



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

FRANCISCA CINTIA SILVA DO NASCIMENTO

**EFEITO DA ENGORDA ARTIFICIAL DAS PRAIAS DO MEIRELES E IRACEMA
SOBRE AS CONDIÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA.**

**FORTALEZA
2022**

FRANCISCA CINTIA SILVA DO NASCIMENTO

EFEITO DA ENGORDA ARTIFICIAL DAS PRAIAS DO MEIRELES E IRACEMA SOBRE AS
CONDIÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Michael Barbosa Viana

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N1e NASCIMENTO, FRANCISCA CINTIA SILVA DO.
 EFEITO DA ENGORDA ARTIFICIAL DAS PRAIAS DO MEIRELES E IRACEMA SOBRE
 AS CONDIÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA. / FRANCISCA CINTIA SILVA DO
 NASCIMENTO. – 2022.
 47 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto
 de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2022.
 Orientação: Prof. Dr. Michael Barbosa Viana .
1. Águas salinas. 2. Dragagem. 3. Coliformes Termotolerantes. 4. pH. I. Título.

CDD 333.7

FRANCISCA CINTIA SILVA DO NASCIMENTO

EFEITO DA ENGORDA ARTIFICIAL DAS PRAIAS DO MEIRELES E IRACEMA
SOBRE AS CONDIÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em: __/__/__.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Michael Barbosa Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Pereira Marques Neto
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/CE)

MSc. Francisco das Chagas Gomes da Silva Junior
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais, Alice e Edilson.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto MAPRIM, as instituições UFC e LABOMAR pelo auxílio pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa durante toda a graduação.

Ao Prof. Dr. Michael Barbosa Viana, pelas valiosas contribuições e paciência durante todo o processo.

Aos participantes da banca examinadora Francisco Pereira Marques Neto e Prof. Francisco das Chagas Gomes da Silva Junior pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A toda equipe do Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água, Candido, Ravena, Beatriz, Glemilson, Guilherme, Mário, Misael, Neto, Nicolas, Soraia e Victória, vocês foram imprescindíveis nas análises e desenvolvimento desse trabalho. Em especial a minha amiga Isabelle por ter me ensinado toda a base das análises e funcionamento do laboratório.

Aos meus amigos do curso de graduação, em especial Victória, Janaína, Hivila, João Pedro, Wailer e Pedro que compartilharam dos inúmeros desafios e sempre estiveram ao meu lado me apoiando e me incentivando mesmo diante as adversidades, amo vocês demais.

Aos meus pais Alice e Edilson por todo apoio e incentivo desde sempre, por acreditarem no meu potencial e por serem meu alicerce durante toda a minha vida, essa conquista é para vocês.

Agradeço aos amigos da vida Luthyane, Henrique e Adriana que sempre me incentivaram, acreditaram no meu potencial mesmo quando eu mesma duvidei e por nunca me deixaram desistir.

“

Ó imensidão azul [...]

Ó vasto mar sem fim [...]

Vim mergulhar em ti [...]

Para encontrar a mim (ARMANDINHO,
2015).

RESUMO

Recentemente, as praias do Meireles e de Iracema passaram pelo processo de aumento artificial da faixa de areia. Esta intervenção pode alterar temporária ou definitivamente a qualidade da água e, conseqüentemente, causar impactos negativos sobre habitats da fauna e flora marinhas. Este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da referida obra sobre as condições de qualidade da água e saber se esses efeitos alteram a classe em que este corpo d'água está enquadrado conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas de classe 1. Foram realizadas três campanhas oceanográficas: antes, durante e após um ano do término da obra, em 12 estações oceanográficas diferentes, onde foram coletadas amostras de superfície e fundo. As metodologias utilizadas na amostragem e nas determinações de laboratório são cientificamente reconhecidas. As médias de pH, em todos os pontos da superfície, excederam suavemente o valor máximo permitido, com os valores médios variando entre $8,97 \pm 0,11$ e $8,93 \pm 0,07$, o que não apresenta danos significativos à ecologia marinha ou à saúde humana. As concentrações médias de OD ficaram sempre acima do valor mínimo exigido, para todas as campanhas. Para carbono orgânico total (COT), apenas uma amostra da fase inicial excedeu o valor máximo permitido (VMP). Nenhuma amostra analisada ultrapassou o VMP para coliformes termotolerantes, conservando as condições próprias para banho, entretanto excedendo o VMP para cultivo de moluscos bivalves com concentrações médias variando entre $78,33 \pm 191,88$ e $130 \pm 318,43$ org/100 mL. Todas as amostras analisadas para materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis foram "virtualmente ausentes", independentemente da fase de estudo. Conforme os resultados, é possível afirmar que, até a última campanha, a obra não impactou consideravelmente a classe do corpo d'água.

Palavras-chave: Águas salinas; Dragagem; Coliformes Termotolerantes; pH.

ABSTRACT

Recently, the beaches of Meireles and Iracema underwent the process of artificially increasing the sand strip. This intervention can temporarily or permanently change the quality of the water and, consequently, cause negative impacts on marine fauna and flora habitats. This work aims to evaluate the effects of that work on the water quality conditions and to know if these effects change the class in which this body of water is framed according to CONAMA Resolution nº 357/2005 for class 1 saline waters. Three oceanographic campaigns were carried out: before, during and one year after the completion of the work, in 12 different oceanographic stations, where surface and bottom samples were collected. The methodologies used in sampling and laboratory determinations are scientifically recognized. Mean pH concentrations at all points on the surface smoothly exceeded the maximum allowed value, with mean values ranging between 8.97 ± 0.11 and 8.93 ± 0.07 , which was not presents significant damage to marine ecology or human health. The average DO concentrations were always above the minimum required value for all campaigns. For total organic carbon (TOC), only one sample from the initial phase exceeded the maximum allowable value (MPV). No sample analyzed exceeded the VMP for thermotolerant coliforms, keeping the conditions suitable for bathing, however exceeding the VMP for the cultivation of bivalve molluscs with mean values ranging between $78,33 \pm 191,88$ and $130 \pm 318,43$ org/100 mL. All samples analyzed for floating materials, oils and greases, substances that produce odor and turbidity, dyes from human sources and objectionable solid waste were “virtually absent”, regardless of the study phase. According to the results, it is possible to affirm that, until the last campaign, the work did not significantly impact the water body class.

Keywords: saline waters; Dredging; thermotolerant coliforms; pH.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Localização da obra de recuperação da engordada da Praia de Iracema e construção da engorda da Beira Mar e da área de Jazida da Plataforma Continental de Fortaleza, Ceará	26
Figura 2	- (A) garrafa de Van Dorn de 5L sendo lançada ao mar na estação oceanográfica. (B) garrafa sendo retirada do mar após a coleta. (C) transferência de amostra da garrafa Van Dorn para a garrafa de polipropileno, a qual era encaminhada ao laboratório para análise...	28
Figura 3	- (A) garrafa de Van Dorn de 10L sendo lançada ao mar da estação oceanográfica. (B) garrafa sendo retirada do mar após a coleta. (C) transferência de amostra da garrafa de Van Dorn para a garrafa de polipropileno, a qual era encaminhada ao laboratório para análise...	28
Figura 4	- Etapa de acondicionamento dos frascos em isopores com gelo, após a amostragem	30
Figura 5	- Concentrações médias de pH e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e área jazida	36
Figura 6	- Concentrações médias de oxigênio dissolvido e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e área jazida	37
Figura 7	- Concentrações médias de carbono orgânico total e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e área jazida	38
Figura 8	- Concentrações médias de coliformes termotolerantes e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e área jazida	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas geográficas de todas as estações oceanográficas utilizadas para coleta de água.....	27
Tabela 2 – Materiais, volumes e métodos de preservação das amostras utilizados para cada análise de carbono e coliforme termotolerantes.....	29
Tabela 3 – Limites de quantificação (L.Q.), unidade e referência das técnicas analíticas para determinação de cada variável analisada.....	31
Tabela 4 – Concentrações médias das condições de qualidade de água e desvios padrão (valores seguidos por \pm), resultado das análises virtuais, em águas de subsuperfície e de fundo, em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro.....	34
Tabela 5 – Concentrações médias dos padrões de qualidade e desvio padrão, em águas de subsuperfície e de fundo, em cada campanha oceanográfica, para a área da jazida	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Engorda Artificial de Praia.....	17
3.2	Processo de Dragagem	17
3.3	Potencial Hidrogeniônico (pH)	19
3.4	Oxigênio Dissolvido	20
3.5	Carbono Orgânico Total	21
3.6	Coliformes Termotolerantes	22
3.7	Parâmetros de análise virtual	23
3.8	Águas salinas de Classe I na Resolução CONAMA nº 357/2005	24
4	MATERIAS E MÉTODOS	26
4.1	Caracterização da área de estudo	26
4.2	Caracterização e Descrição dos Sítios de Amostragem	27
4.3	Amostragem em Campo	28
4.4	Armazenagem e Preservação das Amostras	30
4.5	Determinação analítica	31
4.6	Análise de dados	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1	pH	36
5.2	Oxigênio Dissolvido	37
5.3	Carbono Orgânico Total	38
5.4	Coliformes Termotolerantes	38
5.5	Parâmetros de análise virtual	40
5.6	Análise dos Resultados perante a Resolução CONAMA nº 357/2005	40
6	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	44

ANEXO A – CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA, ESTABELECIDOS NA RESOLUÇÃO CONAMA No 357/2005 PARA ÁGUAS SALINAS DE CLASSE 1.....	47
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira do estado do Ceará possui uma ocupação como a maioria das áreas desse tipo do Brasil, em que houve um avanço descontrolado e constante das construções nessa região (OLIVEIRA, 2010). Como consequência, essas zonas sofrem fortes erosões e, portanto, dependem de intervenções humanas com a finalidade de conter as pressões antrópicas ou naturais que passam a sofrer (OLIVEIRA, 2010).

O procedimento de engorda artificial da praia se presta à adição de grande quantidade de areia – advindas do fundo do mar ou da extração feita em outras praias – na parte da linha da costa, a fim de promover a extensão da faixa de areia, a elevação e a proteção de uma área consideravelmente afetada e que sofre o risco de ficar submersa, bem como de afetar casas e/ou a infraestrutura da orla (DEAN, 2005).

Recentemente, parte da orla de Fortaleza passou por obras requalificação, onde uma das etapas desse projeto foi a engorda das Praias de Iracema e do Meireles, etapa que se iniciou em outubro de 2019 e fora concluída em novembro de 2019. De acordo com Peterson (2005), o transporte de sedimentos da face da praia, mudança na dinâmica do ecossistema, dentre outros processos físicos decorrente da obra de engorda podem provocar diversos impactos ao ambiente marinho. Os habitats costeiros da praia podem ser facilmente degradados através desse processo, seja no aspecto biótico ou abiótico. Dentre esses aspectos, podem-se incluir os efeitos causados às condições de qualidade da água na área de influência da obra.

De acordo com a Resolução N. 357 do CONAMA, condições de qualidade de água é definido como qualidade que um corpo hídrico apresenta em um determinado momento no que diz respeito ao seu possível uso e que seja suficientemente seguro (BRASIL, 2005). O corpo d'água localizado na área de estudo é classificado como água salina de Classe I e, conseqüentemente, tem as seguintes variáveis incluídas na lista de condições de qualidade de água: pH, oxigênio dissolvido, carbono orgânico total, coliformes termotolerantes, e efeito ecotoxicológico crônico. Com exceção desta última, todas as outras condições de qualidade de água serão abordadas no presente trabalho.

O pH é um parâmetro muito específico em ambientes aquáticos e é determinante em muitos fenômenos físicos, químicos e biológicos. Dependendo de

seu valor, o pH pode exercer uma grande influência na toxicidade de outros compostos, como o aumento de sulfeto de hidrogênio (H₂S) e metais pesados, que possuem a tendência a se redissolver em ambientes ácidos, tornando-os mais tóxicos e biodisponíveis. (ARANA, 1997).

O oxigênio dissolvido (OD) é fundamental aos organismos aeróbicos que vivem no ambiente marinho, pois eles utilizam esse gás como aceptor de elétrons no seu processo de respiração. O OD é um parâmetro essencial para validar as condições aeróbicas da coluna d'água. Assim como o pH, o oxigênio dissolvido em condições anóxicas pode aumentar a taxa de toxicidade de certos elementos químicos, torná-los solúveis e biodisponíveis no meio, e facilitar a formação de gases tóxicos, danificando a biota do ecossistema (BAUGMGART & POZZA, 2021).

O carbono orgânico total (COT) é a medida da quantidade de compostos orgânicos contidos em uma amostra de água e, embora a matéria orgânica não seja necessariamente tóxica, em altas concentrações na água pode-se afetar significativamente os ecossistemas, reduzindo os níveis de oxigênio na água, causando a asfixia dos organismos (HACH, 2022).

Os coliformes termotolerantes (CTT) são reconhecidos como um indicador microbiológico de poluição fecal para a classificação das praias. Isso porque, a depender de seu nível, a água poderá ser considerada própria ou imprópria para banho conforme disposto na Resolução 274 CONAMA. Na visão de Martins *et al.* (2017), a densa presença dos coliformes indicam a baixa condição da qualidade da água e, desse modo, coloca em risco a saúde dos banhistas. A concentração de bactérias do grupo coliformes não é indicador apenas de balneabilidade, como também de qualidade de água para cultivo de organismos aquáticos.

Os parâmetros de análise visual são importantes para detectar se há alteração na percepção visual e olfativa, que geram materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes de origem antrópica e resíduos sólidos objetáveis. Estas condições têm um impacto considerável na qualidade da água, especialmente porque é insípida e inodora (CALLIARI & FACHIN, 1993).

O presente trabalho é resultado do Projeto Estudo e monitoramento dos

prováveis impactos sobre o meio ambiente, resultantes da obra de engorda das praias do Meireles e Iracema, Fortaleza/Ceará (MAPRIM). O programa de qualidade de águas marinhas está analisando todos as condições e parâmetros de qualidade de água listados na Resolução 357 do CONAMA para águas salinas de Classe 1, mas apenas as condições de qualidade de água serão abordadas no presente trabalho, em exceção da análise de ecotoxicidade crônica, que será tratada separadamente em outros trabalhos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da obra de engorda das Praias de Iracema e Meireles (Fortaleza, CE) nas condições de qualidade da água listadas na Resolução Nº357 do CONAMA, para águas salinas classe 1.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a variação das concentrações de pH, OD e COT nas águas marinhas impactadas pela obra de engorda das praias de Iracema e Meireles, em três momentos distintos: antes do início, durante a execução e após um ano do fim da obra;
- Avaliar a variação concentrações de CTT nas águas marinhas impactadas pela obra de engorda das praias de Iracema e Meireles, em três momentos distintos: antes do início, durante a execução e após um ano do fim da obra;
- Avaliar, virtualmente, a presença de materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis nas águas marinhas impactadas pela obra de engorda das praias de Iracema e Meireles, em três momentos distintos: antes do início, durante a execução e após um ano do fim da obra;
- Avaliar se a obra de engorda de praia alterou as condições de qualidade da água a ponto de comprometer os usos preponderantes para águas salinas de classe 1 da Resolução nº357 do CONAMA.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Engorda Artificial de Praia

A engorda de praia é uma obra de engenharia que permite um melhor uso das áreas costeiras e expande as áreas de lazer urbano densamente povoadas, trazendo vantagens estéticas e de entretenimento e em muitos, casos é usada para a reconstrução de áreas (GOES FILHO, 2004), razão pela qual as autoridades governamentais, com a responsabilidade pela proteção costeira, devem encarar a engorda da praia como uma alternativa válida para proporcionar proteção costeira natural e restaurar a área da praia que foi perdida pela erosão (COMMITTEE ON BEACH NOURISHMENT AND PROTECTION, 1995). Entretanto, essa intervenção pode não ser tecnicamente ou economicamente viável, principalmente em áreas com elevadas taxas de erosão (OLIVEIRA, 2010).

Este procedimento, que consiste no deslocamento de areia da praia, é feito por meio de máquina retroescavadeira, visando a melhorar a estética da praia e auxiliar no deslocamento das pessoas, além de promover, também, a proteção à erosão causada de forma natural pelo deslocamento da areia e as ondas do mar (PRATA, 2005; BROWDER & DEAN, 2000).

A instabilidade da engorda de praia é determinada pela capacidade da praia de manter o material imerso, que é influenciado por vários fatores; dentre eles, se destacam: (i) técnicas utilizadas para o preenchimento da praia; (ii) tamanho do grão; (iii) distribuição do material de engorda, e; (iv) fatores ambientais, tais como erosão, morfologia da costa da praia, ondas, correntes marinhas, marés, frequência pluviométrica. (PRATA, 2005; BROWDER & DEAN, 2000)

3.2 Processo de Dragagem

O termo dragagem definido como a retirada de solo ou rochas do fundo de rios, lagos, e outros corpos d'água por intermédio de equipamentos chamados de draga, no qual é uma embarcação ou plataforma flutuante equipada com mecanismos necessários para se efetuar a remoção do solo (SIMÕES, 2009).

Conforme explica Goes Filho (2004), os equipamentos de dragagem mais utilizados se denominam em mecânicos, hidráulicos e pneumáticos. As dragas hidráulicas possuem bombas de dragagem como ferramenta principal, e a função de retirar os sedimentos finos, com o mínimo de ressuspensão; as modernas são bem mais eficientes, econômicas e versáteis, obtendo resultados bem mais elevados nas operações. Um dos mais importantes equipamentos utilizados neste processo são as dragas autotransportadoras de arrasto, geralmente utilizadas no processo de engorda de praias.

A *Trailing Suction Hopper Dredger* (TSGD) é uma draga de sucção autotransportadora de arrasto e é utilizada especialmente para a dragagem de solos siltosos, argilosos, arenosos ou com cascalhos. Esse equipamento possui um ou dois tubos de sucção; já em sua extremidade está a boca da draga, que entra em contato com o fundo do mar a ser escavado. A TSHD conta com um sistema de bomba hidráulica que aspira a mistura de areia e água através do tubo de sucção e descarrega nas cisternas localizadas na própria draga. (VASCONCELOS *et al.*, 2019).

Algumas dragas de arrasto de autotransporte são equipadas com equipamentos de bombeamento em terra que lhes permitem bombear o material dragado armazenado em reservatório, encaminhando diretamente para a área do terreno a ser recuperada, através de um tubo flutuante conectado em uma extremidade à outra do navio conectado ao gasoduto costeiro (VASCONCELOS *et al.*, 2019).

Em razão da grande quantidade de água que é sugada juntamente com o sedimento do fundo, acima dos reservatórios existem dois vertedouros, ocasionando o escoamento dos materiais mais leves e o excesso de água para fora da embarcação. Assim, à medida que as cisternas são enchidas, o material mais pesado é despejado no fundo. O processo é chamado de "*overflow*", que causa um aumento na quantidade de sedimentos em suspensão, impactando as áreas próximas à dragagem (OLIVEIRA, 2010; GOES FILHO, 2004; TORRES, 2000).

Os sedimentos encontrados no fundo do mar e que podem ser dragados e utilizados na engorda de praia são as areias grossas, pois elas possuem a característica de não se dispersar facilmente com o vento, também pode ocorrer de forma natural através das ondas que transportam esse material para a praia, e quando há alto índice pluviométrico (TAVARES, 2005; BRANCO, 1991). De acordo com a resolução do CONAMA 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais do

procedimento de dragagem de material do mar para engordamento da praia, somente pode ser retirado do mar material de areia que seja caracterizado como areia grossa ou muito grossa, cascalho e seixo.

A resolução 454/2012 também prevê a proibição do uso de qualquer material poluente que seja caracterizado como produto químico, ecotoxicológico, entre outros materiais que se enquadrem nesse perfil (VASCONCELOS, 2019). Portanto, para que este material seja utilizado para esse fim, faz-se necessário o estudo da infinidade de variantes, tais como o fato de a areia não ser adequada para a engorda de praia, de modo que, ao retirá-la, poderá a água ficar com coloração turva e resultar na morte de animais e espécies marinhas (OLIVEIRA, 2010).

3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo Piveli e Kato (2006), o pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, ele se dá inicialmente devido à dissociação das próprias moléculas de água e de outras fontes, como de substâncias provenientes de águas residuárias industriais como ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido nítrico, entre outros, a dissociação de ácidos orgânicos, como o ácido acético, que é causada pela "fase ácida" da decomposição anaeróbica de matéria orgânica (PIVELI & KATO, 2006).

O impacto do pH nos ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente porque tem efeitos no funcionamento físico de diversas espécies como em efeitos indiretos pois em certas condições de pH podem favorecer a precipitação de elementos, produtos químicos tóxicos, como metais pesados (PIVELI, KATO, 2006).

No oceano, a água do mar é ligeiramente alcalina devido à presença de carbonatos e bicarbonatos, bem como de metais alcalinos e alcalino-terrosos. O pH neutro afeta organismos aquáticos, pois podem atuar diretamente no processo osmótico da água membranas celulares, interferindo assim no transporte de íons intracelular e extracelular e biologia e meio ambiente (ESTEVES, 1998).

De acordo com Von Sperling, (2005) em ambientes marinhos, é comum encontrar pHs ligeiramente básicos (entre 6 e 9), em decorrência da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese (VON SPERLING, 1995). Nesse último caso, o dióxido de carbono é consumido, diminuindo teor de ácido carbônico da água, reduzindo a acidez carbônica da água e resultando em um aumento no pH (VON SPERLING, 1995).

3.4 Oxigênio Dissolvido

O fator mais importante para a solubilidade do O_2 é a temperatura, mas pode ser também controlada por outros fatores físico-químicos como salinidade e pressão atmosférica (FIORUCCI & FILHO, 2005). Em regiões tropicais, como o nordeste do Brasil, a quantidade de oxigênio dissolvido na água possui uma concentração maior do que em ambientes aquáticos de clima temperado com a mesma salinidade e pressão atmosférica na maioria das vezes menor, isso é decorrente da diminuição da solubilidade dos gases na água por conta do aumento da temperatura. A salinidade, embora muito menos influente que a temperatura, ela diminui a capacidade de dissolução do O_2 na água. Em vista disso, a concentração de oxigênio dissolvido (OD) será menor em água salgada do que em água doce (FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B, 2005)

A perda de oxigênio é fomentada pela decomposição da matéria orgânica, por perda atmosférica, pela respiração dos organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química de substâncias metálicas como, por exemplo, os íons metálicos, ferro e manganês. Mesmo que a atmosfera e a fotossíntese sejam as principais fontes de oxigênio para a água (FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B, 2005).

No ambiente marinho não poluído, o material orgânico passível de degradação microbológica é, principalmente, proveniente de organismos mortos (vegetais e animais) e dejetos animais, na coluna d'água e no sedimento de fundo. O consumo de oxigênio nesse processo é compensado pelo oxigênio produzido pela fotossíntese e aeração pelo oxigênio da atmosfera. Quando quantidades significativas de matéria orgânica são incorporadas ao ambiente aquático, em geral através do aporte de esgotos domésticos e efluentes industriais, a demanda por oxigênio supera a produção, levando a depleção do OD na água ou mesmo a condições de hipoxia ou anoxia (SANTOS, 2014).

Entretanto, a detecção ou determinação da condição de hipoxia não é tão simples, isso se dá por decorrência de mudanças de velocidades no consumo e produção de oxigênio bem como, alterações de diversos fatores ambientais, grandes variações nas concentrações de oxigênio podem ocorrer em intervalos curtos de tempo (NEZLIN et al., 2009)

Pondera-se que o oxigênio dissolvido (OD) é um importante parâmetro de qualidade da água no ambiente aquático (OLIVEIRA, 2010), pois, com o baixo nível

de oxigênio, ocorre a inibição da atividade enzimática e aumenta a concentração intracelular de Ca^{2+} e forma altos níveis de radicais livres, como hidroxila (OH^\cdot), superóxido (O_2^\cdot) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), desencadeando a degradação que pode levar ao processo de morte celular (ROJAS, 2011).

3.5 Carbono Orgânico Total

O Carbono Orgânico Total (COT) é uma variável que estima a concentração de matéria orgânica presente na água, cuja análise serve para indicar a contaminação da água por meio de compostos sintéticos, presença de contaminantes biológicos, ineficiência do sistema de purificação que está sendo empregado, mau estado de conservação da água ou, em singelas palavras, um fluxo de carbono no sistema (BENEDETTI, 2012). Esse material que é formado (COT), especialmente por meio da acumulação de tecidos decompostos, pode comprometer significativamente a qualidade das águas superficiais e, portanto, influenciar a vida de animais marinhos e inviabiliza o uso da água (FARIA et al., 2008).

A medição do COT pode ser de dois modos: (i) dentro da linha ou; (ii) fora da linha. Este é um método laboratorial utilizado para as altas concentrações, enquanto que aquela, por sua vez, é utilizada para detecção menores (inferior a 1000ppb) e/ou quando se espera uma resposta de análise mais rápida (BENEDETTI, 2012).

Na maioria das vezes os contaminantes orgânicos são não-iônicos, o que dificulta sua análise a partir das medições de condutividade padrão; ou seja, as medições de baixa condutividade – ou alta resistividade – não são suficientes para indicar devidamente os altos níveis do COT. Desse modo, as análises específicas sobre o COT são essenciais para evitar o desgaste dos sistemas de purificação da água, uma vez que permite com consistência apurar a qualidade da água (BENEDETTI, 2012).

3.6 Coliformes Termotolerantes

Bactérias do grupo coliformes são as mais utilizadas mundialmente para verificar a qualidade de águas marinhas e salobras. Dentro deste grupo destacam-se

os coliformes termotolerantes os quais não se multiplicam com facilidade no ambiente externo e cuja sobrevivência é semelhante à de bactérias patogênicas (CETESB, 2003). Como indicador de poluição fecal recente, os coliformes termotolerantes apresentam-se em altas densidades nas fezes, são facilmente isolados e identificados. As altas densidades destes microrganismos na água indicam elevada contaminação por esgotos (CETESB, 2003).

A maioria desses organismos estão presentes no trato intestinal de animais de sangue quente, muito embora também sejam encontrados naturalmente em solo, águas superficiais, em peixes, moluscos, plantas, insetos e roedores. A *Escherichia coli* é um componente desse grupo que pode crescer e fermentar a lactose em altas temperaturas (CETESB, 2003).

A qualidade da água não se reflete apenas em suas características físicas e químicas, mas também no funcionamento geral do ecossistema. Essa qualidade se deve aos efeitos combinados de diversos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (MIGNANI, 2008).

O lançamento de esgotos não tratados e esgotos domésticos, bem como de águas superficiais, em águas costeiras e estuarinas apresenta sérios problemas para o meio ambiente e a saúde pública. Embora sejam uma fonte de matéria orgânica que aumenta a produtividade primária em águas costeiras, também causam contaminação microbiana e química da água e dos organismos aquáticos. (RODRIGUES, 1998)

O indicador de contaminação fecal deve expressar a densidade diretamente relacionada ao grau de contaminação fecal e aos riscos à saúde do contaminante. Para ser considerado um bom indicador, não deve se reproduzir em ambientes aquáticos, mas apresentar maior sobrevivência que os organismos patogênicos e ser fácil de enumerar e isolar. (CABELLI et al., 1983; RIBEIRO, 2002).

A utilização de microrganismos para avaliar o grau de poluição das águas costeiras está relacionada à determinação da fonte poluidora, como também reforçar os padrões de qualidade da água (STANDARD METHODS, 2005).

Os coliformes termotolerantes são caracterizados pela presença de β -galactosidase, definida como bacilos aeróbicos e anaeróbios facultativos, Gram-negativos, não esporulados capazes de crescer na presença de maiores concentrações de sais biliares e fermentação da lactose a uma temperatura de 44°C

– 45°C, formando ácidos, gases e aldeídos dentro de 24 a 48 horas. (STANDARD METHODS, 1998).

Essas bactérias estão presentes na flora intestinal de humanos e outros animais de sangue quente, bem como no solo, vegetais ou qualquer esgoto contendo matéria orgânica, geralmente encontrados nas fezes em concentrações que variam de 10⁸ a 10¹⁰ micróbios por grama (STANDARD METHODS, 1998).

A Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, utiliza os coliformes termotolerantes como padrão de qualidade microbiológica, seja como parâmetro para cultivo intensivo de organismos aquáticos ou para a utilização segura do corpo d'água para contato primário (balneabilidade). Para este último caso, a Resolução CONAMA 357/2005 indica a Resolução CONAMA 274/2004 como referência de valores limites.

3.7 Parâmetros de análise virtual

Os parâmetros de análise virtual se referem àquelas variáveis em que o resultado é definido através da percepção visual, olfativa ou palatável (BRASIL, 2005). No caso de águas salinas de Classe I são listadas as seguintes variáveis: materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis. Em suma, se a impureza não for perceptível através da visão, olfato ou paladar, a condição de qualidade de água é considerada “virtualmente ausente”.

3.8 Águas salinas de Classe I na Resolução CONAMA nº 357/2005

Até meados do século XX, a importância da qualidade da água era discutida em partes setoriais, cuja preocupação estava somente interligada à saúde pública e aos direitos de propriedade. Todavia, por meio do Código de Águas, em 1934, iniciou-se um processo legislativo tendente a reconhecer a qualidade de água como matéria a ser devidamente monitorada e controlada (PORTO & LOBATO, 2004).

Dentre todas as legislações específicas que foram editadas no decorrer do tempo, destaca-se a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que passou a classificar os corpos hídricos e as diretrizes ambientais, bem como determinou os

padrões e as condições de lançamentos de efluentes dentre outras deliberações. Sua importância é mencionada por ANA (2007) diante da indicação de metas finais a serem alcançadas para se promover um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, sobretudo no que tange à qualidade da água.

O enquadramento de corpos d'água é um instrumento da política nacional de recursos hídricos (Lei 9433/1997) e tem como objetivo avaliar a qualidade da água como também para atender necessidades populacionais e ambientais.

Nesse sentido, a mencionada resolução fixou treze classes de qualidade da água e, ainda, de maneira programática, estabeleceu metas de implementação de questões essenciais, como, por exemplo, as estações de tratamento de esgotos. Ainda, disciplinou novos padrões para a emissão de efluentes – caso do nitrogênio amoniacal, além de incluir um conceito de zona de mistura (FURUKAWA & FILHO, 2005).

Conforme a resolução, os usos preponderantes para águas salinas de Classe I são classificados em a) à recreação de contato primário b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à aquicultura e à atividade de pesca, como descrito nos padrões de qualidade de água para águas salinas de Classe I da 357 no Anexo 1. Segundo o Art. 42 da Res 357, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas salinas serão consideradas classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente, conseqüentemente, a maioria dos corpos d'água salinos do Brasil são enquadrados na Classe I.

O ponto nodal da legislação está em condicionar a água enquanto elemento fundamental à vida, razão pela qual trouxe padrões de qualidade essenciais ao seu uso (FURUKAWA & FILHO, 2005). A norma jurídica, dessa forma, ressalta a necessidade do País em possuir instrumentos de comando e controle, capazes de responsabilizar aqueles que, de algum modo, deixarem de observar padrões mínimos da qualidade da água ou poluir indevidamente zonas públicas (ANA, 2007).

De maneira geral, a resolução CONAMA nº 357/2005 é, atualmente, uma das principais normas jurídicas federais para a qualificação das águas superficiais, na medida em que traduz os anseios internacionais e domésticos relacionados à manutenção de uma vida mínima de qualidade para as gerações presente e futuras (FURUKAWA & FILHO, 2005).

4 MATERIAS E MÉTODOS

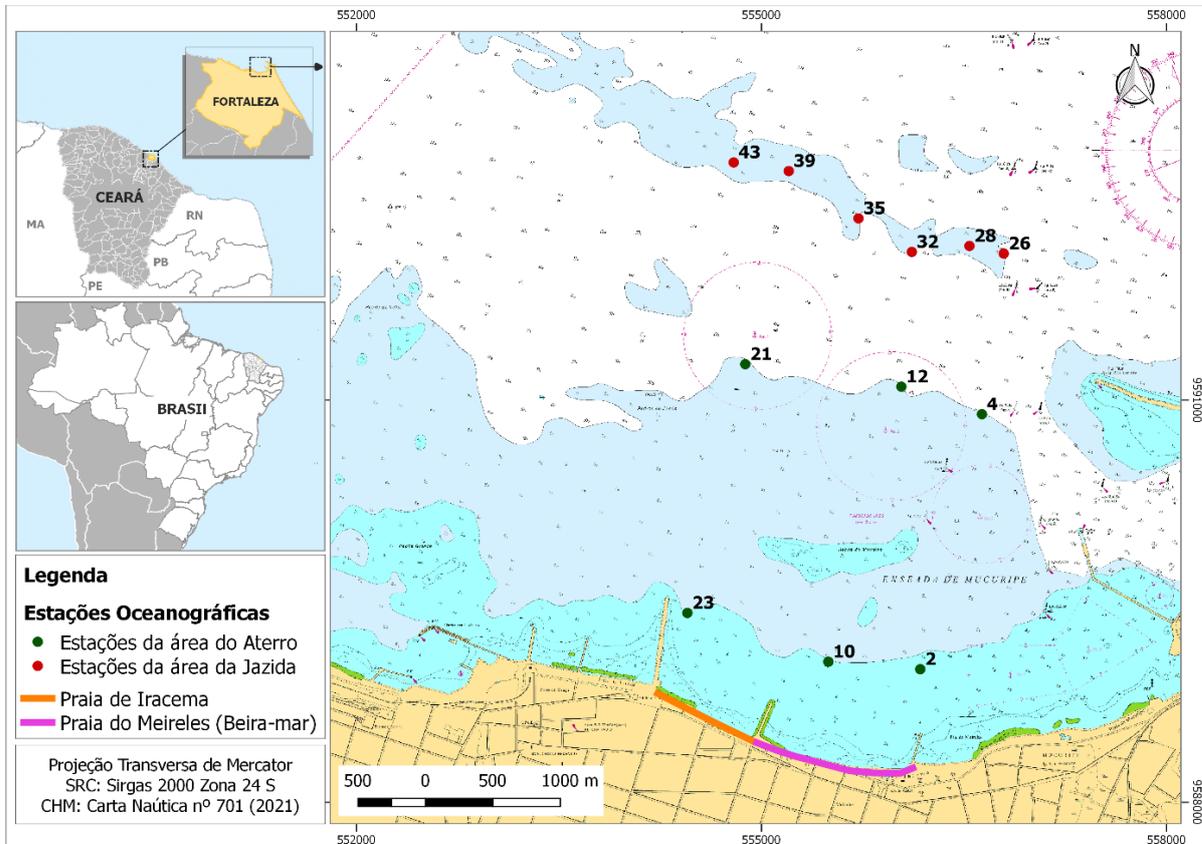
4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no litoral de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, e compreende a área onde foi realizada a obra de engorda da Praia de Iracema e Meireles, entre os espigões da Rua João Cordeiro e da Avenida Rui Barbosa, da Praia do Meireles, que teve uma expansão de faixa de areia de 40 metros, e entre os espigões da Avenida Rui Barbosa e da Avenida Desembargador Moreira que aumentou cerca de 80 metros, esta área possui uma extensão de 1,2 km.

Esta área pode ser subdividida em outras duas: 1) área do aterro, mais próximo à costa e que sofre uma maior interferência da engorda de praia; 2) área da jazida, localizada na enseada do Mucuripe no litoral nordeste da cidade de Fortaleza, próximo ao molhe do Porto do Mucuripe (Figura 1).

Em 1940, com a implantação do píer protegido na área portuária do Mucuripe, foi retirado material de dragagem para preenchimento dos reservatórios sedimentares (reservatórios) da praia, o que ocasionou mudanças na dinâmica da sedimentação, ao direcionar as ondas fortes para a orla, dispersando sedimentos para a plataforma continental interna (VASCONCELOS et al., 2019).

Figura 1 - Localização da obra de recuperação da engordada da Praia de Iracema e construção da engorda da Beira Mar e da área da Jazida da Plataforma Continental de Fortaleza, Ceará.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.2 Caracterização e Descrição dos Sítios de Amostragem

Ocorreram três campanhas oceanográficas para a realização das amostragens:

- 1º campanha oceanográfica ocorreu nos dias 04 e 05 de outubro de 2019 que compreende a fase inicial da obra,
- 2º campanha ocorreu nos dias 20 e 25 de outubro de 2019 que corresponde a fase execução da obra.
- 3º campanha ocorreu nos dias 17 e 18 de novembro de 2020 que representou a conclusão da obra.

As amostras foram coletadas em 12 estações oceanográficas, sendo 6 pontos na área de jazida e 6 na área do aterro, conforme mostrado na Figura 1. As coordenadas das estações de coleta de água estão apresentadas na Tabela 1.

4.3 Amostragem em Campo

As coletas de água foram feitas em duas diferentes profundidades: superfície e fundo. As coletas da superfície eram realizadas cerca de 30 centímetros abaixo da superfície; e o fundo no qual era realizado 1,5 metros acima do fundo, evitando assim que os sedimentos marinhos fossem coletados. Ao chegar em cada estação oceanográfica, uma sonda multiparamétrica EXO 2, da marca YSI junto com os sensores de CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*), modelo CastAway, foram lançados ao mar para determinar a profundidade da região e em seguida determinar a profundidade de coleta de fundo. A Tabela 1 mostra a altura total da coluna d'água em cada uma das estações e para cada uma das campanhas.

As coordenadas das estações oceanográficas estão apresentadas em UTM (*Universal Transversa de Mercator*) na Tabela 1, juntamente com a profundidade da coluna d'água medida em cada campanha.

Tabela 1- Coordenadas geográficas de todas as estações oceanográficas utilizadas para coleta de água.

Área	Estação Oceanográfica	Coordenadas WGS 84, Zona 24M		Profundidade da coluna medida em cada campanha (m)		
		X	Y	1 ^a	2 ^a	3 ^a
Área do aterro	2	-38,49410648550	-3,7183154503	6,1	6,7	6,6
	10	-38,50023655420	-3,7178128235	6,2	7,5	6,0
	23	-38,50964297640	-3,7145282567	6,2	7,1	6,8
	4	-38,49000184200	-3,7011046236	12,2	12,7	10,6
	12	-38,49537684130	-3,6992518941	12,9	12,5	11,9
	21	-38,50578970000	-3,6977393801	12,7	13,4	12,4
Área da Jazida	26	-38,48855439650	-3,6902660855	11,2	12,9	11,6
	28	-38,49084194890	-3,6897503898	11,6	11,9	11,0
	32	-38,49468717140	3,6901594994	12,0	13,2	10,8
	35	-38,49824322510	-3,6878971915	13,0	13,1	11,6
	39	-38,50289575310	-3,6847043777	12,0	11,6	10,6
	43	-38,50657056280	-3,6841253858	12,2	10,8	11,0

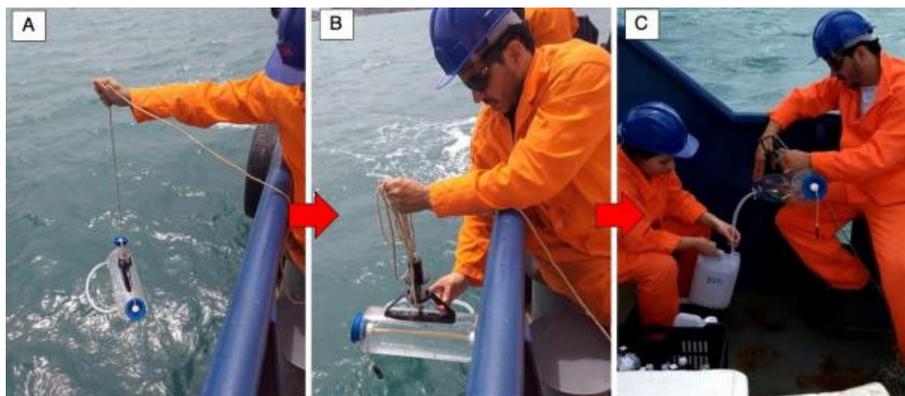
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

As coletas de água foram realizadas com o auxílio de duas garrafas do tipo *van Dorn* horizontais, uma confeccionada com tubo cilíndrico em acrílico transparente e a outra em PVC rígido, com capacidade de 5 e 10 litros, respectivamente. As duas

foram utilizadas simultaneamente, de modo que a garrafa de 5 L foi utilizada somente para amostragens da superfície e a garrafa de 10 L foi utilizada somente para as coletas do fundo.

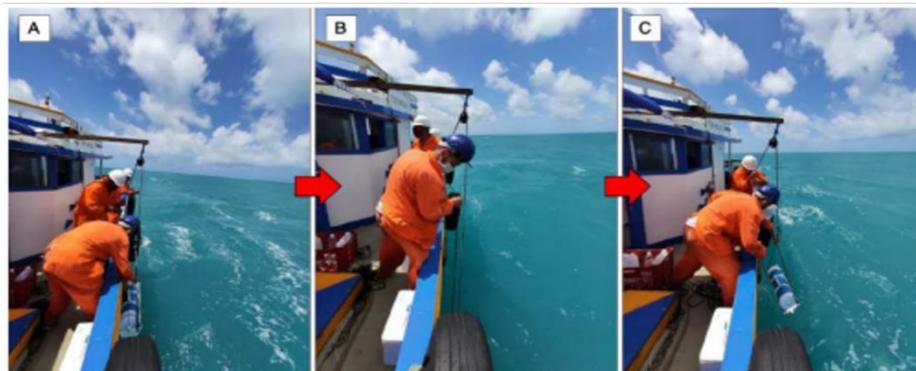
As Figuras 2 e 3 mostram as etapas das coletas com as garrafas de *van Dorn* de 5 e de 10 L, respectivamente. Primeiramente, as duas tampas de fechamento eram abertas e a garrafa descia horizontalmente e, ao atingir a profundidade desejada, um peso de metal, chamado de mensageiro, era lançado pelo cabo para o desarme e fechamento da garrafa, retendo a amostra de água que posteriormente era transferida para os frascos, por meio de uma mangueira de silicone.

Figura 2 – (A) garrafa de Van Dorn de 5 L sendo lançada ao mar na estação oceanográfica. (B) garrafa sendo retirada do mar após a coleta. (C) transferência da amostra da garrafa de Van dorn para a garrafa de polipropileno, a qual era encaminhada ao laboratório para análise.



Fonte: Alves (2021)

Figura 3 – (A) garrafa de Van Dorn de 10 L sendo lançada ao mar na estação oceanográfica. (B) garrafa sendo retirada do mar após a coleta. (C) transferência da amostra da garrafa de Van dorn para a garrafa de polipropileno, a qual era encaminhada ao laboratório para análise.



Fonte: Alves (2021)

4.4 Armazenagem e Preservação das Amostras

Após o procedimento de coleta, as amostras de água foram imediatamente transferidas para frascos âmbar ou de polietileno de variados volumes, nos quais continham ou não preservantes, a depender de para qual análise o frasco estava destinado, a técnica de preservação e o *holding time* para cada variável a ser analisada. Posteriormente foram acondicionadas em isopores com gelo (Figura 4) até sua chegada ao Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água (EQUAL), localizado no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR).

A metodologia utilizada para a coleta foi baseada no “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos” (ANA,2011), conforme aprovado pela Resolução ANA 724/2011, como documento de referência técnica que determinou os procedimentos de coleta e preservação de amostras de águas destinadas ao monitoramento de qualidade dos recursos hídricos.

Tabela 2- Materiais, volumes e métodos de preservação das amostras utilizados para cada análise de carbono e coliforme termotolerantes.

Variável	Frasco	Volume	Preservante	Holding time
Carbono Orgânico Total	Âmbar	1000 mL.	H ₂ SO ₄	48 horas
Coliformes termotolerantes	Plástico (estéril)	100 mL.	Sem Preservante	24 horas

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 3 - Limites de quantificação (L.Q.), unidade e referência das técnicas analíticas para determinação de cada variável analisada.

Variável	Unidade	L.Q.	Metodologia
CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA			
pH	-	0,01	SM 4500-H+ B
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,01	SM 4500-O G
Carbono orgânico total	mg/L	1	SM 5310 B
Coliformes termotolerantes (CTT)	CTT/100 mL	18	SM 9221 B
Materiais flutuantes	Virtualmente presente/ausente	-	Visual
Óleos e graxas	Virtualmente presente/ausente	-	Visual
Substâncias que produzem odor e turbidez	Virtualmente presente/ausente	-	Olfativo/visual
Corantes provenientes de fontes antrópicas	Virtualmente presente/ausente	-	Visual
Resíduos sólidos objetáveis	Virtualmente presente/ausente	-	Visual

Nota: SM = Standard Methods *for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.6. Análise de dados

Os dados obtidos foram colocados em tabela em planilha Excel, cujos resultados foram divididos em dois gráficos, um mostrando os resultados do aterro e o outro mostrando os resultados da jazida. Para analisar os resultados de forma abrangente, foi adotada a média e o desvio padrão da concentração obtida em cada ponto, em duas áreas de pesquisa, profundidades e campanhas.

Os resultados foram relacionados com os valores máximos permitidos de cada condição de qualidade de água especificado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas classe 1. Esses valores foram usados apenas como valores de referência. Os resultados da análise obtidos no estudo são compatíveis com a categoria das águas da área de estudo, pois o objetivo deste trabalho não é construir corpos d'água, mas sim verificar as possíveis alterações na concentração desses parâmetros ocasionadas pela engorda de praia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 4 e 5 apresentam respectivamente, as concentrações médias das seis estações oceanográficas da área do aterro e da área da jazida, nas duas profundidades e nas três campanhas, para cada parâmetro analisado. Nessas tabelas, é possível observar que o desvio padrão foi alto para algumas campanhas e parâmetros analisados. Isso se deve a uma dispersão no conjunto e dados coletados para os parâmetros indicando a falta de homogeneidade das amostras.

Nas próximas seções serão apresentados os gráficos das concentrações médias e barras de desvios padrão, nas determinadas áreas, profundidades e campanhas. Os valores são apresentados em mg/L e a escala muda de acordo com os valores encontrados para melhor visualização e o valor máximo permitido para o parâmetro de qualidade.

Tabela 4 - Concentrações médias das condições de qualidade de água e desvios padrão (valores seguidos por \pm), resultado das análises virtuais, em águas de subsuperfície e de fundo, em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro.

CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha	
	SUBSUPERFÍCIE	FUNDO	SUBSUPERFÍCIE	FUNDO	SUBSUPERFÍCIE	FUNDO
pH	8,97 \pm 0,11	8,68 \pm 0,04	8,65 \pm 0,17	8,44 \pm 0,15	7,93 \pm 0,17	7,97 \pm 0,13
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,67 \pm 0,09	6,57 \pm 0,14	6,94 \pm 0,27	7,10 \pm 0,56	6,96 \pm 0,12	6,82 \pm 0,20
Carbono orgânico total (mg/L)	0,77 \pm 0,94	0,85 \pm 1,06	0,72 \pm 0,57	0,4 \pm 0,62	1,03 \pm 0,08	1,12 \pm 0,17
Coliformes termotolerantes (org/100mL)	< L.Q.	< L.Q.	78,33 \pm 191,88	< L.Q.	130 \pm 318,43	21,67 \pm 53,07
Materiais flutuantes	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Óleos e graxas	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Substâncias que produzem odor e turbidez	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Corantes provenientes de fontes antrópicas	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Resíduos sólidos objetáveis	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.

Notas: org./100 mL = organismos/100 mL; V.A. = Virtualmente Ausente; L.Q. = Limite de Quantificação.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 5 - Concentrações médias dos padrões de qualidade e desvio padrão, em águas de subsuperfície e de fundo, em cada campanha oceanográfica, para a área da jazida.

CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha	
	SUBSUPERFÍCIE	FUNDO	SUBSUPERFÍCIE	FUNDO	SUBSUPERFÍCIE	FUNDO
pH	8,93 ± 0,07	8,6 ± 0,07	8,50 ± 0,11	8,17 ± 0,03	8,01 ± 0,03	8,03 ± 0,02
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,66 ± 0,06	6,49 ± 0,01	7,03 ± 0,22	6,88 ± 0,01	7,27 ± 0,76	6,73 ± 0,03
Carbono orgânico total (mg/L)	0,67 ± 1,03	0,92 ± 1,22	0,93 ± 0,19	0,88 ± 0,04	1,43 ± 0,19	1,35 ± 0,10
Coliformes termotolerantes (org/100mL)	< L.Q.	< L.Q.	9,17 ± 22,45	30,83 ± 56,43	23,83 ± 31,94	18,0 ± 26,38
Materiais flutuantes	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Óleos e graxas	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Substâncias que produzem odor e turbidez	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Corantes provenientes de fontes antrópicas	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Resíduos sólidos objetáveis	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.

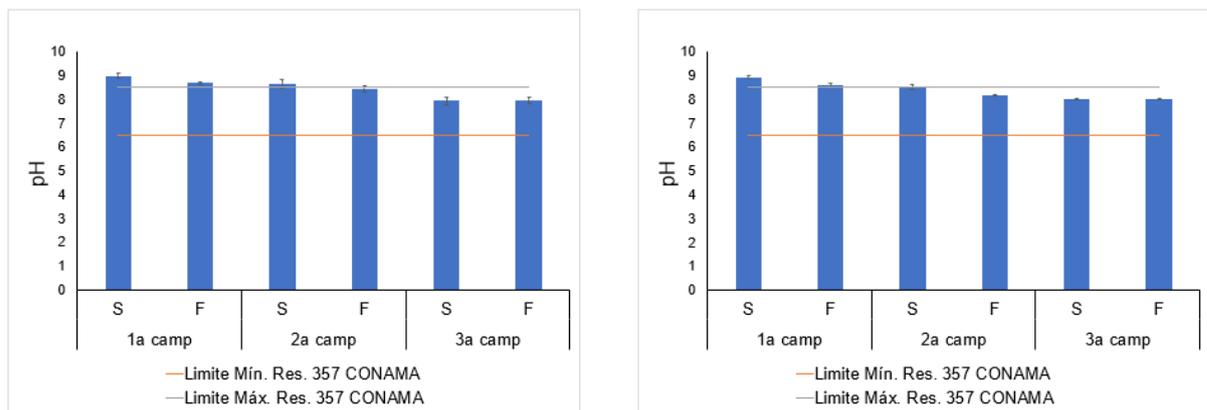
Notas: org./100 mL = organismos/100 mL; V.A. = Virtualmente Ausentes; L.Q. = Limite de Quantificação.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1 pH

Nas três campanhas oceanográficas foi identificado que nenhuma das amostras analisadas ficaram abaixo de 6,5, que é o valor mínimo permitido para águas salinas de Classe 1. Entretanto, algumas amostras excederam o limite máximo de 8,5, com destaque para amostras de superfície. As maiores concentrações médias foram atingidas na primeira campanha, na área do aterro, com valor de $8,97 \pm 0,11$, na subsuperfície como também na área da jazida as concentrações médias na subsuperfície, com valor de $8,93 \pm 0,07$.

Figura 5 – Valores médios de pH e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e a área jazida.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

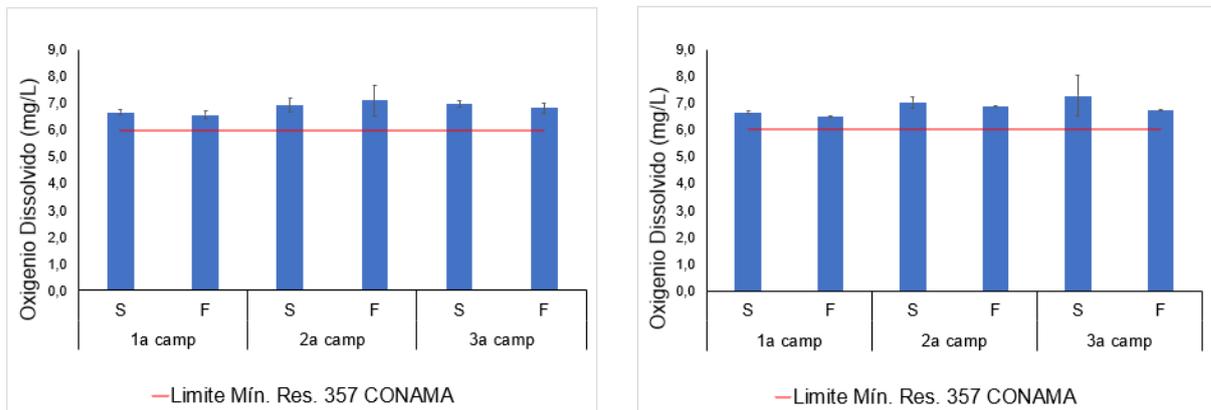
Esses altos valores podem ser explicados pela alta taxa fotossintética durante a aquisição, que é ainda maior na parte superior da coluna d'água. Em períodos de alta radiação solar, como no dia da coleta, as algas consomem fortemente o dióxido de carbono do meio, baixando a acidez carbônica e fazendo com que o pH da água suba. Apesar de ultrapassar o limite em algumas amostras, isso não prejudicou o ambiente e nem comprometeu os usos preponderantes

5.2 Oxigênio Dissolvido

As concentrações médias de oxigênio dissolvido nas três campanhas, tanto para as amostras de superfície como as de fundo, foram sempre superiores ao limite mínimo para águas salinas de Classe 1, que é de 6 mg/L.

As concentrações de oxigênio atingiram médias $7,10 \pm 0,56$ mg/L no fundo na área do aterro na segunda campanha e $7,27 \pm 0,76$ mg/L na subsuperfície na área da jazida. Na maioria dos pontos, o OD na superfície é levemente superior à de fundo. Entretanto, isso já era esperado, em decorrência da luminosidade que é mais intensa bem como a fotossíntese e a troca gasosa com o oxigênio atmosférico.

Figura 6 – Concentrações médias de oxigênio dissolvido e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e a área jazida.



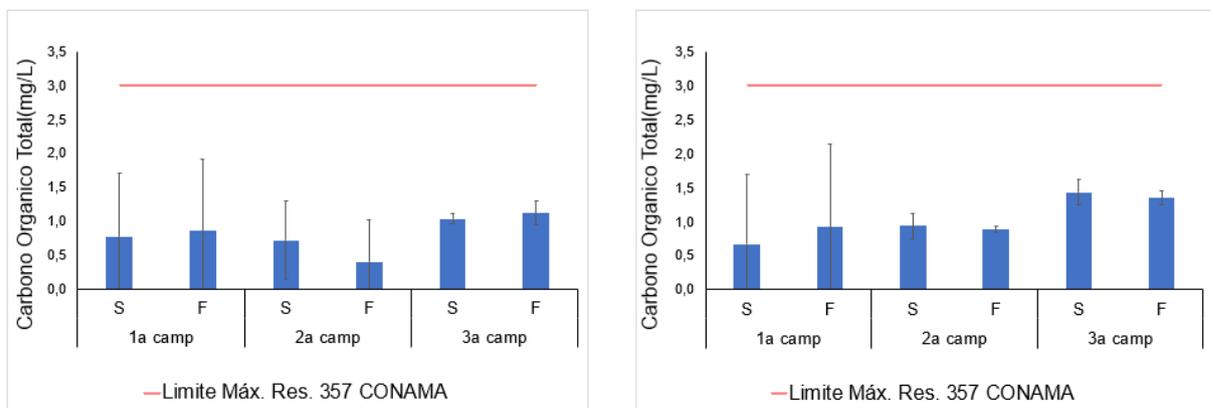
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Devido nível alto de mistura da coluna de água, as camadas superior e inferior da coluna d'água são facilmente homogeneizadas, reduzindo a formação de estratos, o que por sua vez faz com que a diferença de concentração entre a superfície e o fundo não seja muito diferente. Estas elevadas concentrações de OD encontradas podem estar associadas ao balanço *produção x consumo*. Isso se deve à alta transparência da água, condição básica para que as algas realizem a fotossíntese, resultando na oxidação da água e na redução da concentração de matéria orgânica no meio fazendo com que o consumo de oxigênio seja reduzido pela degradação microbiana.

5.3 Carbono Orgânico Total

Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o valor máximo permitido para carbono orgânico total (COT) para águas salinas de Classe 1, o valor máximo permitido (VMP) é de 3,0 mg C/L. De acordo com a figura 7, todas as campanhas ficaram com valores de COT abaixo do VMP à exceção da amostra 28F da primeira campanha que ultrapassou suavemente o limite.

Figura 7 – Concentrações médias de carbono orgânico total e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e a área jazida.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

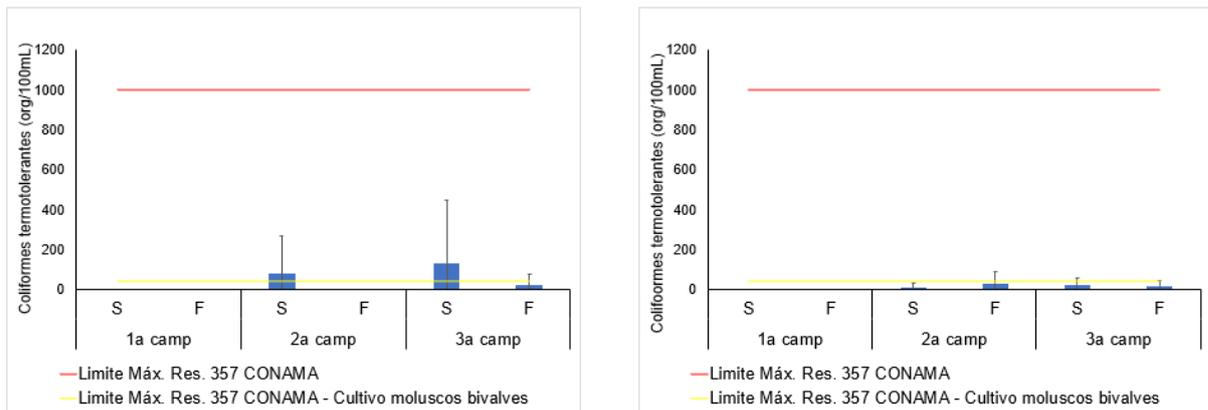
Embora a área de estudo seja propensa a cargas orgânicas do Porto do Mucuripe, Riacho Maceió e canais pluviais ao longo da região, os valores encontrados na análise da água deste trabalho são considerados relativamente baixos e atendem as normas da Resolução 357 do CONAMA. Segundo Sharp (1973) essas baixas concentrações de matéria orgânica nas estações oceanográficas amostradas estão de acordo com o seu levantamento que encontraram valores entre 1,0 e 1,6 mg C/L em amostras de água do atlântico norte.

5.4 Coliformes Termotolerantes

Na primeira campanha não foram detectadas concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras analisadas, enquanto na segunda e terceira campanha, as concentrações aumentaram principalmente na área do aterro, atingindo concentrações médias de $78,33 \pm 130,00$ org/100mL. Os valores encontrados estão

muito abaixo do valor máximo permitido no máximo 1000 org/100 mL, conforme Resolução 274 do CONAMA.

Figura 8 – Concentrações médias de coliformes termotolerantes e desvios padrão, em águas de subsuperfície (S) e de fundo (F), em cada campanha oceanográfica, para a área do aterro e a área jazida.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Já para cultivo de moluscos bivalves as amostras da segunda campanha ultrapassaram o valor máximo permitido 43 org/100 mL, resultando nas concentrações médias de $78,33 \pm 191,88$ e $130 \pm 318,43$ org/100mL, essas elevadas concentrações podem ser decorrentes do aporte de carga orgânica advindas do Porto do Mucuripe, Riacho Maceió e canais pluviais da região.

Todas as amostras atenderam aos padrões da Resolução 357 do CONAMA no que diz respeito a balneabilidade. Desse modo, foi observado que a obra de engorda não causou aumento significativo nas concentrações de coliformes termotolerantes nas duas áreas de estudo. Além do mais, não há evidências de que essa tipologia de empreendimento influencie diretamente no aumento da concentração de microrganismos indicadores de contaminação fecal.

Assim como de outras capitais litorâneas, Fortaleza recebe uma grande carga de esgoto sanitário, por conseguinte, de microrganismos indicadores de contaminação fecal. Porém, os fatores como a elevada taxa de mistura e diluição das águas marinhas da área de estudo, além da autodepuração de corpos d'água podem ser responsáveis por essa baixa taxa de coliformes termotolerantes. Outros fatores que podem contribuir para os baixos valores de CTT na área amostrada são a presença de cloro residual na água em concentrações que variam de $0,27 \pm 0,22$ mg/L

e $0,32 \pm 0,16$ mg/L segundo apresentados por Alves (2021), bem como a alta cobertura do serviço de saneamento na bacia vertente marítima, que é a bacia hidrográfica localizada na parte terrestre adjacente à área estudada de acordo com Fortaleza (2014 a).

5.5 Parâmetros de análise virtual

Ao chegar as estações oceanográficas foi observada se existia a presença dos materiais e também com o auxílio da garrafa de *van Dorn* que permite visualizar a existência desses materiais. Pode-se perceber que mesmo que a engorda da praia estivesse em andamento e sujeita a todas as influências humanas no litoral de Fortaleza, todos os parâmetros em questão na verdade se mostram virtualmente ausentes. Segundo Viana Filho (2019) isso se dá por conta do potencial de mistura e espalhamento desta área contribui para o processo de autodepuração.

É possível que óleos e graxas sejam virtualmente ausentes, mas sejam detectados por meio de técnicas analíticas de laboratório. Ou seja, uma análise virtual pode mascarar a presença de tais poluentes.

5.6 Análise dos Resultados perante a Resolução CONAMA nº 357/2005

De acordo com os resultados obtidos, confirmou-se que no aterro e na jazida, 11,45% das 288 amostras analisadas durante as 3 campanhas não superaram o VMP. Na primeira campanha que correspondente ao estado da água durante a fase inicial do trabalho, verificou-se que 91,31% das 48 amostras analisadas não ultrapassaram o VMP. Na segunda campanha, correspondente à fase de execução da obra, verificou-se que 98,61% das 48 amostras analisadas não ultrapassaram o VMP. Na terceira campanha, correspondente ao estado do corpo d'água um ano após a conclusão da obra, verificou-se que das 48 amostras analisadas, 98,61% não ultrapassaram VMP.

Para avaliar precisamente as mudanças nas condições da qualidade da água decorrentes da obra, as amostras que já estavam acima do VMP na primeira campanha foram desconsideradas. Sendo assim, 96,87% das amostras analisadas após a obra não excederam o valor máximo permitido em comparação com o antes da obra.

6 CONCLUSÕES

- Os valores médios de pH ultrapassaram o VMP da Resolução CONAMA nº 357/2005, em algumas estações oceanográficas antes, durante e depois da execução da obra, mas não há indícios de que esses elevados valores causam impacto significativo nos usos preponderantes desse recurso hídrico ou na biota.
- As concentrações médias de OD estiveram sempre acima do valor mínimo estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, antes, durante e após a obra o que sugere que a engorda da praia não foi responsável por alterar as concentrações desse parâmetro, resultando que engorda da praia não causou impacto negativo para esse parâmetro.
- Em geral, as concentrações médias de carbono orgânico total não ultrapassaram o VMP indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas de classe 1, antes, durante e após a obra.
- As concentrações médias de coliformes termotolerantes não ultrapassaram o VMP da Resolução CONAMA nº 357/2005 no quesito de balneabilidade, antes, durante e após a obra. Entretanto, para o cultivo de moluscos bivalves, o VMP foi excedido em algumas estações oceanográficas durante e depois da execução da obra, apesar disso, a engorda da praia não foi responsável por alterar as concentrações desses parâmetros, com relação aos valores de referência compatíveis as águas salinas de classe 1.
- Para os 3 momentos estudados, antes, durante e após a obra, nenhuma amostra teve a presença virtual de materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis, ou seja, os resultados encontrados não descumprem o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para esses parâmetros.
- Tomando como base os valores obtidos na 1ª campanha (período inicial da obra) a obra de engorda das praias não alterou significativamente as condições de qualidade da água ao ponto de comprometer os usos preponderantes das águas salinas de classe 1, pelo menos até a 3ª campanha oceanográfica (após

1 ano do fim da obra), pois 79,86% das amostras analisadas não excederam o valor máximo permitido, previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ravena Santiago. **Efeito da engorda artificial das praias do Meireles e Iracema sobre os parâmetros inorgânicos de qualidade de água.** 2021.

ANA. **A História do Uso da Água no Brasil: do descobrimento ao século XX.** Brasília:ANA, 2007. (Versão Preliminar). Disponível em:<
http://www.historiadaagua.ana.gov.br/livro_historia_agua.pdf >; Acesso em: 17 de dezembro 2021.

BENEDETTI, Stella. **Avaliação do teor de carbono orgânico total na qualidade da água: aplicação na radiofarmácia** (Dissertação de mestrado). São Paulo: Instituto de Pesquisas energéticas e nucleares – Autarquia associada à USP, 2012. Disponível em:
http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Stella%20Benedetti_M.pdf. Acesso em: 07 ago. 2021.

COMMITTEE ON BEACH NOURISHMENT AND PROTECTION *et al.* **Beach nourishment and protection.** Washington, D.C.: National Academies Press, 1995. 352 p.
 Disponível em: <https://www.nap.edu/read/4984/chapter/1>. Acesso em: 05 novembro. 2021.

DEAN, G. R. **Beach nourishment: theory and practice.** New Jersey: World Scientific, 2002, v. 18, p. 420. Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ks87DQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=beach+nourishment&ots=eX6ju-2VHd&sig=4Y29DrJuaAzl6rtseOql9xvXieo#v=onepage&q=beach%20nourishment&=false>. Acesso em: 14 jul. 2020.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. **A importância do oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos.** Química Nova na escola, v. 22, p. 10-16. 2005.

FORTALEZA. Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE FORTALEZA CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ – CAGECE E AGÊNCIA REGULADORA DE FORTALEZA – ACFOR.** Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário – Revisado. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2014 a.

FORTALEZA. Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE FORTALEZA CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ – CAGECE E AGÊNCIA REGULADORA DE FORTALEZA – ACFOR.** Prognóstico dos Serviços de Esgotamento Sanitário. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2014 b.

FURUKAWA, Paula Márcia Sapia & FILHO, José Lavrador. **O Impacto da nova**

resolução CONAMA 20/86 no setor saneamento. Saneas, 20: 15-16, abril, 2005.

GOES FILHO, Hildebrando de Araujo. **Dragagem e Gestão dos Sedimentos.** 2004. 162 f. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em:
[http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2004-1/1788-Disponível em:](http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2004-1/1788-Disponível%20em%3Ahttp%3A%2F%2Fwww.coc.ufrj.br%2Fpt%2Fdocuments2%2Fmestrado%2F2004-1%2F1788-hildebrando-de-araujo-goes-filho-mestrado%2Ffile)
<http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2004-1/1788-hildebrando-de-araujo-goes-filho-mestrado/file>. Acesso em: 19 mar. 2021

HACH. **Carbono orgânico total (TOC).** 2022. Disponível em:
<https://pt.hach.com/parameters/toc>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KELLER, E. A. **Introduction to Environmental Geology.** 4 ed. Santa Barbara: Upper Saddle River. 661 p. 1942. Disponível em: <https://epdf.pub/introduction-to-environmentalgeology-4th-edition.html>. Acesso em: 16 abr. 2020.

MIGNANI, Luciene. **DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES E DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA ÁGUA DE CULTIVO DA OSTRA *Crassostrea sp.* EM CANANÉIA, LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.** 2008. Tese de Doutorado. Instituto de Pesca.

OLIVEIRA, Ulysses Barbosa Gomes de. **A dragagem e os impactos ao meio ambiente.** 2010. 55 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Construção Naval) – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:
<http://www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/UlyssesOliveira.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2020.

PETERSON, Charles H.; BISHOP, Melanie J. Assessing the environmental impacts of beach nourishment. **Bioscience**, v. 55, n. 10, p. 887-896, 2005.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. In: **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** 2006. p. 285-285.

PORTO, Monica F. A. & LOBATO, Francisco. Mechanisms of Water Management: command & control and social mechanisms. *Revista de Gestion del agua de America Latina - Rega-*, Santiago, 2 (1): 113-129 julho/dezembro, 2004.

SANTOS, Tâmara Tatiana Souza. Dinâmica do oxigênio dissolvido no estuário do rio do Sal/Sergipe. 2014.

SHARP, Jonatha H. Total organic carbon in seawater—comparison of measurements using persulfate oxidation and high temperature combustion. **Marine Chemistry**, v. 1, n. 3, p. 211-229, 1973.

SIMÕES, Mario Henrique. **Sistematização dos aspectos ambientais de dragagens portuárias marítimas no Brasil.** 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-21122009->

160107/en.php. Acesso em: 05 abr. 2021

TAVARES, A.R. 2005. Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação. Disponível em: <
http://www.bd.bibl.ita.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=279 >. Acesso em: 5 de abril de 2021.

TORRES, Ronaldo José. **Uma Análise Preliminar dos Processos de Dragagem do Porto de Rio Grande, RS.** 2000. 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3047869-Uma-analise-preliminar-dos-processos-de-dragagem-doporto-de-rio-grande-rs.html>. Acesso em: 21 abr. 2020.

VASCONCELOS; Fábio Perdigão *et al.* (coord). **Diagnóstico ambiental da área de jazida e de deposição de sedimentos nos aterros das praias de Iracema e Beira mar de Fortaleza.** Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2019. 125 f. Disponível em: <http://www.uece.br/wp-content/uploads/2019/10/DIAGNOSTICO-ATERRO-BEIRAMAR.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.

VINATEA ARANA, L. Princípios químicos da qualidade da água em Aquicultura. Florianópolis: Ed. da UFSC. 1997. 166 p.x

VON SPERLING, M. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. Em; Introdução à qualidade das águas a ao tratamento de esgotos. 2ª edição. 1995.

**ANEXO A – CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA,
ESTABELECIDOS NA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 PARA ÁGUAS
SALINAS DE CLASSE 1**

**Seção III
Das Águas Salinas**

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e
- j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

Fonte: CONAMA (2005).