pois são relacionados ao número de pontos considerados próprios para o banho.

4.2.3 Cenário 3

A seguir é visto na Tabela 9 os resultados do Cenário 3:

Tabela 9 – Resultados – *Cenário 3*

DMU	<i>Input1</i>	<i>Output2</i>	Eficiência DEA
	Número de coletas realizadas no período	Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2021	
DMU1 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	1455	62	100%
DMU2 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	1043	36	100%
DMU3 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	1315	45	90,16%

Fonte: elaborada pela autora.

O Cenário 3 confrontou a eficiência da DMUs utilizando o *input1* e o *output2*, e dessa vez a eficiência total foi registrada nas DMUs 1 e 2. A DMU3 apresentou 90,16% de eficiência relativa (quando comparada as demais DMUs). Uma alta eficiência apesar de não atingir a fronteira de eficiência total, e que representa a oportunidade de observação sobre a contribuição do *input1* para a produção do *output2*.

A folga calculada no Excel, dentro dos parâmetros da DEA, indicou que com uma diferença absoluta de 130 coletas a menos em relação número de 1315 coletas realizadas em 2021, a DMU3 atingiria a mesma eficiência das DMUs 1 e 2. Considerando, conforme já mencionado, que o número de pontos de coletas a partir de 2020 passou a ser 32, e que em média é feita uma coleta semanal por ponto de coleta segundo a SEMACE (2022), para as praias de Fortaleza, tem-se que esta folga de 130 coletas representa quatro vezes o número de coletas semanais, ou seja, um mês de trabalho.

Em outra perspectiva pode-se dizer que a DMU3 poderia em onze meses atingir os mesmo 45 boletins de balneabilidade emitidos, neste contexto de análise. Então há oportunidade de melhoria de gestão do *input1*, se for do interesse diminuí-lo, e de melhoria do *output2*, se for do interesse manter os mesmo níveis de *input1* e aumentar os resultados maiores de número de boletins publicados, tornando o mês de trabalho improdutivo em produtivo, conforme o que a gestão tivesse de interesse.

Conforme o Relatório do Desempenho da Gestão da SEMACE – 2021, por conta dos efeitos diversos da pandemia de COVID19, alguns serviços relacionados ao Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias foram paralisados por 5 meses, e não foram realizadas coletas neste tempo de paralisação (SEMACE, 2022). E como pode ser observado, o *input1* está relacionado ao número de coletas, e esta DMU3 representa um dos períodos de análise que estão debaixo dos impactos promovidos pela COVID19. Lembra-se, entretanto que os resultados refletem a comparação de eficiência entre as DMUs envolvidas, se por acaso outras DMUs, relacionadas a outros períodos, fossem colocadas na análise, esta DMU1 possivelmente teria outro resultado, podendo até ser de eficiência total.

4.2.4 Cenário 4

A seguir é visto na Tabela 7 os resultados do Cenário 4:

Tabela 10 – Resultados – Cenário 4

DMU	Input2	Output1	Eficiência
-----	--------	---------	------------

	Densidade de Monitoramento da Balneabilidade das Praias de Fortaleza	Balneabilidade - Quantidade de resultados próprios para o banho (Fortaleza)	DEA
DMU1 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	2,58	644	100%
DMU2 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	2,66	548	96,99%
DMU3 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2021	2,66	717	100%

Fonte: elaborada pela autora.

A partir deste Cenário 4 o *input2*, começa ser testado como única entrada nos cálculos de DEA. Este *input* está relacionado a densidade de monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza. É considerado um parâmetro de pouca possibilidade de variação, se for comparado ao *input1* (número de coletas realizadas no período), situação importante de ser considerada para a análise mais apurada do cenário.

Neste cenário apenas a DMU2 não atingiu a eficiência total, sendo que sua eficiência relativa chegou a praticamente 97%, um pouco abaixo da fronteira de eficiência total. Observa-se neste cenário que a DMU2 foi, em termos absolutos, a que teve menor resultado em seu *output*. Ainda é importante ressaltar, que o ano de 2020, período relacionado a DMU2, foi o primeiro ano em que o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias sofre os efeitos da pandemia de COVID19.

Conforme já mencionado nesta dissertação, durante alguns meses, principalmente no ano de 2020, o primeiro da pandemia de COVID19, trabalhos importantes relacionados ao Programa de Monitoramento da Balneabilidade foram suspensos (SEMACE, 2022). Acrescenta-se outra importante informação ao período relacionado a DMU2: foi o primeiro ano em que o número de pontos de coleta, utilizados para análise da balneabilidade das praias de Fortaleza, passa de 31 para 32 pontos. Normalmente, dentro dos cálculos da DEA, ao

aumentar o valor de um *input* espera-se que seja aumentado o resultado do *output*. Neste cenário ocorreu exatamente o contrário, e por isso, a DMU2 não atingiu a eficiência total.

O cálculo feito pelo Excel a partir dos parâmetros da DEA, retornou que esta pequena folga de 3,01% que impediu a DMU2 de atingir a eficiência total, está direcionada para o *input2*, e em termos absolutos representa 0,08; este valor de 0,08 é também igual a diferença entre o valor da densidade de monitoramento da balneabilidade quando ainda eram 31 pontos de coleta e o valor desta densidade quando iniciou a coleta em 32 pontos, ou seja, a diferença entre 2,66 e 2,58.

Tal situação pode indicar que a DEA retornou o cálculo neste cenário informando que para os valores do *output2* o *input2* atinge a máxima eficiência se diminuir em 0,08 o seu valor, ou seja, diminuir para 31 pontos de coleta, para neste cenário as entradas serem melhor aproveitadas, mas que não é o interesse da gestão. Entende-se que este resultado está associado diretamente ao valor do *output2* ser o mais baixo neste cenário, entre as saídas. E isto deve-se aos fatores externos à SEMACE, ocorridos no período de 2020 e já relatados nesta pesquisa.

4.2.5 Cenário 5

A seguir é visto na Tabela 11 os resultados do Cenário 5, o último a ser analisado:

Tabela 11 – Resultados – *Cenário 5*

DMU	<i>Input2</i>	<i>Output2</i>	Eficiência DEA
	Densidade de Monitoramento da Balneabilidade das Praias de Fortaleza	Número de boletins de balneabilidade emitidos em 2021	
DMU1 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2019	2,58	62	100%
DMU2 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias - Período 2020	2,66	36	96,99%
DMU3 - Gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade	2,66	45	96,99%

**das Praias -
Período 2021**

Fonte: elaborada pela autora.

Neste último cenário de análise é observado o confronto entre *input2* e *output2* para análise das DMUs escolhidas nesta amostra. Apenas a DMU1 atingiu a eficiência total. As DMUs 2 e 3 tiveram eficiência relativa idêntica, sendo o valor praticamente de 97% de eficiência. Mesmo valor de eficiência relativa da DMU2 no Cenário 4, onde esta foi a única DMU a não atingir a fronteira de eficiência total. Portanto, nos dois cenários onde o *input2* foi a única entrada designada para as DMUs, a DMU que não atingiu a eficiência total teve o mesmo valor de eficiência relativa que foi de 96,99%.

Ainda pode ser mencionado que neste cenário as duas DMUs que não atingiram a eficiência total estão dentro do período da pandemia de COVID19 e também iniciam a fase de 32 pontos de coleta para a análise de balneabilidade, por isso ambas tem o valor de densidade de monitoramento da balneabilidade de 2,66.

Conforme ocorrido no Cenário 4, que também tem o *input2* como única entrada, os cálculos realizados via *software* do Excel dentro dos parâmetros da DEA, retornou que a melhoria de eficiência deve ser observada no *input2*, indicando folga de 0,08, sendo então esta a meta de diminuição do valor do *input*, para ser atingida a máxima eficiência. Assim, da mesma forma que no Cenário 4, no presente Cenário 5, os cálculos da DEA indicam a mesma diferença entre os valores de densidade, pois a diferença entre 2,66 e 2,58 é de 0,08.

Pode ser dito então que com 31 pontos de coleta, as DMUs 2 e 3 teriam atingido o valor total de eficiência. Entretanto, considerando que praticamente 97% de eficiência relativa é um valor bem alto, pois é bem próximo da fronteira de eficiência total, novamente observa-se que quando o *input2* é a única entrada nos cenários de análise, o impacto de diminuição da eficiência total pode ser classificado como muito leve.

Levantar estas informações sobre a eficiência do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias, com foco em Fortaleza, proporciona a verificação da utilização adequada dos recursos públicos para as finalidades às quais são destinadas. E também serve de observação de pontos a desenvolver ou melhorar para que a qualidade de vida urbana seja cada vez mais desenvolvida.

5 CONCLUSÃO

Nesta seção são desenvolvidas as discussões sobre os cenários, as considerações finais e feitas as recomendações para trabalhos futuros a partir de limitações percebidas pela autora durante a elaboração e conclusão desta pesquisa.

5.1 Discussões – Cenários

A balneabilidade tem sua comprovada importância para o contexto das praias da cidade de Fortaleza visto que sua adequada gestão possibilita resultados múltiplos em diversas esferas estratégicas da cidade, como por exemplo economia, turismo e urbanização.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE desenvolveu o Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias que tem sido seu principal instrumento de gestão da balneabilidade das praias do Ceará, visando a melhoria dos índices de balneabilidade no estado. O referido programa tem uma atuação consistente nas praias de Fortaleza, sendo a costa litorânea que mais é monitorada pelo programa, com coletas de amostra da água sendo feita semanalmente e gerando boletins de balneabilidade também a cada semana, apenas para as praias da capital cearense. Onde atualmente tem-se 32 pontos de coletas, que são realizadas uma vez por semana. As coletas para as demais praias que estão no litoral leste e oeste em relação a cidade de Fortaleza, são feitas mensalmente.

Nesta dissertação foi proposto a análise da eficiência do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias, com foco principal nas praias de Fortaleza. E para tanto foi escolhida a ferramenta de Análise Envoltória de Dados, também chamada de DEA. Esta técnica que está dentro do âmbito da Pesquisa Operacional, permite analisar a eficiência de um grupo de Unidades Produtivas (ou também chamadas Unidades de Decisão) em comparação umas com as outras quando observada os mesmos tipos de insumos (entradas/ *inputs*) e os mesmos tipos de resultados (saídas/ *outputs*) em um específico cenário de análise. As Unidades Produtivas são denominadas de DMU.

Optou-se nesta pesquisa por uma amostra a respeito do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias dentro do período de 2019 a 2021, para a determinação dos valores de entradas e saídas, e tipos de DMUs para análise de eficiência. O período de 2019 a 2021 refere-se a um momento de grande importância para o programa analisado nesta pesquisa, pois mudanças estratégicas dentro do programa, como a transição para o novo ciclo do Plano Plurianual da SEMACE (PPA), o PPA para o quadriênio 2020-

2023, trouxeram novas perspectivas e novos desafios a serem superados pela SEMACE. Além disso, neste período de 2019 a 2021 o ambiente externo de influência da SEMACE sofreu influências significativas por conta da pandemia de COVID19, onde atividades importantes diretamente ligadas à balneabilidade foram afetadas.

Diante dos objetivos propostos para a presente pesquisa foram designadas variáveis pertinentes à análise de eficiência do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias, com foco em Fortaleza. Estas variáveis constituíram os valores das entradas e saídas de cada DMU. As DMUs escolhidas referiram-se a cada ano corrente de gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias. E no intuito de elucidar de forma mais ampla possível o que os dados disponíveis poderiam repassar de informações, foram feitas combinações diferentes entre entradas e saídas de cada DMU, gerando assim cinco cenários de análise.

Observando cada cenário em particular pode-se concluir assim sobre cada um deles:

- a) **Cenário 1:** todas as DMUs tiveram 100% de eficiência calculada pela DEA; em um cenário de comparação envolvendo todas as duas entradas e as duas saídas disponíveis para a amostra desta pesquisa, a fronteira de eficiência total foi atingida por todas, então as mudanças internas do programa e os acontecimentos significativos no ambiente externo não afetam a eficiência total. Neste cenário conclui-se a falta de necessidade de intervenções da gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias para melhoria da eficiência, pois ela já está atingida em sua totalidade; apenas a manutenção dos níveis de resultados contribui para a continuidade de eficiência total atingida por cada período de gestão analisado.
- b) **Cenário 2:** DMU1, relacionada ao período de 2019, teve eficiência relativa de 82,30%; é a menor eficiência atingida considerando todos os cenários propostos, e mesmo assim pode ser considerada alta, dada que fica a menos de 20% da eficiência total. A DMU1 se comparada a DMU3, teve mais coletas e menos resultados de pontos próprios para o banho. Mesmo a DMU1 referindo-se a um momento ainda não influenciado pela pandemia de COVID19. Observa-se então que no período referente à DMU1 muitos pontos foram impróprios para o banho. Entende-se que um número significativo de pontos impróprios para o banho deve ser melhor

investigado e alvo de intervenções de políticas públicas que permitam a melhoria do índice de balneabilidade das praias, devem ser implementados. Neste caso é importante observar se no primeiro semestre do ano de 2019 já havia indicadores de um grande número de praias impróprias para o banho e quais medidas de intervenção deveriam ser tomadas. Acredita-se também que a análise profunda de um cenário deste permitirá à gestão do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias tomar decisões preventivas em outros cenários futuros que se apresentarem de forma semelhante (por exemplo, um alto número de pontos impróprios para o banho no primeiro semestre do ano).

- c) **Cenário 3:** apenas DMU3 não atingiu a eficiência total, entretanto obteve uma eficiência relativa de valor alto, sendo 90,16%. Nota-se neste cenário que a DMU3 apesar de ter aumentado significativamente o número de coletas em relação a DMU2, não conseguiu produzir de forma também consistente um número maior de boletins de balneabilidade. Conclui-se que apesar do valor alto de eficiência relativa esta DMU3 oportuniza a necessidade de investigar melhor a relação da atividade de coleta de amostras para análise de balneabilidade e boletins emitidos, a fim de verificar se algum desperdício de recurso é percebido na realização destas atividades.
- d) **Cenário 4:** a DMU2 foi a única que não atingiu a eficiência total; entretanto, pode-se considerar muito alto o valor desta eficiência relativa de 96,99%. Indicando que as mudanças no número de pontos de coletas tem impacto leve em resultados do número de locais próprios para o banho. Entende-se que os impactos gerados pela pandemia de COVID19 foram determinantes para este resultado neste cenário, mas que ainda assim a eficiência relativa foi muito alta, concluindo que possíveis intervenções para melhoria dos índices poderiam ter sido de forma moderada que já atingiriam resultados de eficiência total. Conclui-se aqui que o impacto de mudanças na densidade de monitoramento da balneabilidade ainda pouco influencia nas mudanças de resultados da eficiência.
- e) **Cenário 5:** neste último cenário as DMUs 2 e 3 tiveram, a exemplo do que ocorreu no Cenário 4 (mas apenas com a DMU2), eficiência relativa de

valor 96,99%. Neste caso só com DMUs relacionadas ao período da COVID19, denotando que a combinação do aumento da densidade de monitoramento das praias de Fortaleza e o período de pandemia de COVID19, não afetaram de forma significativa a eficiência do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias, sendo considerado muito alto o valor da eficiência relativa atingida pelas DMUs 2 e 3, ficando só um pouco abaixo da fronteira de eficiência total. Conclui-se que intervenções moderadas, em termos de políticas públicas, já poderiam gerar resultados significativos para o alcance da eficiência total.

A seguir é apresentada a seção de considerações finais a respeito de todo o apanhado de análise feito em todos os cenários propostos.

5.2 Considerações finais

Analisando então, de forma global, os cenários propostos para a tabulação de resultados desta pesquisa entende-se que a eficiência do Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias, com foco de análise na cidade de Fortaleza, teve níveis altos de eficiência. Dentre todos os cenários analisados a menor de todas as eficiências registradas nos cálculos da Análise Envoltória de Dados foi de 82,30% (DMU1 do Cenário 2). Isto indica que mesmo com as combinações propostas de *inputs* e *outputs* que proporcionaram cenários diferentes de perspectivas de análise, e portanto maior levantamento de informações sobre a eficiência do referido monitoramento alvo desta pesquisa, os valores finais de eficiência relativa (que ficam abaixo da eficiência total de 100%) são considerados muito altos.

Conclui-se aqui então que os objetivos geral e específicos propostos nesta pesquisa foram atendidos, pois os dados sobre o monitoramento da balneabilidade das praias de Fortaleza foram tratados pela técnica de Análise Envoltória de Dados, e posteriormente a análise qualitativa com conclusões a respeito da amostra escolhida para estudo foi realizada.

Ainda pode-se dizer que a questão de pesquisa proposta (O monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza entre os anos 2019 e 2021 pode ser considerado eficiente?) foi respondida com os resultados apurados quantitativamente e analisados qualitativamente, pois é possível concluir que monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza entre os anos 2019 e 2021 foi considerado eficiente com altos índices de eficiência registrada pela implementação da DEA em vários cenários de análise desta pesquisa.

Observa-se que, dado os resultados de eficiência relativa (os que foram abaixo de 100%) intervenções corretivas devem ser implementadas pela gestão pública, principalmente investigando causas gerenciáveis da falta de eficiência total, para reduzir um alto número de resultados de praias impróprias para o banho, em um dado período; ou intervenções preventivas, quando oportuno, a partir de resultados satisfatórios para manter bons índices de balneabilidade. O monitoramento da balneabilidade da costa marítima de Fortaleza tem, ainda assim, oportunidades de melhoria para que os níveis satisfatórios de resultados observados nesta pesquisa sejam mantidos e progressivamente melhorados, consequentemente várias dimensões da sociedade fortalezense ganhará com sua crescente eficiência.

Segue-se então para a seção de recomendações para trabalhos futuros, dada as limitações observadas diante das possibilidades de exploração do tema desta pesquisa.

5.3 Recomendações para trabalhos futuros

Considera-se para a ampla maioria dos trabalhos de pesquisa a delimitação de uma amostra de estudo que permite o aprofundamento da investigação e o levantamento consistente de novas informações sobre a realidade estudada. Entretanto, tal delimitação de amostra a ser estudada traz consequentemente limitações observadas durante o desenvolvimento da investigação científica.

Portanto, foi observado na presente pesquisa que para trabalhos futuros é importante verificar a possibilidade de aplicar a Análise Envoltória de Dados utilizando como DMUs os três setores de coleta das praias de Fortaleza, juntamente com as praias do litoral leste e oeste do estado do Ceará.

Acrescenta-se a isso a indicação de inserir informações sobre valores específicos de orçamento público destinado ao Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias, dividindo o direcionamento de investimento para cada setor de coleta do programa em Fortaleza. Tais ampliações podem contribuir efetivamente para levantamento de novas informações a respeito da balneabilidade das praias.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR: 150 km da rede de drenagem de Fortaleza deverão ser inspecionados por videomonitoramento: prefeitura lançou edital para empresa que execute a ação, que deverá servir para fiscalizar ligações clandestinas e diminuir o despejo irregular em rios e mares. **Jornal OPovo**, Fortaleza, 11 jun. 2021. Caderno Notícias. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2021/06/11/150-km-da-rede-de-drenagem-de-fortaleza-deverao-ser-inspecionados-por-videomonitoramento.html>. Acesso em: 10 jan. 2023, 22:10.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A Zona Costeira e seus múltiplos usos**. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/zona-costeira-e-seus-m%C3%BAltiplos-usos>. Acesso em: 25 mai. 2022.
- ANDRADE, Rony Iglecio Leite de. **Dinâmicas e conflitos na zona costeira de Aquiraz: porto das dunas e prainha em análise**. 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2008.
- ARRUDA, Regina de Oliveira Moraes *et al.* Análise geoambiental aplicada ao estudo da relação entre qualidade da água e ocupação das margens da represa Guarapiranga (São Paulo/SP), entre 2004 e 2014. **Revista Ung – Geociências**, Guarulhos, v. 15, n. 1, p. 77-93, 2016.
- BARROS, Nilson Cortez C. de. **Manual de Geografia do Turismo: meio ambiente, cultura e paisagens**. Recife: Editora Universitária da UEPE, 1988.
- BARROSO, Daniel Assis. **Diagnóstico da balneabilidade do litoral norte do Rio Grande do Sul no período de 2007 a 2017**. 2019. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais, Universidade La Salle, Canoas, 2019.
- BERG, Carlos Henrique; GUERCIO, Mary Jerusa; ULBRICHT, Vânia R.. INDICADORES DE BALNEABILIDADE: a situação brasileira e as recomendações da World Health Organization. **International Journal Of Knowledge Engineering And Management**. Florianópolis, p. 83-101. out. 2013.
- BEZERRA, S. de A. *et al.* Dynamic evaluation of the energy efficiency of environments in brazilian university classrooms using DEA. **Sustainability**, [s.l.], v. 9, n. 12, p.2373-2386, 20 dez. 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2373/htm#>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- BITAR, O.Y; ORTEGA, R.D. Gestão Ambiental. *In*: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Org.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Cap.32, p.499-508.
- BRASIL. **Decreto Nº 5.300 de 7 de Dezembro de 2004**. Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. 1. ed. Brasília, DF, 8 dez. 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5300.htm. Acesso em:

20 dez. 2022.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/areasprotegidasecoturismo/sistema-nacional-de-unidades-de-conservacao-da-natureza-snuc>. Acesso em: 15 jan. 2023.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Resolução Conama, Brasília, DF, Seção 1, p. 2548-2549, 17 fev. 1986. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, DF, 25 jan. 2001, n. 18, Seção 1, p. 70-71.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2018.

CAMPOS, A. A.; MONTEIRO, A. Q.; NETO, M. C.; POLETTE, M (coord.). **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada**. Fortaleza: AQUASIS - Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistema Aquático / Editora Pouchain Ramos, 2003. 292 p.

CASADO, Frank Leonardo; SOUZA, Adriano Mendonça. Análise Envoltória de Dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na Educação Superior. **Revista Sociais e Humanas: Universidade Federal de Santa Maria | Centro de Ciências Sociais e Humanas**, Santa Maria/RS, v. 20, n. 1, p. 59-71, jan. 2007. Semestral.

COELHO, Maria do Carmo Nascimento. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. *In*: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 19-45.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **O que é o CONAMA?** Brasília: CONAMA, 2018. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>. Acesso em: 28 dez. 2022.

COSTA, Renata Aparecida *et al.* A gestão ambiental aplicada ao condomínio Riviera de São Lourenço, município de Bertioga – SP, e seus reflexos no índice de balneabilidade da Praia de São Lourenço. **Revista Ung – Geociências**, Guarulhos, v. 15, n. 1, p. 94-109, jan. 2016.

DIAS, R. L.; OLIVEIRA, R. C. **Zoneamento geoambiental do litoral sul do Estado de São Paulo**. Geografia, Rio Claro, v. 38, n. 2, p. 371-383, 2013.

DEVLIN, Michelle *et al.* Baseline assessment of coastal water quality, in Vanuatu, South Pacific: insights gained from in-situ sampling. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 160, n. 1, p. 111651-0, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111651>.

FERREIRA, Kássia Crislayne Duarte; ANDRADE, Marcus Vinicius; COSTA, Adriana Guimarães. A influência do lançamento de efluentes de galerias pluviais na balneabilidade da Praia do Futuro em Fortaleza-CE. **Conexões: Ciência e Tecnologia (IFCE)**, Fortaleza, v. 7, n. 13, p. 9-17, nov. 2013. Semestral.

GIBERT, Karina *et al.* Environmental Data Science. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 106, n. 1, p. 4-12, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.04.005>.

GODOI, Evelyn Loures de. **Monitoramento de água superficial densamente poluída: o Córrego Pirajuçara, região metropolitana de São Paulo, Brasil**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Área de Tecnologia Nuclear – Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-17082009-092617/publico/EvelynLouresDeGodoi.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

GRAND, A. Le *et al.* Assessment and monitoring of water quality of the gulf of Morbihan, a littoral ecosystem under high anthropic pressure. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 124, n. 1, p. 74-81, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.003>.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L.. Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 81-89, jan. 2003. Semestral. Disponível em: https://www.ufrgs.br/gravel/1/Gravel_1_07.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.

GUERRA, Antônio José Teixeira; COELHO, Maria Célia Nunes. **Unidades de conservação: abordagens e características geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HIRAI, Fabio Muller; PORTO, Monica Ferreira do Amaral. Metodologias de Previsão de Balneabilidade e sua Aplicação na Gestão da Qualidade da Água Destinada à Recreação. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 339-345, 2014. Trimestral.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE . **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 176 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (org.). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/24072-municipios-defrontantes-com-o-mar.html?edicao=31092&t=downloads>. Acesso em: 15 jan. 2023.

KAWAKUBO, F. S.; LUCHIARI, A.; MORATO, R. G. **Análise comparativa das imagens TM/LANDSAT 5 e HRV-SPOT no mapeamento da cobertura vegetal no litoral sul do estado de São Paulo**. Geografia, v. 28, n. 2, p. 279-289, 2003.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A. **Recursos hídricos e saneamento**. In: Seminário Saneamento Ambiental (2008: Rio Negrinho), Rio Negrinho: ACIRNE, Anais, 2008.

LEMOS, Clara Carvalho de *et al.* A sustentabilidade ambiental da Praia do Futuro, em Fortaleza-Ceará, no desenvolvimento da atividade turística. **Revista do Centro de Ciências Administrativas**: UNIFOR, Fortaleza, v. 2, n. 8, p. 125-130, dez. 2002. Semestral.

LI, H.Y. *et al.* Remote sensing investigation of anthropogenic land cover expansion in the low-elevation coastal zone of Liaoning Province, China. **Ocean & Coastal Management**, [s.l.], v. 148, n. 1, p. 245-259, nov. 2017. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.08.007>.

LIMA, E. Q.; AMARAL, R. F. Vulnerabilidade da zona costeira de Pititinga/RN, Brasil. **Revista Mercator**, v. 12, n. 28, p. 141-153, 2013.

MARTINS, Livia Maria de Medeiros *et al.* Análise dos parâmetros de balneabilidade: um estudo de caso sobre as praias dos municípios de João Pessoa e Cabedelo/PB. **Inter Scientia**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 116-128, jun. 2017.

MEIRELES, A. J. A. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície Costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 2, v.1, p. 2008.

MERKERT, R.; ASSAF, A. G. Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – evidence from international airports. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 75, n. 1, p.42-50, maio 2015.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.008>.

MOURA, Luiz Henrique Amorim; BOAVENTURA, Geraldo Resende; PINELLI, Marcelo Pedrosa. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do gama - distrito federal: bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, [s.l.], v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010000100018>.

MOURA, Danieli Veleda. **Proteção legal e danos a zona costeira brasileira**. 2009. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2009-jun-24/protecao-legal-instrumentos-prevencao-danos-zona-costeira>. Acesso em: 27 maio 2020.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara, 1988.

ONU, United nations, department of economic and social affairs The United Nations. **Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012**. Disponível em: <https://www.un.org/en/essential-un/>. Acesso em 10 junho 2020.

PAULA, A. S. D.; BARROS, O. N. F.; CAINZOS, R. L. P.; RALICHI, R. Dinâmica da ocupação e uso do solo em Londrina (PR): um olhar sobre a interface urbano-rural. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 17, v.1, 2013.

PÉRICO, A. E.; SANTANA, N. B.; REBELATTO, D. A. do N. Eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros: uma análise envoltória de dados com bootstrap. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 370-381, 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1810-15>.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 274 p.

QUEIROZ, Alexandre. Planejamento e metropolização do lazer marítimo em Fortaleza-Ceará, Nordeste do Brasil. **Eure (Santiago)**, [s.l.], v. 43, n. 128, p. 153-173, jan. 2017. Pontificia Universidad Catolica de Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612017000100007>.

QUEIROZ, Carlos Petronio de Souza; RUBIM, Maria Anete Leite. Avaliação da condição de balneabilidade na orla urbana de Manaus/AM/Brasil. **Scientia Amazonia**, Manaus, v. 5, n. 2, p. 24-33, jun. 2016. Anual.

RIBEIRO, Maria Lúcia; LOURENCETTI, Carolina; PEREIRA, Sueli Yoshinaga; MARCHI, Mary Rosa Rodrigues de. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, [s.l.], v. 30, n.3, p. 688-694, jun. 2007. FapUNIFESP (SciELO).

RIOS, Roberta de Lavor. **Aspectos socioambientais do turismo na praia do porto das dunas nos município de Aquiraz**. 2006. 147 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

RODRIGUES, Frederico do Nascimento. **Turismo e meio ambiente: da inserção dos resorts à (in) sustentável gestão ambiental no Porto das Dunas, Aquiraz/ce**. 2016. 168 f. Tese (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

RUCKELSHAUS, Mary *et al.* Harnessing new data technologies for nature-based solutions in assessing and managing risk in coastal zones. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 51, n. 1, p. 101795-101825, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101795>.

SANROMUALDO-COLLADO, Abel *et al.* Spatiotemporal analysis of the impact of artificial beach structures on biogeomorphological processes in an arid beach-dune system. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 282, n. 1, p. 111953-111963, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111953>.

SANTOS, Gilmar O.; HERNANDEZ, Fernando B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 60-68, jan. 2013. FapUNIFESP (SciELO).

SEMACE (org.). **Relatório do Desempenho da Gestão de 2019**. Fortaleza: Semace, 2020. 79 p.

SEMACE (org.). **Relatório do Desempenho da Gestão de 2020**. Fortaleza: Semace, 2021. 106 p.

SEMACE (org.). **Relatório do Desempenho da Gestão de 2021**. Fortaleza: Semace, 2022. 95 p.

SEMACE, Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará (org.). **Programa de Monitoramento da Balneabilidade das Praias**. 2019. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/monitoramento/balneabilidade-das-praias/>. Acesso em: 20 dez. 2022.

SEUMA, Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (org.). **Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Fortaleza**. Fortaleza: Seuma, 2015. 232 p.

SILVA, Débora Raquel Freitas da. Unidades de conservação na zona costeira cearense: reconhecendo a realidade da reserva extrativista do Batoque-Aquiraz/CE. *In: ENCUESTRO DE GEOGRAFOS DE AMÉRICA LATINA*, 14., 2013, Lima. **Anais...** Lima: Observatório Geográfico de América Latina, 2013.

SILVA, I. R.; BITTENCOURT, A. C. D. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MELLO, S. B. **Uma contribuição à gestão ambiental da Costa do Descobrimento (litoral sul do Estado da Bahia)**: Avaliação da qualidade recreacional das praias. *Geografia*, v. 28, n. 3, p. 397-414, 2008.

SILVA, J. S.; FARIAS FILHO, M. S. Instrumentos legais de prevenção de impactos ambientais na Zona Costeira: estratégias integradas de gestão territorial. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental**, v. 32, n. 2, p. 7-25, 2015.

SILVA, Janilci Serra. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 07-24, mar. 2019.

THORNE-MILLER, B. **The Living Ocean: Understanding and Protecting Marine Biodiversity**. 2. ed. Island Press, Washington D.C., 1999. 214 p.

VASCONCELOS, F. P.; CORIOLANO, L. N. M. T. Impactos Sócio-Ambientais no Litoral: Um Foco no Turismo e na Gestão Integrada da Zona Costeira no Estado do Ceará/Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management**, vol. 8, núm. 2, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340124019>. Acesso em: 22 fev. 2023.

VALIELA, I. Ecology of Coastal Ecosystems. *In: BARNES, R. S.; MANN, K. H. (Eds.). Fundamentals of Aquatic Ecology*. 2. ed. Blackwell Science, Oxford, 1991.

WARD, R. C.; LOFTIS, J. C.; MCBRIDE, G. B. **Design of water quality monitoring systems**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990. 231 p.

YOUNG, H. P. Preservação ambiental: Uma retórica no espaço ideológico da manutenção do capital. **Revista FAE**, v.4, p.25-36, 2001.

ZHENG, Zihao *et al.* Exploration of eco-environment and urbanization changes in coastal zones: a case study in China over the past 20 years. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 119, n. 1, p. 106847-106862, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106847>.

ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 274/2000

de 29 de novembro de 2000 (Publicada no D.O.U. Nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71)

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 274, 29.11.2000 (D.O.U. 25.01.01)

Correlações:

· **Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução no 20/86 (revogada pela Resolução no 357/05)**

**DEFINE OS CRITÉRIOS DE
BALNEABILIDADE EM ÁGUAS
BRASILEIRAS.**

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA,

no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei no 6938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto na Resolução CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986 e em seu Regimento Interno, e

Considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade;

Considerando a necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário;

Considerando que a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) recomendam a adoção de sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas, resolve:

Art. 1º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- a) águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50‰;
- b) águas salobras: águas com salinidade compreendida entre 0,50‰ e 30‰;
- c) águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰;

d) coliformes fecais (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β-galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras

semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica;

e) *Escherichia coli*: bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas β -galactosidase e β -glicuronidase. Cresce em meio completo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente;

f) Enterococos: bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais como: capacidade de crescer na presença de 6,5% de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies dos *Enterococcus* são de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais;

g) floração: proliferação excessiva de microorganismos aquáticos, principalmente algas, com predominância de uma espécie, decorrente do aparecimento de condições ambientais favoráveis, podendo causar mudança na coloração da água e/ou formação de uma camada espessa na superfície;

h) isóbata: linha que une pontos de igual profundidade;

i) recreação de contato primário: quando existir o contato direto do usuário com os corpos de água como, por exemplo, as atividades de natação, esqui aquático e mergulho.

Art. 2o As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1o As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;

b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;

c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2o Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3o Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

§ 4o As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;

- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

§ 5o Nas praias ou balneários sistematicamente impróprios, recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.

Art. 3o Os trechos das praias e dos balneários serão interditados se o órgão de controle ambiental, em quaisquer das suas instâncias (municipal, estadual ou federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação de contato primário justifica a medida.

§ 1o Consideram-se como passíveis de interdição os trechos em que ocorram acidentes de médio e grande porte, tais como: derramamento de óleo e extravasamento de esgoto, a ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas ou outros organismos e, no caso de águas doces, a presença de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.

§ 2o A interdição e a sinalização, por qualquer um dos motivos mencionados no caput e no § 1o deste artigo, devem ser efetivadas, pelo órgão de controle ambiental competente.

Art. 4o Quando a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou em consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no boletim de condição das praias e balneários, assim como qualquer outra que o órgão de controle ambiental julgar relevante.

Art. 5o A amostragem será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários, a critério do órgão de controle ambiental competente.

Parágrafo único. A amostragem deverá ser efetuada em local que apresentar a isóbata de um metro e onde houver maior concentração de banhistas.

Art. 6o Os resultados dos exames poderão, também, abranger períodos menores que cinco semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, cinco amostras durante o tempo mencionado, com intervalo mínimo de 24 horas entre as amostragens.

Art. 7o Os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial-INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição.

Art. 8º Recomenda-se aos órgãos ambientais a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações.

Art. 9º Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a divulgação das condições de balneabilidade das praias e dos balneários e a fiscalização para o cumprimento da legislação pertinente.

Art. 10. Na ausência ou omissão do órgão de controle ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA atuará, diretamente, em caráter supletivo.

Art. 11. Os órgãos de controle ambiental manterão o IBAMA informado sobre as condições de balneabilidade dos corpos de água.

Art. 12. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios articular-se-ão entre si e com a sociedade, para definir e implementar as ações decorrentes desta Resolução.

Art. 13. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores às sanções previstas nas Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981; 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto no 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 15. Ficam revogados os arts. nos 26 a 34, da Resolução do CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986.

JOSÉ SARNEY FILHO - Presidente do Conama

JOSÉ CARLOS CARVALHO - Secretário-Executivo

NOTA: Republicada por trazer incorreções (versão original no DOU no 5, de 08/01/01, pág. 23).

Este texto não substitui o publicado no DOU, de 25 de janeiro de 2001