



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

Kelven Pinheiro de Sousa

**MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIACHO MACEIÓ,
FORTALEZA, CEARÁ.**

FORTALEZA-CE,

2017.

KELVEN PINHEIRO DE SOUSA

**MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIACHO MACEIÓ,
FORTALEZA, CEARÁ.**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Waleska Martins Eloi
Co-Orientador: Francisco Maurício de Sá Barreto

FORTALEZA-CE,

2017.

KELVEN PINHEIRO DE SOUSA

**MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIACHO MACEIÓ,
FORTALEZA, CEARÁ**

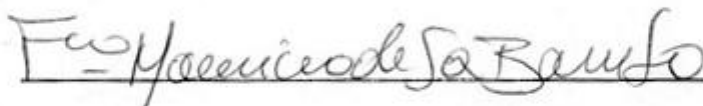
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em 09/06/17

BANCA EXAMINADORA



Presidente Profa. Dra. Waleska Martins Eloi - IFCE Campos Fortaleza



Membro Prof. Dr. Francisco Maurício de Sá Barreto - IFCE Campus Fortaleza



Membro Prof. Dr. Mariano da Franca Alencar Neto - IFCE Campus Fortaleza



Membro Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa - UFC - Universidade Federal do Ceará

A todos que acreditaram em mim, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, dele veio toda a força e inspiração para todos os esforços empenhados na realização deste trabalho, toda a direção de vida, o rumo, os novos horizontes. Somos totalmente dependentes do seu amor e de suas misericórdias.

A meus pais, Raimundo e Suênia, talvez os filhos nunca sejam aquilo que os pais almejam, mas nosso caráter sempre será reflexo do árduo trabalho o qual eles se sujeitaram. Vocês foram e sempre serão meu maior porto seguro.

À minha amada irmã, Kílvia Pinheiro, que me compreende melhor do que qualquer outra pessoa. Estarei sempre a seu dispor.

Aos meus avós, Tereza e Aluísio, Maria e Edmundo, por terem iniciado essa jornada que me trouxe até aqui. Nunca serei grato o suficiente, por mais que eu tente, obrigado.

Aos meus queridos amigos e companheiros de caminhada, gostaria de ter espaço para todos vocês nesta página, como não há, reitero que sempre estarão em meu coração, alguns deles: João Luís, Camila Siebra, Larissa Oliveira, Camila Viana, Raquel Batista, Joana Clara, Jéssica Miranda, Renato Moraes, Isa Sinara, Karina Oliveira, Bruno Leite, Bárbara Rodrigues, Sara Leandro.

À minha orientadora, Profa. Dra. Waleska Martins Eloi por todo apoio, diálogos, ensinamentos e crescimento. A vida nos presenteia com vitórias, nos faz passar obstáculos, mas que graça teria se não pudéssemos superar. Gratidão por tudo.

Aos professores Francisco Maurício de Sá Barreto e Mariano da Franca Alencar Neto por toda orientação e compartilhamento de conhecimentos, obrigado pelo apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental – PGTGA/IFCE, pela chance de gerar novos conhecimentos pessoais e profissionais, por me fazer aprender a ser paciente e entender que nenhum obstáculo vence a determinação.

Por fim, não há palavras de gratidão suficientes para todos os anos vividos no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE foram sete anos de muito crescimento pessoal e profissional, uma graduação e uma pós-graduação, muitos amigos, oportunidades, algumas perdas, porém o ganho não se pode estimar. Obrigado!

“O momento de soltar a flecha acontece de maneira instintiva, mas antes é preciso conhecer bem o arco, a flecha e o alvo. O golpe perfeito nos desafios da vida, também usa a intuição; entretanto, só podemos esquecer a técnica depois que a dominamos completamente.”

(Eugen Herrigel)

RESUMO

Os recursos hídricos, por muito tempo, foram explorados de forma inadequada, o que acarretou uma série de impactos negativos que acabam por alterar a qualidade da água e comprometer os usos atuais e futuros. Os índices de qualidade da água configuram importantes ferramentas analíticas e comprobatórias da realidade dos recursos hídricos, também como meio de divulgação simples dos resultados. Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo monitorar a qualidade da água do Riacho Maceió, Fortaleza-CE, por meio da avaliação individual e/ou agrupada dos parâmetros de qualidade da água. Realizou-se o monitoramento em dois intervalos distintos para posterior cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA/CETESB) e do Índice de Estado Trófico (IET/CETESB), onde, para o primeiro, monitorou-se de setembro de 2015 a agosto de 2016, com seis coletas de frequência bimestral, já para o segundo, de abril a agosto de 2016, frequência mensal, com total de cinco coletas. Foram avaliados oito dos nove parâmetros propostos pelo IQA, sendo eles: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato, Fósforo Total (PT), Turbidez, Sólidos Totais, pH e Temperatura. O parâmetro “Coliformes Termotolerantes” foi obtido por meio de trabalhos científicos já realizados na área. Para o cálculo do IET, avaliaram-se os seguintes parâmetros: Amônia, Nitrito, Nitrato, PT, Clorofila a, OD, pH e temperatura. Ambos os índices, IQA e IET, apresentaram resultados insatisfatórios, com classificações que apontam a má qualidade da água do riacho no período monitorado. De forma geral, os resultados do IQA apresentaram classificações “ruim” e “regular”, com grande influência dos baixos valores de concentração do OD e os altos valores de DBO e Fósforo Total, parâmetros que comprometem a qualidade da água e o próprio resultado de classificação do índice. As altas concentrações de Fósforo Total se mostraram como influência negativa no cálculo do IET, impactando a qualidade do recurso hídrico de forma negativa como causa potencial no processo de eutrofização, constatado nos resultados do IET, em que o IET PT apresentou classificação insatisfatória com altos níveis de eutrofização. Diante do observado, em linhas gerais, o Riacho Maceió apresenta má qualidade de água no cálculo do IQA e do IET (total, Cla e PT). Por fim, propõe-se a aplicação de medidas mitigadoras que visem recuperar o ambiente como um todo, bem como da qualidade da água, algumas delas: ações de educação ambiental, criação de parcerias que garantam um monitoramento frequente de qualidade da água, gestão eficaz de efluentes e resíduos sólidos de forma a garantir que esses não danifiquem o recurso hídrico, participação da comunidade local, dentre outras alternativas.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Riacho Maceió. Qualidade da água. IQA. IET.

ABSTRACT

Water resources have for a long time been exploited inappropriately, which has led to a series of negative impacts that end up altering water quality and compromising current and future uses. The water quality indexes constitute important analytical and verifying tools for the reality of water resources, also as a means of simple dissemination of results. In view of the above, this work has the objective of monitoring the water quality of the Maceió Creek, Fortaleza-CE, through the individual and/or grouped evaluation of water quality parameters. Monitoring was carried out at two different intervals for subsequent calculation of the Water Quality Index (WQI/CETESB) and the Trophic State Index (TSI /CETESB), where, for the first, it was monitored from September 2015 to August Of 2016, with six collections of bimonthly frequency, already for the second, from April to August of 2016, monthly frequency, with total of five collections. Eight of the nine parameters proposed by the WQI/CETESB were evaluated: Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Nitrate, Total Phosphorus (TP), Turbidity, Total Solids, pH and Temperature. The parameter "Coliformes Termotolerantes" was obtained through scientific work already carried out in the area. For the calculation of TSI, the following parameters were evaluated: Ammonia, Nitrite, Nitrate, PT, Chlorophyll a, DO, pH and temperature. Both indexes, WQI and TSI, presented unsatisfactory results, with classifications indicating poor water quality of the creek in the monitored period. In general, the WQI results presented "bad" and "regular" classifications, with a great influence of the low values of DO concentration and the high values of BOD and Total Phosphorus, parameters that compromise water quality and the result of Classification of the index. High concentrations of Total Phosphorus showed a negative influence on the calculation of the TSI, negatively impacting the quality of the water resource as a potential cause in the eutrophication process observed in the results of the TSI, in which the PT TSI presented an unsatisfactory classification with high levels Of eutrophication. In general, Riacho Maceió presents poor water quality in the calculation of IQA and TSI (total, Cla and PT). Finally, it is proposed to apply mitigating measures aimed at recovering the environment as a whole, as well as water quality, some of them: environmental education actions, creation of partnerships that guarantee frequent monitoring of water quality, effective management of effluents and solid waste in order to ensure that they do not damage the water resource, local community participation, among other alternatives.

Keywords: Water Resources, Maceió Creek , Water Quality , WQI , TSI.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas.	48
Tabela 02 - Ponderações dos “wi”, IQA-CETESB.	70
Tabela 03 - Classificação do IQA-CETESB.	70
Tabela 04 - Classificações de IET.	71
Tabela 05 - Correlação de Spearman para Clorofila a e pH, período 2, estação chuvosa.	85
Tabela 06 - Teste de Friedman para pH.....	86
Tabela 07 - Correlação de Spearman para Temperatura e Oxigênio Dissolvido, período 1. ..	89
Tabela 08 - Correlação de Spearman para Temperatura e Oxigênio Dissolvido, período 2. ..	90
Tabela 09 - Teste de Friedman para Temperatura, períodos 1 e 2.	90
Tabela 10 - Correlação de Spearman para DBO e OD, período 1.....	94
Tabela 11 - Correlação de Spearman para Oxigênio Dissolvido e Fósforo Total, período 1..	96
Tabela 12 - Teste de Friedman para OD e DBO, período 1.	97
Tabela 13 - Correlação de Spearman para Oxigênio Dissolvido e Amônia, período 2.....	99
Tabela 14 - Correlação de Spearman para Fósforo Total e Amônia, período 2.	99
Tabela 15 - Correlação de Spearman para pH e Amônia, período 2.	100
Tabela 16 - Teste de Friedman para Amônia.....	101
Tabela 17 - Correlação de Spearman para Amônia e Nitrito, período 2.	102
Tabela 18 - Teste de Friedman para Nitrito.....	103
Tabela 19 - Correlação de Spearman para DBO e Nitrato, período 1.	105
Tabela 20 - Correlação de Spearman para os parâmetros Nitrito e Nitrato, período 2.....	107
Tabela 21 - Correlação de Spearman para os parâmetros Nitrato e Clorofila a, período 2, estação chuvosa.	107
Tabela 22 - Teste de Friedman para Nitrato, períodos 1 e 2.....	108
Tabela 23 - Correlação de Spearman para Fósforo Total e Clorofila a, período 1.....	112
Tabela 24 - Correlação de Spearman para os parâmetros DBO e Fósforo Total, período 1. ..	113
Tabela 25 - Correlação de Spearman entre Fósforo Total e Nitrato, período 2.....	114
Tabela 26 - Teste de Friedman para Fósforo, períodos 1 e 2.	114
Tabela 27 - Teste de Friedman para Clorofila a, período 2, estação chuvosa.	117

Tabela 28 - Correlação de Spearman entre Sólidos Totais e Turbidez, período 1.	118
Tabela 29 - Correlação de Spearman para os parâmetros DBO e Turbidez, período 1.....	121
Tabela 30 - Correlação de Spearman para os parâmetros pH e Turbidez, período 1.	121
Tabela 31 - Teste de Friedman para turbidez.	121
Tabela 32 - Correlação de Spearman para DBO e Sólidos Totais, período 1.	125
Tabela 33 - Correlação de Spearman para Fósforo Total e Sólidos Totais, período 1.....	126
Tabela 34 - Correlação de Spearman para pH e Sólidos Totais, período 1.....	127
Tabela 35 - Teste de Friedman para ST.....	127
Tabela 36 - Valores de concentração dos parâmetros monitorados de abril a agosto de 2016.	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Bacias Hidrográficas do município de Fortaleza-CE.	65
Figura 02 - Riacho Maceió, Fortaleza-CE.....	66
Figura 03 - Delimitação da microbacia dos Riachos Papicu-Maceió, Fortaleza-CE.	66
Figura 04 - Unidade II: Orla de Fortaleza/CE.	67
Figura 05 - Foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.....	68
Figura 06 - Pontos monitorados para cálculo do Índice de Qualidade da Água – IQA CETESB.	72
Figura 07 - Pontos monitorados para cálculo do Índice de Estado Trófico (IET).	72
Figura 08 - Ponto inicial de coleta, foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.	73
Figura 09 - Ponto 02, zona intermediária da foz do Riacho Maceió.	74
Figura 10 - Ponto 03, zona final do canal da foz do Riacho Maceió.	74
Figura 11 - Ponto 04, estuário do Riacho Maceió, encontro com o mar.	75
Figura 12 - Kits de coleta de campo.	76
Figura 13 - Variação sazonal do pH, período 1.	83
Figura 14 - Variação sazonal do pH, período 2.	84
Figura 15 - Variação sazonal da temperatura, período 1.	87
Figura 16 - Variação sazonal da temperatura, período 2.	88
Figura 17 - Climatologia de Precipitações e Temperaturas médias.	88
Figura 18 - Variação sazonal do OD, período 1.	92
Figura 19 - Variação sazonal do DBO.	92
Figura 20 - Variação sazonal do OD, período 2.	93
Figura 21 - Leito da foz do Riacho Maceió.....	95
Figura 22 - Variação sazonal, amônia.	98
Figura 23 - Lançamento de efluente de drenagem urbana, Avenida Beira Mar.....	101
Figura 24 - Variação sazonal, nitrito.	102
Figura 25 - Variação sazonal do Nitrato, períodos 1.	104
Figura 26 - Variação sazonal do Nitrato, períodos 2.	105
Figura 27 - Variação sazonal do Fósforo, período 1.	109

Figura 28 - Variação sazonal do Fósforo, período 2.	110
Figura 29 - Crescimento excessivo de plantas aquáticas, Riacho Maceió.	111
Figura 30 - Eutrofização do espelho d'água, Riacho Maceió.	112
Figura 31 - Lançamento de efluentes, foz do Riacho Maceió.	113
Figura 32 - Crescimento de plantas e macrófitas no leito do trecho estudado.	116
Figura 33 - Variação sazonal, turbidez.	119
Figura 34 - Assoreamento de leito, Riacho Maceió.	120
Figura 35 - Variação sazonal, ST.	123
Figura 36 - Acúmulo de lixo e sedimento no leito da foz do Riacho Maceió.	124
Figura 37 - Acúmulo de lixo e sedimento no leito da foz do Riacho Maceió (II).	125
Figura 38 - Variação sazonal do IET PT.	130
Figura 39 - Variação sazonal do IET Cla.	132
Figura 40 - Foz do Riacho Maceió, crescimento excessivo de plantas no leito.	133
Figura 41 - Variação sazonal do IET total.	134
Figura 42 - Variação Sazonal do IQA.	138
Figura 43 - IQA, valores pontuais, temporada seca.	139
Figura 44 - IQA, valores pontuais, temporada chuvosa.	139
Figura 45 - Irrigação, por aspersão, da vegetação ornamental do Parque Otacílio Teixeira Lima Neto, Fortaleza-CE.	143
Figura 46 - Tubulações de irrigação, Riacho Maceió.	143
Figura 47 - Bomba de água utilizada no sistema de irrigação do Parque Otacílio Teixeira Lima Neto, Fortaleza-CE.	143

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Domínios geomorfológicos da Região Metropolitana de Fortaleza.	33
Quadro 02 - Índices Pluviométricos de Fortaleza-CE no período de setembro de 2015 a julho de 2016.	64
Quadro 03 - Trecho 04 da Unidade II, orla de Fortaleza-CE.	69
Quadro 04 - Parâmetros avaliados para obtenção do IQA.	77
Quadro 05 - Parâmetros avaliados para obtenção do IET.	78
Quadro 06 - Distinção dos graus de significância entre a variação de parâmetros.	79
Quadro 07 - Classificação da correlação de Spearman.	80
Quadro 08 - Perfil do pH, período 1.	83
Quadro 09 - Perfil do pH, período 2.	83
Quadro 10 - Temperatura (°C), período 1.	87
Quadro 11 - Temperatura (°C), período 2.	87
Quadro 12 - Valores de concentração de OD e DBO, período 1.	91
Quadro 13 - Valores de concentração de OD, período 2.	93
Quadro 14 - Valores de concentração de Amônia.	98
Quadro 15 - Valores de concentração de Nitrito.	101
Quadro 16 - Valores de concentração de Nitrato, período 1.	104
Quadro 17 - Valores de concentração de Nitrato, período 2.	105
Quadro 18 - Valores de concentração de Fósforo, período 1.	108
Quadro 19 - Valores de concentração de Fósforo, período 2.	110
Quadro 20 - Valores de concentração de clorofila a, período 2.	115
Quadro 21 - Valores de concentração de turbidez.	118
Quadro 22 - Valores de concentração de ST.	122
Quadro 23 - Classificação pontual do IET PT.	130
Quadro 24 - Classificação pontual do IET Cla.	131
Quadro 25 - Classificação pontual do IET total.	133
Quadro 26 - Níveis de trofia e suas características.	134

Quadro 27 - Panorama dos valores de concentração dos parâmetros monitorados no período de setembro de 2015 a julho de 2016.	136
Quadro 28 - Classificação pontual do IQA.	138
Quadro 29 - Propostas de medidas mitigadoras cabíveis no manejo da foz do Riacho Maceió.	146

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Meio Ambiente	16
3.2. Recursos Hídricos Superficiais	19
3.3. Zonas Costeiras.....	26
3.4. Monitoramento de Qualidade da Água	35
3.5. Índices de Qualidade da Água	45
3.6. Poluição e Eutrofização de Recursos Hídricos	47
3.7. Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras em Ecossistemas Aquáticos	56
3.8. Parque Otacílio Teixeira Lima Neto	62
4 METODOLOGIA.....	64
4.1. Caracterização da área	64
4.2. Índices de Qualidade de água	69
4.2.1. IQA.....	69
4.2.2. IET.....	70
4.3. Caracterização da Qualidade da água do Riacho Maceió	71
4.3.1. Pontos de amostragem e período de coleta	71
4.3.2. Parâmetros físicos e químicos, métodos analíticos e técnicas de coleta e preservação de amostras.....	75
4.4. Índices de Qualidade da Água	77
4.4.1. Amostragem dos pontos de IQA	77
4.4.2. Amostragem dos pontos de IET	78
4.5. Tratamento estatístico e análise dos dados	79
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
5.1. Caracterização da Qualidade de Água do Riacho Maceió.....	81
5.1.1. pH e Temperatura.....	82
5.1.2. Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio	91
5.1.3. Compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato).....	97
5.1.4. Fósforo	108
5.1.5. Clorofila a.....	115

5.1.6. Sólidos.....	117
5.3. Índice de qualidade da água (IQA)	135
5.4. Impactos ambientais e sugestões de medidas mitigadoras locais.	140
6 CONCLUSÕES	148
7 SUGESTÕES	149
REFERÊNCIAS	150
APÊNDICE A – Estatística descritiva do período de coleta 1.	162
APÊNDICE B – Estatística descritiva do período de coleta (2).	163
APÊNDICE C – Fotografias da foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.	165

1 INTRODUÇÃO

A relação “Homem-Meio Ambiente” apresenta um predomínio de cenários negativos gerados pelo uso desordenado dos recursos naturais, ao passo que se originavam os impactos negativos à qualidade do meio ambiente, impactos esses que se acentuaram devido à pouca preocupação de se buscar as devidas soluções cabíveis.

A ocupação urbana desordenada tem causado diversos problemas às bacias hidrográficas em suas diversas faces, como a alteração da forma natural do relevo, uso irregular do solo, exploração desordenada de recursos hídricos, contaminação superficial e subterrâneas por meio do lançamento de efluentes, não tratados provenientes de residências, comércio e indústrias, dentre outros fatores.

Por muito tempo a água foi vista como bem de uso infinito, o que levou a adoção de hábitos displicentes nos processos de utilização dos aportes hídricos disponíveis. Inicialmente as políticas e regulamentos relacionados a recursos hídricos visavam à viabilidade econômica do recurso, já que este se relacionava com atividades desse cunho, como a agricultura, a navegação e a produção de energia.

Posteriormente, o ser humano passa a se preocupar com a disponibilidade e a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, tendo em vista que a água é parte integrante de diversas atividades socioeconômicas, seja nos processos produtivos do setor industrial, no abastecimento humano, na dessedentação de animais, irrigação de culturas, entre outras.

Os corpos hídricos presentes no ambiente urbano recebem uma elevada pressão antrópica, devido às atividades socioeconômicas, que, associadas ao uso desordenado do solo, acabam por gerar impactos negativos à qualidade da água desses mananciais afetando, assim, a capacidade suporte desses ambientes, em virtude das alterações causadas às características naturais dos recursos.

O Riacho Maceió, localizado na orla de Fortaleza-CE, está inserido em uma área de intensa especulação imobiliária e atividades turísticas, fatores estes, que somados às alterações morfológicas já sofridas em seu ambiente, têm gerado uma gama de fatores negativos que interferem na dinâmica natural do ecossistema e que podem comprometer a qualidade da água do manancial.

Diante desse cenário, o monitoramento representa uma ferramenta necessária para que se reconheçam as potencialidades e também as deficiências de qualidade da água do trecho proposto, uma vez que este configura uma área de visitação intensa, bem como pela diversidade de usos feitos do ambiente, bem como dos recursos hídricos.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água da foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE, por meio do monitoramento individual e/ou agrupado de parâmetros de qualidade da água.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar os valores de concentração e correlações entre os indicadores de qualidade da água propostos;
- Calcular o Índice de Estado Trófico (IET) do riacho e identificar possíveis fontes poluidoras e sua influência sobre o processo de degradação da qualidade da água do riacho;
- Avaliar a influência dos macronutrientes no processo de eutrofização do Riacho Maceió, Fortaleza/CE;
- Validar o Índice de Qualidade da Água (IQA) por meio dos valores de concentração obtidos e valores adquiridos na literatura de parâmetros de qualidade da água;
- Propor alternativas de recuperação da qualidade do corpo d'água por meio de medidas mitigadoras.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Meio Ambiente

A existência do homem é curta se a compararmos com a existência da vida no planeta Terra. Durante seu processo evolutivo o homem passou a transformar o meio para suprir suas necessidades, sendo que no passado dependia das forças e manifestações produtivas da natureza, como a sucessão regular das estações, das precipitações nas ocasiões propícias, do crescimento das plantas, da reprodução dos animais, entre outros. (SILVA E CRISPIM, 2011).

Guimarães (2007) afirma que, o Homem tem dado ênfase à separação entre ser humano e natureza, resultando em uma postura antropocêntrica na qual o ser humano está colocado como centro e todas as outras partes que compõem o ambiente estão ao seu dispor, sem levar em conta as relações de interdependência entre os elementos existentes no ambiente. Os problemas ambientais de ordem antrópica decorrem do uso do meio ambiente para obter os recursos necessários para produzir bens e serviços, proporcionando conforto ao ser humano (SILVA; CRISPIM, 2011).

Com a urbanização e evolução da civilização, a percepção do ambiente mudou drasticamente e a natureza passou a ser entendida como "algo separado e inferior à sociedade humana", ocupando uma posição de subserviência (EFFTING, 2007).

Oliveira (2002) afirma que, o desenvolvimento da indústria e o crescimento dos padrões de consumo levaram o homem a refletir sobre seu modo de vida, ou seja, pensar sobre os efeitos do crescimento econômico no padrão de vida da sociedade.

Sachs (2004) acrescenta que os objetivos do desenvolvimento, distinto do crescimento econômico, vão bem além da multiplicação da riqueza material, embora o crescimento seja uma condição necessária, não se faz suficiente para se alcançar uma meta de vida melhor, mais feliz e completa para todos.

Para o modelo de produção capitalista, vigente em nossa sociedade, todo e qualquer recurso deve ser aplicado à produção para o lucro, acima de qualquer outra finalidade. Assim, pessoas e bens naturais são submetidos aos fins de acumulação monetária (LOUREIRO; AZAZIEL E FRANCA, 2007).

Hardin (1968) afirma que, a conciliação de interesses individuais em um “fator comum” não se dá apenas pela utilização de técnicas e tecnologias; ressalta também que a idealização do “bem comum” deve ser avaliada em longo prazo com atribuição de peso às variáveis, ou seja, mensurar o incomensurável.

Diegues (1992) relata que, as primeiras reações contra a sociedade da abundância não vieram necessariamente das sociedades subdesenvolvidas, mas sim de integrantes da classe média das sociedades industrializadas. O autor ressalta também a reação dos movimentos “marginais” como o dos hippies, das mulheres, da contracultura, das minorias raciais, entre outros.

Até o início dos anos 1960, não se sentiu muito a necessidade de distinguir desenvolvimento de crescimento econômico, pois as poucas nações desenvolvidas eram as que se haviam tornado ricas pela industrialização (VEIGA, 2005).

O autor também ressalta que, o desenvolvimento envolve a dinâmica entre a variável econômica e a cultural, já que o desenvolvimento depende da cultura no processo de formulação de um projeto, no entanto, este não pode se limitar aos aspectos sociais e sua base econômica, ignorando as relações entre a dinâmica de alterações do meio ambiente e sua relação com as gerações futuras, onde a coevolução entre estes fatores se dá em escalas distintas de tempo e espaço, o que implica na adoção de hábitos de prudência sobre a utilização do meio e de seus recursos, daí o conceito de desenvolvimento sustentável.

Para Diegues (1992), a revisão dos conceitos de desenvolvimento alcançou seu ponto mais alto em meados da década de 70, entre as propostas apresentadas estava presente o conceito de “Ecodesenvolvimento”, ao que parece introduzido no início da década de 70, como alternativa para a dicotomia “economiaecologia”; propondo uma nova ética de desenvolvimento, onde se sublinhava a necessidade de se utilizar os recursos naturais de cada ecossistema de maneira moderada pelas populações locais.

Lima (1999), afirma que a questão ambiental emergiu como problema significativo, a nível mundial, em torno dos anos 70, expressando um conjunto de contradições entre o modelo dominante de desenvolvimento econômico-industrial e a realidade socioambiental. O que resultou em um desequilíbrio entre a capacidade suporte do meio ambiente e os elevados níveis de exploração dos recursos naturais, gerando assim um saldo negativo de qualidade de vida das populações e do meio ambiente, desequilíbrio esse que pode comprometer a continuidade da vida em longo prazo.

Marcatto (2002) afirma que: “Os problemas ambientais não passaram a existir somente após a Revolução Industrial. É inegável, porém, que os impactos da ação dos seres humanos se ampliaram violentamente com o desenvolvimento tecnológico e com o aumento da população mundial provocados por essa Revolução”.

Conforme Brüseke (2003) no ano de 1972 um grupo de pesquisadores publicou o estudo Limites do Crescimento (The Limits to Growth), onde se destacava a necessidade de

mudanças nos processos de crescimento econômico e social e da interdependência deste crescimento com a capacidade suporte do meio ambiente e a garantia da continuidade da oferta de recursos ambientais.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2016): “A Declaração de Estocolmo, documento resultante da Conferência de 1972, afirmou como princípios básicos a conciliação entre desenvolvimento e proteção ambiental e a salvaguarda dos recursos naturais em benefício das gerações atuais e futuras, destacando o papel do planejamento racional como instrumento para a consecução de tais finalidades”.

À medida que os problemas ambientais se intensificavam, evidenciando a crise ambiental, diversas iniciativas revelaram a preocupação com o futuro do planeta, provocando reflexões e discussões em níveis mundiais. As preocupações com as questões ambientais tornaram-se cada vez mais densas, em razão das consequências das ações transformadoras do homem sobre o espaço, excessiva exploração da natureza, empobrecimento do solo, desigualdades sociais, miséria, poluição das águas, entre outros fatores, que contribuíram consideravelmente para este tipo de crise (KIST, 2010).

O desenvolvimento envolve a dinâmica entre a variável econômica e a cultural, já que o desenvolvimento depende da cultura no processo de formulação de um projeto, no entanto, este não pode se limitar aos aspectos sociais e sua base econômica, ignorando as relações entre a dinâmica de alterações do meio ambiente e sua relação com as gerações futuras, onde a coevolução entre estes fatores se dá em escalas distintas de tempo e espaço, o que implica na adoção de hábitos de prudência sobre a utilização do meio e de seus recursos, daí o conceito de desenvolvimento sustentável (VEIGA, 2005).

Sachs (2004) acrescenta que os objetivos do desenvolvimento, distinto do crescimento econômico, vão bem além da multiplicação da riqueza material, embora o crescimento seja uma condição necessária, não se faz suficiente para se alcançar uma meta de vida melhor, mais feliz e completa para todos.

Lima (1999), afirma que a questão ambiental emergiu como problema significativo, a nível mundial, em torno dos anos 70, expressando um conjunto de contradições entre o modelo dominante de desenvolvimento econômico-industrial e a realidade socioambiental. O que resultou em um desequilíbrio entre a capacidade suporte do meio ambiente e os elevados níveis de exploração dos recursos naturais, gerando assim um saldo negativo de qualidade de vida das populações e do meio ambiente, desequilíbrio esse que pode comprometer a continuidade da vida em longo prazo.

Conforme MMA (2016): “A Declaração de Estocolmo, documento resultante da Conferência de 1972, afirmou como princípios básicos a conciliação entre desenvolvimento e proteção ambiental e a salvaguarda dos recursos naturais em benefício das gerações atuais e futuras, destacando o papel do planejamento racional como instrumento para a consecução de tais finalidades”.

De acordo com o MMA, a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, tem como intuito, preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida, assegurando condições ao desenvolvimento socioeconômico, à segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Conforme a PNMA (1981), entende-se por recursos ambientais: a atmosfera; as águas interiores, superficiais e subterrâneas; os estuários; o mar territorial; o solo; o subsolo e os elementos da biosfera, a fauna e a flora. Sendo o meio ambiente o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

Outro passo importante na legislação brasileira foi a instituição da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SNGRH, ocorrida no mesmo período.

Conforme a PNRH (1997), constituem em seus fundamentos que:

- I – a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da PNRH e atuação do SNGRH;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

3.2. Recursos Hídricos Superficiais

A água constitui-se num bem absolutamente necessário e essencial para a sobrevivência de agrupamentos humanos, comunidades, coletividades, cidades e nações, que dela dependem tanto para existir simplesmente quanto para satisfazer as suas necessidades sociais e econômicas. Ora, a necessidade de água, em particular de água potável, não foge a construções discursivas que têm colocado o problema da ausência ou carência de água como vital para a humanidade (MACHADO, 2003).

Com efeito, a ideia de que a água é essencial à vida, assim como o próprio ar que se respira, não é mais um simples enunciado que se refere ao conjunto de propriedades e qualidades que mantêm a vida no nosso planeta. Nos dias de hoje, a água doce é indubitavelmente um dos bens mais preciosos e importantes que se conhece e que de algum modo se considera imprescindível para as populações (MACHADO, 2003).

Desde a gênese da história das civilizações, o domínio da água era perseguido, sendo limitado ao desenvolvimento de técnicas, como por exemplo, de irrigação, de canalizações exterior ou subterrâneas, de construção de diques, dentre tantas outras (ELMO, 1998).

Os primeiros sistemas de gestão de águas de que se tem registro ocorreram na Roma antiga, quando os romanos deixaram de retirar água diretamente do Rio Tigre e construíram inicialmente o aqueduto de Acqua Appia, passando nos anos seguintes à construção de outros aquedutos, o que resultou em uma rede hidráulica para abastecimento daquela cidade. Nas situações de crise de abastecimento de água, acredita-se que havia os caçadores de águas responsáveis pela procura de água em quantidade e de qualidade para o abastecimento hídrico. E assim, de acordo com a demanda, os romanos foram desenvolvendo sistemas de organização dos recursos hídricos (CAMPOS, 2001).

Em 97 a. C. Julius Frontinus VI foi nomeado pelo imperador para o cargo de Comissário de Águas de Roma, passando a ser o responsável por gerir um complexo sistema de captação de água em fontes afastadas para distribuição em reservatórios existentes ao longo da cidade. Já naquela época, “Os usos da água eram divididos em classes: nomine *Caesari*, *privatis* e *ususpublici*. A classe *ususpublici* era subdividida em *castra*, *opera publica*, *munera* e *lacus*. As águas nomine *caesari* destinavam-se ao palácio imperial e aos prédios diretamente sob o controle do imperador. As águas *privati* destinavam-se a particulares por concessão do Imperador (benefício *principis*) e estavam sujeitas ao pagamento de uma taxa. As águas *ususpublici*, destinavam-se a prédios públicos, a balneários, instalações militares e para-militares, fontes ornamentais e reservas de emergência” (CAMPOS, 2001, p. 21).

Habitando as margens dos rios, regiões costeiras e insulares, as civilizações construíram seus impérios, lançaram seus dejetos, construíram portos, pontes, aquedutos; navegaram, lavaram os corpos, beberam suas águas, pescaram, contraíram doenças, e no decorrer do fluxo histórico, as correntes de pensamento, tal como afluentes que avolumam os rios, trazendo novos conceitos e valores, foram modificando o próprio curso da história (ELMO, 1998).

A partir do desenvolvimento das atividades de mineração, o valor dos rios cresceu grandemente, na medida em que eles passaram a indicar o caminho das minas de ouro ou a significar o próprio ouro (para os casos de ouro de aluvião). Antes do

surgimento das vilas mineradoras, isto é, até o início dos setecentos, a água era utilizada, principalmente, pela navegação e o saneamento básico das poucas vilas litorâneas, além, é claro, de atender aos diversos usos da água que faziam as comunidades indígenas do interior e do litoral. Já existia, por certo, como explicita Freyre (1951) em seu estudo ecológico sobre o Nordeste, uma degradação na qualidade dos recursos hídricos, notadamente naqueles situados próximos aos engenhos de cana de açúcar do Nordeste, mas nada que se compare à que estava por vir no século XVIII (FONSECA e FILHO, 2006).

Preocupação antiga e constante dos responsáveis por governos e órgãos que exercem funções de caráter administrativo, a gestão das águas, incluindo o saneamento das águas servidas, é hoje mais do que nunca uma questão que dá margem a discussões políticas. Tal preocupação decorre da constatação de que os homens nem sempre se encontram diante de um contexto de abundância. Longe disso, a escassez de água potável foi, é e continuará sendo, por muitos e muitos anos, um problema para grande parte das populações do globo (MACHADO, 2003).

No período colonial, as Ordenações Filipinas, editadas quando o Brasil estava sob o domínio espanhol, foram as primeiras a trazer algum dispositivo que encontrasse relação com a proteção das águas quando ao fornecer o conceito de poluição, “proibiu a qualquer pessoa jogar material que pudesse matar os peixes e sua criação ou sujar as águas dos rios e das lagoas.” (ALMEIDA, 2002).

Em 10 de julho de 1934 é editado o Decreto nº 24.643, denominado Código de Águas, que definiu os tipos de água, critérios de aproveitamento além de dispor sobre a contaminação dos corpos hídricos e foi o primeiro diploma legal que disciplinou o aproveitamento industrial das águas no Brasil. O código classificava as águas como águas públicas de uso comum, águas comuns e águas particulares (MELO, MARACAJÁ e NETO, 2015).

O código dispunha sobre águas subterrâneas, mas, posteriormente, essa matéria ficou disciplinada no Código de Mineração (Dec. 227, de 28.02.1967), classificando as águas subterrâneas como jazida mineraria e determinou que seriam regidas por lei especial (MELO, MARACAJÁ e NETO, 2015).

Na esfera federal, o primeiro sistema de enquadramento dos corpos d'água se deu pela Portaria GM 0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior – MI, que classificava as águas doces em classes conforme os usos preponderantes a que as águas se destinam (ANDRADE, 2011).

Nas últimas décadas, o sistema de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil passou por uma série de inovações, as quais culminaram com a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos – através da Lei 9.433, de 9 de janeiro de 1997 – e da criação

da Agência Nacional de Águas, a ANA – através da Lei 9.984, de 17 de julho de 2000. Essas inovações foram fruto de um longo e profícuo debate que se intensificou entre a comunidade brasileira de recursos hídricos ao longo da década de 80, após o surgimento dos movimentos ambientalistas (FONSECA e FILHO, 2006). Os autores relatam que após o confronto de diversas experiências estatais e internacionais bem-sucedidas, foi implementada, finalmente, em 1997, uma política de recursos hídricos, no Brasil, moderna, avançada e, ao que tudo indica, factível. Esta política vem sendo elogiada pelos especialistas por privilegiar um sistema integrado, descentralizado e participativo.

Diante das pressões exercidas pelos diversos eventos da área ambiental e o cenário favorável, no ano de 1981 o Brasil implementa a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938/81, e institui o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, composto por órgãos das esferas nacional, estadual e municipal. Dentre os órgãos componentes do SISNAMA, destaca-se o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, o qual compete, entre outras atribuições, “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” (BRASIL, 2016).

Em 1988, a Constituição Federal deu atribuição à União para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que foi criado com a instituição da Lei nº 9.433 em janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos, que dentre outras contribuições, institui a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão de recursos hídricos, como exposto no o artigo 1º, em específico no inciso V.

Dentre as resoluções relacionadas aos recursos hídricos, destacam-se: Resolução CONAMA nº 20 de 1986, a 357 de 2005 (que revoga a nº 20), ambas relacionadas à recursos hídricos superficiais; Resolução CONAMA nº nº 396 de 2008, atual e referente ao enquadramento de águas subterrâneas; e a Resolução CONAMA nº 430 de 2011, que decorre sobre os padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos.

A água doce constitui elemento necessário para quase toda as atividades humanas, sendo, também, componente da paisagem e do meio ambiente. De forma direta a água é usada para beber, tomar banho, lavar roupa e utensílios, para a alimentação própria e dos animais. Além disso, também é utilizada nas indústrias e na irrigação de plantações. Portanto, para a água se manter nessas condições, deve-se evitar sua contaminação por resíduos, sejam eles agrícolas (de natureza química ou orgânica), esgotos, resíduos industriais, lixo ou sedimentos vindos da erosão (SILVA, 2007).

A disponibilidade hídrica vem sofrendo ameaças em quantidade e qualidade, a interferência antrópica tem deixado os corpos hídricos em estado de eutrofização. Tucci (2004), afirmou que o aumento populacional influencia diretamente no grande teor de poluentes provindos de esgotos domésticos, criando um ambiente aquático impróprio não só para o consumo quanto para a existência da biota local.

Segundo Sperling (2005), a poluição das águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo hídrico, prejudicando os legítimos usos que dele são feitos.

A resolução n.º 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, apresenta os parâmetros necessários para a caracterização do estado de qualidade dos corpos hídricos brasileiros e tem sido a melhor forma de consulta e acesso a informação do estado qualitativo dos recursos hídricos no Brasil.

A história da Política Estadual dos Recursos Hídricos começou a partir das discussões, em reuniões, das lideranças políticas e empresariais cearenses, pressionadas a cada ciclo da seca no semiárido nordestino, onde o Ceará possui cerca de 93% do seu território, para que fosse encontrada uma maneira de superação das más consequências trazidas pela estiagem, motivadora de um crescente êxodo rural com destino aos maiores centros urbanos, principalmente Fortaleza (CEARÁ, 2017).

Ainda conforme o órgão governamental, as iniciativas dos governos cearenses se somaram, a cada ciclo, aos projetos do governo federal tanto na elaboração de diagnósticos dos efeitos das secas quanto a soma de conhecimentos sobre o clima, o solo, a vegetação e água do semiárido. Ainda hoje é mantida a informação pesquisada de que o Ceará é o único Estado nordestino que possui um território com 80% de solo sobre cristalino e 20% de manchas férteis ou agricultáveis.

Por décadas o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado do Ceará ficou sob a responsabilidade do DNOCS, mas de forma incompleta, sobretudo por conta das ações deliberadas por tal instituição serem limitadas à construção de fixos (açudes, barragens e poços artesianos, por exemplo) implantados sem as devidas observações das particularidades locais, sejam elas ambientais ou socioeconômicas. Atualmente o departamento é responsável pela implantação de perímetros irrigados e pela construção de fixos federais associados ao abastecimento de água (LINS, 2011).

Para consolidar a gestão dos recursos hídricos no Estado, em 1992 foi estabelecido o Plano Estadual de Recursos Hídricos e instituído o Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH) pela Lei Estadual nº11.996, de 24 de junho do mesmo ano. Em

consonância com os princípios da Lei 9.433, que tem a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão; o gerenciamento seria integrado, participativo e descentralizado; a água seria reconhecida como bem econômico; a outorga, vista como um instrumento indispensável ao gerenciamento; defendia-se o reconhecimento da indissociabilidade quantidade/qualidade; e, por último, a necessidade da implantação de um órgão que auxiliasse a SRH na gestão das águas (no caso do Ceará, a Cogerh seria esse órgão). Atualmente fazem parte do Sigerh a Funceme, a SRH, a Sohidra e a Cogerh, todas instituições subordinadas à Agência Nacional das Águas (ANA) (LINS, 2011).

O autor ressalta o caráter emergencial de atuação do Estado, quanto à gestão, nos períodos de grandes estiagens via disponibilização de carros-pipa e criação das chamadas “frentes de trabalho” para a intensificação da perfuração de poços com vistas à construção de barragens e estradas. Tais políticas emergenciais são praticadas até hoje no sertão nordestino em virtude de os objetos geográficos implantados para a distribuição de água nas pequenas cidades ainda serem em um número reduzido.

Souza *et al.* (2011) abordam em seu trabalho que, em um cenário desejável de atuação, Programas e Projetos a serem propostos devem considerar algumas prioridades, além de pressupostos que são alertados pela AGENDA 21 para o enfrentamento da desertificação. Dentre as diretrizes sugeridas a esse respeito, cabe destacar as seguintes:

- Fortalecer a base de conhecimentos e desenvolvimento de sistemas de informação e monitoramento para as regiões susceptíveis à desertificação e à seca, incluindo os aspectos econômicos e sociais desses ecossistemas;
- Combater a degradação da terra através da conservação do solo e de atividades de florestamento e reflorestamento;
- Desenvolver e fortalecer programas de desenvolvimento integrados para a erradicação da pobreza e promoção de sistemas alternativos de vida nas áreas susceptíveis à desertificação;
- Desenvolver programas compreensivos anti-desertificação e integrá-los no planejamento ambiental;
- Incentivar e promover a participação e a educação ambiental com ênfase no controle da desertificação e no gerenciamento dos efeitos das secas.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Ceará tem por objetivos (CEARÁ, 2010):

I - compatibilizar a ação humana, em qualquer de suas manifestações, com a dinâmica do ciclo hidrológico, de forma a assegurar as condições para o desenvolvimento social e econômico, com melhoria da qualidade de vida e em equilíbrio com o meio ambiente;

II - assegurar que a água, recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento sustentável, possa ser ofertada, controlada e utilizada, em padrões de qualidade e de quantidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras, em todo o território do Estado do Ceará;

III - planejar e gerenciar a oferta de água, os usos múltiplos, o controle, a conservação, a proteção e a preservação dos recursos hídricos de forma integrada, descentralizada e participativa.

A fase presente caracteriza-se pela necessidade de criação da nova plataforma tecnológica que consagra a informação como insumo básico dos processos de gestão e monitoramento. A política tecnológica implantada pela SRH nos últimos anos visou a modernização do ambiente de trabalho e à reciclagem dos recursos humanos existentes, de modo que essa nova etapa pudesse ser enfrentada com sucesso (CEARÁ, 2017).

O litoral configura um outro cenário de destaque frente à gestão de recursos hídricos no estado do Ceará. O estado apresenta uma zona costeira de grande diversidade socioeconômica, bem como de grande variedade ecológica. Das praias urbanas da região metropolitana às mais exploradas por atividades turísticas localizadas em vilas de pescadores ou pequenos municípios, com um potencial turístico elevado vêm os impactos gerados pelo mesmo.

Os ambientes litorâneos, na contemporaneidade, passaram a ser recursos econômicos explorados, para vários usos que vão desde o extrativismo até o consumo da paisagem pelo turismo. A apropriação do litoral para usos diversos é fator de forte interferência na dinâmica costeira. O desenvolvimento acelerado das atividades econômicas tem causado transformações intensas com impactos socioambientais, alguns em estágios irreversíveis (ANDRADE, 2008).

Os estuários costeiros apresentam uma importância característica, pois funcionam como polos de atração da atividade humana, sendo a ocupação humana, no entorno dos estuários em geral, intensa, originando significativas mudanças morfológicas e diversos

mecanismos de poluição, os quais são conduzidos por meio do seu campo de velocidade e de suas características de turbulência e representam um risco potencial à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente aquático (NASSER, 2001).

3.3. Zonas Costeiras

A singularidade das zonas litorâneas decorre da excepcional combinação de um conjunto de fatores físicos e humanos que configuram o meio ambiente litorâneo. Do ponto de vista humano, é um meio de atividades e relações sócio espaciais amplamente influenciadas pela presença do mar (MICHAND, 1981, apud DANTAS, 2003).

Dados do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, apontam que 60% dos 475 milhões de habitantes da América Latina, vivem em províncias ou estados costeiros, bem como 60 das 77 maiores cidades são costeiras (LEMAY, 1998, apud GRUBER, 2003).

Segunda a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (2005): “A Constituição Federal, no parágrafo 4º, do art. 225, define a zona costeira como “patrimônio nacional” e especifica que “sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais”.

Da mesma forma, a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), definiu que seu detalhamento seria estabelecido em documento específico, no âmbito da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), visando orientar a utilização racional dos recursos na zona costeira.

Conforme o MMA (2014): “As zonas costeiras representam um dos maiores desafios para a gestão ambiental do País, especialmente quando abordadas em conjunto e na perspectiva da escala da União. Além da grande extensão do litoral e das formações físico-bióticas extremamente diversificadas, convergem também para esse espaço os principais vetores de pressão e fluxos de toda ordem, compondo um amplo e complexo mosaico de tipologias e padrões de ocupação humana, de uso do solo e dos recursos naturais e de exploração econômica”.

Segundo publicação do MMA: “[...] Na compartimentação do litoral brasileiro elaborado por Silveira (1964) in Muehe (1998), o litoral do Nordeste foi dividido em dois macros compartimentos: a costa semiárida, a noroeste do cabo do calcanhar, e a costa oriental ou costa dos tabuleiros, do cabo do calcanhar até a baía de todos os santos”.

A mesma retrata que: “A planície litorânea representa uma estreita faixa de terras com largura média de 2,5 km e que é formada em função da disponibilidade de elevados estoques de sedimentos por processos eólicos, marinhos, fluviais ou combinados, gerando

feições praias com largos estirâncios ao longo de toda a faixa costeira cearense. Nas praias de Redonda, Morro Branco, Fontes, Canoa Quebrada, Pontal de Maceió, Iparana, Camocim, dentre outras, a faixa de praia é estreita pela ocorrência de altos topográficos esculpidos em falésias vivas. Eventualmente, entre os níveis de maré alta e maré baixa, afloram rochas de praia que têm diagênese recente. A faixa praias é predominantemente arenosa, com a morfodinâmica controlada pelas ondas”.

A Zona Costeira brasileira, estabelecida como patrimônio nacional no parágrafo 4º do art. 225 da Constituição Federal, compreende uma faixa que se estende por mais de 8.500 km voltados para o Oceano Atlântico, considerando os recortes litorâneos, como baías e reentrâncias (BRASIL, 2013).

O MMA articula ações federais com os governos dos 17 estados litorâneos, por meio dos seus respectivos órgãos ambientais no papel de executores estaduais, que buscam integrar suas ações com os respectivos municípios, cabendo ao MMA a coordenar e articular a gestão costeira e a União, Estados e Municípios a execução desta gestão.

A Lei 7.661/88 instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, onde são definidos seus princípios, objetivos e instrumentos, os quais se propõem a atender as demandas de ações voltadas para o “Ordenamento da Ocupação e Uso do Solo”. A lei de gerenciamento costeiro somente foi regulamentada em 2004 através do decreto federal nº 5300, sendo definidos os instrumentos legais de ordenamento constituídos pelo Plano de Ação Federal da Zona Costeira (PAF), Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC), Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA), Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC), Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e o macrodiagnóstico da zona costeira (SILVA *et al.*, 2007).

Dantas (2003) contextualiza a apropriação do solo litorâneo brasileiro e cearense destacando que dentre os processos significativos encontram-se: a industrialização, a urbanização e a proliferação de segundas residências e as atividades turísticas.

O Estado do Ceará, segundo a classificação de Silva (1973) teria uma parte inserida na costa semiárida norte com direção W-E. A partir da foz do rio Acaraú a linha de costa apresenta direção predominante NE-SE, inserindo-se no litoral semiárido sul. O estado possui 19 municípios que fazem fronteiras com o mar. No entanto, no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) foram agrupados 33 municípios com atividades socioeconômicas e processos interdependentes com o litoral. A porção marítima é equivalente à faixa de terras submersas até 22.2 km da linha de costa (MORAIS *et al.*, 2016).

Conforme o PNGC a costa do Estado do Ceará está setorizada como: Setor Extremo Oeste (Amontada, Itarema, Acaraú, Cruz, Jijoca de Jericoacoara, Camocim,

Barroquina, Chaval e Granja), Setor Oeste (Paracuru, Paraipaba, Trairi, Itapipoca), Região Metropolitana de Fortaleza (Aquiraz, Fortaleza, Eusébio, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, Itaitinga, Guaiúba, Pacatuba, Maracanaú, Maranguape, Caucaia, São Gonçalo do Amarante) e Setor Leste (Icapuí, Aracati, Itaiçaba, Fortim, Beberibe, Cascavel, e Pindoretama) (OLIVEIRA et al., 2016).

O Governo do Estado do Ceará, em respeito às diretrizes do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, deu início em julho de 2004 ao projeto de Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro do Ceará, que foi coordenado pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) em parceria com o Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (SILVA et al., 2007).

(O ZEE) é um instrumento de planejamento destinado a ordenar o uso de a ocupação do solo, por meio da definição de zonas, em que são especificadas as formas de uso, tendo em vista os atributos ambientais e o desenvolvimento de uma região. O ZEE visa circunscrever e condicionar a ocupação territorial, por meio de regras e normas determinadas a partir de estudos sistematizados das características, fragilidades e potencialidades do meio ambiente de uma área. O zoneamento deve ser o resultado de um processo político-administrativo e se basear também nos conhecimentos técnico-científicos, a fim de possibilitar a fundamentação das diretrizes e normas legais que disciplinam o uso dos recursos naturais em dado território (VASCONCELOS, HADAD e MARTINS JUNIOR, 2013).

Conforme Silva et al., (2007): “Em seus objetivos específicos, o ZEE propôs-se a levantar, caracterizar e mapear, em sua totalidade, as áreas ocupadas com intervenções antrópicas, manguezais, salgados, apicuns, áreas de preservação permanente, unidades de conservação, áreas potenciais para implantação de novos empreendimentos e áreas com outros usos; quantificar as áreas de dunas e manguezais protegidas por legislação ambiental; fornecer elementos para o licenciamento de novos empreendimentos e atualização da legislação pertinente; e fornecer bases para o ordenamento do espaço territorial, objetivando a defesa dos ecossistemas”.

Os autores reiteram que o diagnóstico socioeconômico teve como objetivo explicar, a partir de condições sociais e econômicas determinadas, as principais tendências de uso do território, suas formas de produção e os modos e condições de vida a elas associadas; e mostrar como as relações de produção e reprodução nas diferentes áreas de estudo se manifestaram reconstruindo territórios e apropriando os recursos naturais disponíveis.

De acordo com (OLIVEIRA et al., 2016), a zona costeira do Estado do Ceará foi agrupada e compartimentada por Souza (2000), sob o ponto de vista geoambiental, nas seguintes unidades:

- (1) a planície litorânea (com subunidades constituídas pela faixa praial e campo de dunas móveis; campo de dunas fixas e paleodunas; desembocaduras fluviais em planícies flúvio-marinhas revestidas por manguezais, além de ocorrências eventuais e/ ou pontuais de pontas rochosas ou promontórios e de falésias);
- (2) as planícies fluviais com matas ciliares;
- (3) os corpos d'água lacustres envolvendo planícies flúvio-lacustres e lagoas freáticas;
- (4) áreas de acumulação inundáveis frequentes no Município de Aracati e
- (5) Tabuleiros Pré-Litorâneos ou Costeiros. A referida compartimentação foi utilizada por Souza (2003) para o Diagnóstico da Zona Costeira para a Gestão Integrada publicado pela Associação de Pesquisas e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS.

Vasconcelos e Coriolano (2008) afirmam que embora o desenvolvimento do litoral cearense tenha sido muito lento, à medida que se obtinham vantagens com as trocas comerciais iniciou-se o processo de transformação do espaço costeiro através do surgimento de vilas portuárias que evoluem e transformam-se em cidades litorâneas.

A dinâmica do crescimento populacional conjuntamente à garantia de sustentabilidade do ambiente urbano requer em seus diversos âmbitos: a extração de matéria-prima para produção no setor primário, o comércio de produtos e mercadorias, a manutenção do espaço urbano para garantia de acesso ao saneamento básico em todas as suas esferas, a construção de imóveis que garantam conforto aos seus usuários, do uso do solo pelos diversos setores da economia, das atividades turísticas, das matrizes energéticas fornecidas pela natureza e da produção de resíduos em todos os processos produtivos, entre outros fatores.

Conforme Silva e Crispim (2011), os problemas ambientais de ordem antrópica decorrem do uso do meio ambiente para obter os recursos necessários para produzir bens e serviços, proporcionando conforto ao ser humano.

Oliveira (2002) afirma que, o desenvolvimento da indústria e o crescimento dos padrões de consumo levaram o homem a refletir sobre seu modo de vida, ou seja, pensar sobre os efeitos do crescimento econômico no padrão de vida da sociedade.

Consequentemente ocorre uma geração de impactos que atuam direta ou indiretamente sobre o meio ambiente, estes geram demandas superiores àquelas que o ambiente natural é capaz de assimilar, seguindo assim uma escala crescente de fatores negativos, como: extração e uso desordenado de recursos naturais, perda de qualidade

ambiental, geração de subprodutos e resíduos, prejuízos à saúde ambiental, extrapolação da capacidade suporte do meio ambiente, aparecimento de áreas degradadas, desequilíbrio ambiental, e, por conseguinte perda de qualidade do ambiente urbano, que possui uma relação de simbiose com o ambiente natural.

Montenegro Jr. (2004) relata que, o litoral foi o primeiro local onde os colonizadores europeus se estabeleceram; o que configurou um primeiro contato com a América, sendo que as zonas litorâneas foram as primeiras a serem ocupadas em núcleos de povoamento que se transformaram em centros para difusão e polarização dos fluxos de colonização no Novo Continente.

Para Moraes (2007), o litoral também se particulariza, modernamente, por uma apropriação cultural que o identifica como espaço de lazer, por excelência, o que acarreta na atual valorização dos espaços preservados, neste sentido, e promove a sustentabilidade de uma das indústrias litorâneas de maior dinamismo, as atividades turísticas.

Conforme Gomes (2007), a zona costeira tem uma importância estratégica em termos ambientais, econômicos e sociais, fatores estes que devem ser considerados na resolução e mitigação dos problemas de forma a se gerar um ciclo sustentável de desenvolvimento, necessitando de se enquadrar numa gestão integrada e coordenada destas áreas, através do reconhecimento:

- Da existência de diversos conflitos de interesses na zona costeira, com sistemas abertos, muito dinâmicos, complexos, heterogêneos, de interface, frágeis, com elevadas oportunidades sociais e econômicas e, por conseguinte, fortemente polarizadores de atividades;
- Da dificuldade em fazer previsões das evoluções a médio e longo prazo dos sistemas físicos, sociais e econômicos, justificando a preparação de cenários e a combinação de cenários;
- Da necessidade de uma intensa mobilização, participação e responsabilização da sociedade civil, não limitada a grupos de pressão com interesses muito setoriais, a atitudes pessimistas e a lógicas corporativas.

Uma população a qual reconhece os valores da conservação e preservação do meio natural detém também da possibilidade de se relacionar de maneira sustentável com o mesmo, tendo em vista que este fator acarreta uma maior eficiência da geração de subsídios

para a relação natureza-homem e de uma consciência que minimiza os impactos negativos no sentido homem-natureza.

É vital o reconhecimento de que situações naturais altamente dinâmicas em zonas vulneráveis às ações do mar que no passado não suscitavam qualquer intervenção (nem existiam meios técnicos para fazê-lo) são atualmente contrariadas pelo tipo de ocupação do solo (construções em restingas, dunas, praias) e pelos usos (exploração portuária) que atualmente se verificam nessas zonas (GOMES, 2007).

O termo impacto tem sido usado cada vez com mais frequência, nos diversos meios de comunicação, sem que se tenha uma definição precisa de seu significado. Erroneamente temos tendência a associá-lo apenas a uma reação negativa, o que tem sido muito frequente, mas o impacto pode ser também positivo (VASCONCELOS e CORIOLANO, 2008).

Ainda conforme os autores, os impactos socioambientais são grandes mudanças que ocorrem na natureza e na sociedade. Se o homem muda o curso de um rio, provoca um impacto ligado mais a natureza com resultados para a sociedade. Se uma comunidade recebe turistas em maior proporção que o número de habitantes, causa impacto mais na sociedade, mas com rebatimentos na natureza.

No contexto geral das áreas costeiras, pode-se destacar a presença da população fixa do local e aqueles que se utilizam desses espaços apenas com finalidades turísticas, o que muitas vezes pode prejudicar o ambiente, no qual a população local tem de lidar com os impactos gerados pelo todo e assimilados pelo ambiente em que vivem, o que não recai, do mesmo modo, aos turistas, que lidam com esses impactos negativos à longa escala, se beneficiando dos impactos positivos a longo prazo, que seria a preservação e conservação do ambiente natural e o desenvolvimento do meio urbano, com melhores infraestruturas, conforto, paisagismo, entre outros fatores.

Effting (2007) retrata a evidente importância de sensibilizar os humanos para que ajam de modo responsável e consciente, conservando o ambiente saudável no presente e para o futuro; para que saibam exigir e respeitar os direitos próprios e os de toda a comunidade tanto local como internacional; e se modifiquem tanto interiormente, como pessoas, quanto nas suas relações com o ambiente.

É importante que as comunidades locais desenvolvam atividades que incentivem o bem-estar social entre os diversos utilizadores das áreas costeiras e também que prezem pela perenidade dos recursos naturais, a exemplo de atividades culturais que envolvam sociedade e meio ambiente.

Aqueles que vivem e trabalham em regiões costeiras, e também os futuros educadores, precisam ter um conhecimento destes ambientes para poder explorá-los de forma didática com alunos, professores ou comunidades, utilizando-se para isso de conhecimentos biológicos específicos, mas também levando em conta as dimensões econômica, social, cultural e ética que envolve os conflitos de interesses que provocam uma série de problemas ambientais nestas áreas, dentre eles a ocupação urbana, uma vez que, conforme a AGENDA 21, na zona costeira vive aproximadamente 60% da população mundial em uma faixa de 60 km de raio dos oceanos (GUERRA, 2000).

A faixa de praia da região metropolitana de Fortaleza sofreu processos de progradação e retrogradação durante as últimas décadas (Morais, 1972, Moraes e Pitombeiras, 1974, Moraes, 1980 in Moraes, 1981) com implicação direta na instalação do Porto do Mucuripe, e todos os quebra-mares colocados ao longo do litoral norte de Fortaleza muram de proteção no município de Caucaia formando arcos praias oriundos dos enrocamentos perpendiculares a linha de praia (OLIVEIRA et al., 2016).

Coriolano e Parente (2011) relatam a capital como conhecida por suas belas praias, construída e reconstruída modernamente, mantendo intensa presença de aspectos sertanejos. Hábitos e tradições do interior resistem ao tempo e guardam a memória do sertão, mesclam-se com a dinâmica urbana moderna da metrópole. Deste modo, o sertão vai até o mar e une culturas, cria novos hábitos civis que passam a fazer parte do cotidiano da população do fortalezense.

A Orla do Município de Fortaleza é composta por trechos em grande parte modificados por intervenções antrópicas, caracterizadas por ocupação urbana irregular e atividades de forte impacto ambiental. A ação humana desenvolveu o ambiente construído que desencadeou a fixação artificial das dunas, obras de engenharia para a contenção da erosão, portos e demais construções relacionadas com vias de acesso, edifícios residenciais e comerciais e assentamentos subnormais. É ao longo da planície costeira de Sabiaguaba (sudoeste da orla) que ocorre o maior conjunto de unidades ambientais preservadas (BRASIL, 2006).

A sequência de unidades de paisagem caracterizada ao longo do litoral de Fortaleza compõe uma orla de elevada complexidade morfológica, socioambiental, econômica e cultural. Está repleta de sistemas ambientais de relevante interesse ecológico, submetidos a uma ampla variedade de usos e ocupações (MMA, 2016). A ocupação histórica da orla oeste de Fortaleza ocorreu em grande parte, por favelas, equipamentos públicos de segunda ordem e indústrias, contrastando com as paisagens naturais de relevante beleza cênica, somado ao surgimento de favelas e antigas indústrias, onde ocorreria um reordenamento urbano, visado por empreendedores do turismo globalizado, ou de megaempreendimentos e resorts. Espaços

urbanos ficam em reserva para posterior incorporação ao reordenamento espacial (CORIOLANO E PARENTE, 2011).

Apesar de muitas discussões e polêmicas as obras do Porto do Mucuripe foram iniciadas em 1938, nas adjacências da ponta rochosa natural homônima. O perfil da praia da faixa L/O esteve estável até a construção dessa primeira grande obra. A partir daí os impactos ambientais alteraram e vem alterando drasticamente esses ambientes costeiros e litorâneos (FECHINE, 2007).

O autor relata fatores negativos relacionados à configuração dos impactos ambientais causados pela remoção de dunas, o aplainamento e descaracterização da faixa praia e póspraia, moradias na faixa de praia configurando como um indicador de ocupação residencial e um grande movimento de navios, logo no início da construção do Porto do Mucuripe.

De acordo com Maia (2010), as feições geomorfológicas dominantes no Sistema Hídrico Maceió/Papicu apresentam dois aspectos (Quadro 01) resultantes das combinações de fatores geológicos e climáticos.

Quadro 01 - Domínios geomorfológicos da Região Metropolitana de Fortaleza.

Domínio	Geomorfologia	Características	Localização
Planície Litorânea	Praias	Áreas cobertas e descobertas pelas águas do mar, formadas por sedimentos de constituição arenosa, cascalho, pequenos seixos e restos de conchas trazidas e depositadas pela ação das ondas e correntes marinhas	Caucaia, Fortaleza e Aquiraz
	Campos de Dunas	Apresentam feições típicas de dunas de barcanas (meia-lua), com declives suaves a acentuados. Limitados a uma estreita faixa paralela ao litoral.	Caucaia, Fortaleza e Aquiraz
	Planícies Flúvio-marinhas	Ambientes alagados onde se processa a mistura de água doce e salgada, criados pela deposição de sedimentos argilosos e ricos em matéria orgânica. São representados pelos mangues, ocorrendo de forma localizada na costa litorânea da RMF	Aquiraz, Eusébio, Fortaleza e Caucaia (continua)

Glacis Pré-litorâneos	Tabuleiros Pré-litorâneos	Relevos tabulares dissecados por vales alongados e de fundo chato. São representados por falésias, projetadas até a linha de praia, ocorrendo como uma faixa de largura variável paralela à linha de costa.	Aquiraz, Eusébio, Itaitinga, Pacatuba, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia
Glacis Pré-litorâneos	Planícies Fluviais	Desenvolvem-se associadas aos tabuleiros pré-litorâneos, no fundo chato dos vales. São áreas que abrigam melhores condições de solos e disponibilidade hídrica.	Aquiraz, Pacatuba, Fortaleza e Maracanaú

Fonte: adaptado de Brandão (1998); Silva (1998); e Fortaleza (2002), apud Maia (2010).

A Formação Barreira não aflora no Sistema Hídrico Maceió/Papicu, mas é um importante componente na formação deste sistema hídrico, já que sua composição areno-argilosa forma uma camada impermeável sob os corpos hídricos dificultando a infiltração da água para as camadas mais profundas do solo, permitindo seu acúmulo na superfície, formando a lagoa e os cursos fluviais (MAIA, 2010).

Segundo Sales (1993), a origem primária do surgimento do sistema lacustre se deve, de fato, a deflação realizada pelos ventos SE sobre os depósitos de dunas antigas. Evidências indicam que a lagoa do Papicu tem uma origem atual, certamente posterior ao rebaixamento das dunas antigas e, possivelmente, embora sem indícios seguros, anterior às dunas de neoformação.

Do ponto da geomorfologia regional, a Lagoa do Papicu insere-se na unidade morfológica referente ao domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos, caracterizada pela ocorrência de formas litorâneas do tipo dunas e planícies flúvio-marinhas, e feições do tipo tabuleiros pré-litorâneos, modelados nos sedimentos do grupo Barreiras (SOUZA, 1988).

Sales (1993) relata que é provável que toda a área da bacia desse complexo hídrico fosse representada por um único e extenso banhado, no qual os processos litorâneos foram posteriormente adaptando em feições de lagoas isoladas, segmentos fluviais e dunas atuais, com as quais o complexo não apresenta vinculação genética, mas evolutiva.

As planícies fluviais, por sua vez, são áreas que abrigam melhores condições de solo e disponibilidade hídrica. Na área em estudo, a planície fluvial é representada pelos riachos Papicu e Maceió. Devido ao processo intenso de ocupação, no período chuvoso esses

ambientes transformam-se em áreas de risco, de inundações e de transmissão de doenças para as populações que ali se estabeleceram. O sistema fluvial e lacustre Maceió/Papicu está inserido na planície litorânea sobre a unidade geológica de paleodunas sendo margeado na sua porção leste por dunas móveis ou recentes (SILVA, 2003; MAIA, 2010).

De acordo com Silva (2000, apud Silva, 2003), as planícies flúvio-marinhas são formadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos. Representam um ambiente constituído pela deposição de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue. Essas planícies encontram-se representadas por setores da região costeira, onde se processa a mistura de água doce dos rios e riachos com água salgada que penetra nos continentes através das marés. Exemplo nesse sentido é observado na planície flúvio-marinha do riacho Maceió, que se caracteriza como uma área de forte instabilidade e vulnerabilidade ambiental.

3.4. Monitoramento de Qualidade da Água

Todos os corpos de água doce estão interconectados, da atmosfera ao mar, através do ciclo hidrológico. Assim, a água constitui um ciclo contínuo, com diferentes estádios que vão desde águas pluviais a águas salinas marinhas. Estes são estreitamente interligados e podem influenciar uns aos outros diretamente, ou através de estágio intermediário. Cada um dos três principais tipos de corpo de água tem propriedades hidrodinâmicas distintamente diferentes (CHAPMAN, 2016).

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; superexploração de recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros. Como consequência destas atividades, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da destruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (GOULART e CALISTO, 2003).

Não se pode enfatizar o conhecimento profundo das propriedades hidrodinâmicas de um corpo de água sem que antes se estabeleça um sistema efetivo de monitoramento da qualidade da água. A interpretação dos dados da qualidade da água não pode fornecer conclusões significativas a menos que se baseie na variabilidade temporal e espacial do regime hidrológico (CHAPMAN, 2016).

Conforme a Resolução CONAMA nº 357 (2005): “monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou

periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água”.

Cada corpo de água doce tem um padrão individual de características físicas e químicas que são determinadas em grande parte pelas condições climáticas, geomorfológicas e geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem e no aquífero subjacente. Características sumárias, como sólidos dissolvidos totais, condutividade e potencial redox, fornecem uma classificação geral de corpos d'água de natureza similar. O teor de minerais, determinado pelo total de sólidos dissolvidos presentes, é uma característica essencial da qualidade de qualquer corpo de água resultante do equilíbrio entre dissolução e precipitação. O conteúdo de oxigênio é outra característica vital de qualquer corpo de água porque influencia grandemente a solubilidade dos metais e é essencial para todas as formas de vida biológica (CHAPMAN, 2016).

A qualidade da água, sob a ótica da engenharia ambiental, vai além de uma simples caracterização da água por sua composição química molecular, onde esta apresenta propriedade solvente e capacidade de transporte de partículas, incorporando em si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água (VON SPERLING, 2005).

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresente duas características marcantes, que condicionam, de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte (FUNASA, 2014).

Para Von Sperling (2005), a qualidade da água resulta de fenômenos naturais e ações antrópicas. De maneira geral, a qualidade de um determinado recurso é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, dependente dos seguintes fatores:

- **Condições naturais:** mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade da água é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Assim, a incorporação de sólidos em suspensão (partículas de solo, por exemplo) ou dissolvidos (como íons oriundos da dissolução de rochas) ocorre, mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais (ex: ocupação do solo com matas e florestas). Apresentando, assim, grande influência da cobertura e da composição do solo.

- **Interferência humana:** a interferência humana, quer de uma forma concentrada, geração de efluentes domésticos e industriais, quer de forma dispersa, aplicação e uso de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

De acordo com manual da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2014) a água é capaz de solubilizar gases e substâncias líquidas que acabam por alterar sua qualidade. A solubilidade destas substâncias está vinculada ao pH do meio, havendo geralmente um acréscimo da solubilidade com a redução do pH. Também o aumento da temperatura favorece a solubilidade das diversas substâncias químicas.

Ainda conforme o manual, quando acontece a circulação do corpo d'água, toda essa massa de substâncias dissolvidas, dentre elas vários nutrientes, emerge, o que pode favorecer o crescimento excessivo de algas e plantas, fenômeno da eutrofização. Entre os compostos dissolvidos na água, merecem destaque: nutrientes responsáveis pela eutrofização; compostos de nitrogênio (amônia, nitrito, nitrato) e de fósforo (fosfato); compostos orgânicos; metais pesados; e alguns cátions (sódio, potássio, cálcio, magnésio) e ânions (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloretos). Estas são as principais substâncias dissolvidas utilizadas para a avaliação da qualidade de uma amostra de água.

Os setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário têm feito parte da agenda política de países em desenvolvimento, interagindo com diversas políticas públicas de elevado alcance social, tais como saúde, meio ambiente e desenvolvimento urbano, e desempenham importante papel tanto na conservação ambiental como no bem-estar social. Esses serviços, se prestados com eficiência, contribuem para promover e garantir as condições ambientais necessárias à qualidade de vida e à saúde da população. No Brasil, entretanto, o saneamento básico adquire importância e complexidade relevantes, caracterizadas pela extensão territorial: regiões diferenciadas pelo clima, relevo e natureza do solo e população com diferentes estágios sociais e culturais. A falta de tratamento dos esgotos urbanos torna-se a principal fonte poluidora dos recursos hídricos, comprometendo, dentre outros aspectos, as atividades da pesca, a irrigação, o lazer e o abastecimento de água dos municípios, elevando os riscos de infecções decorrentes da precariedade das condições sanitárias, além de elevadas parcelas dos recursos destinados à saúde pública (ALENCAR FILHO e ABREU, 2005).

Ressalta-se que o termo qualidade, para fins de estudo e monitoramento de recursos hídricos, se refere às indicações das características físicas, químicas e biológicas de águas brutas estabelecidas por lei, no caso do Brasil, o documento legal que norteia e estabelece os valores padrão ou valores máximos permitidos é a resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Conforme FUNASA (2014): “A qualidade requerida está bem definida nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme especificado nas Resoluções CONAMA 357/05, 396/08 e 430/2011, que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e superficiais e estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os principais indicadores da qualidade da água são separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos”.

A qualidade da água foi determinada como um dos principais critérios para o estabelecimento do uso da água, pois esses padrões buscam, acima de tudo, a segurança da população consumidora. Isto é devido ao fato de que a qualidade da água não é necessariamente um estado de pureza, mas é configurado por suas características fisiológicas, químicas e biológicas. Estudos que incluem monitoramento dos ecossistemas aquáticos são essenciais para o acúmulo de informações e conhecimentos sobre a qualidade dos corpos d'água. Compreender a importância da qualidade da água para a vida humana é fundamental e impõe a necessidade de transferir dados e informações para o público, sobre como aproveitar e conservar este recurso natural com o objetivo de obter sustentabilidade (FORMIGA, 2014).

Merten e Minella (2002) ressaltam que o comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento doméstico decorre da poluição causada por diversas fontes, dentre elas: efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola. Os efluentes domésticos, por exemplo, são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos.

Segundo Prüss-Üstün *et al.* (2008), cerca de 9,1% das doenças mundiais e de 6,3 % de todas as mortes são evitáveis, melhorando a gestão dos recursos hídricos, abastecimento de água potável, saneamento e higiene. A importância global de duas dessas intervenções foi reconhecida no Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM), ou seja, reduzir pela metade a proporção de pessoas sem acesso a água potável e saneamento básico entre 1990 e 2015. Desde a publicação do ODM, as melhorias em infraestrutura foram intensificadas com investimentos em fornecimento de água potável, saneamento e higiene, contribuindo para a redução de doenças relacionadas com a água. A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) relatam que, desde 1990, mais de 2 bilhões de pessoas passaram a ter acesso a fontes de água potável e 1,8 bilhões de pessoas ao saneamento básico (WHO, 2012), conquista essa obtida pelo esforço e compromisso de líderes governamentais, grupos públicos, do setor privado, as comunidades e indivíduos (FORMIGA, 2014).

A manutenção dos sistemas lóticos brasileiros tem sido considerada um grande desafio para a sociedade atual. Diante de um cenário sem precedentes, no qual os sistemas lóticos vêm sofrendo frequentemente uma variedade de distúrbios ambientais, tem sido

exigido, cada vez mais, que medidas alternativas sejam tomadas em prol da conservação da biodiversidade aquática (RODRIGUES, MALAFAIA e CASTRO, 2010).

Ainda conforme os autores: “o Brasil, embora tenha sido representado na primeira reunião da Sociedade Internacional de Limnologia realizada em 1922, em Kiel - Alemanha, de acordo com Buss (1990), definitivamente não seguiu as tendências mundiais de avaliação e conservação dos sistemas fluviais. Esse fato aumenta a necessidade e a responsabilidade, por parte das instituições de ensino e pesquisa e dos órgãos governamentais, de incentivar e implementar estudos que visam promover uma avaliação de caráter global dos ecossistemas lóticos, que enquanto recurso sócio-ambiental apresenta relevante valor econômico e social, que constitui objeto de disputas e conflitos politicamente significativos”.

A poluição a que os corpos d'água estão sujeitos, causada por diferentes fontes de origem urbana, rural e industrial, conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins. Esses planos, além de medidas de acompanhamento de suas metas, através de fiscalização, requerem para sua proposição e efetiva implementação, dados que indiquem o estado do ambiente aquático. Para esse fim, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água. Programas de monitoramento da qualidade da água são estabelecidos para avaliar as substâncias presentes na água, avaliadas sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (SANTOS *et al.*, 2001).

O monitoramento de variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada, e determinação destas concentrações alteradas (CHAPMAN, 2016).

Ainda conforme o autor, a qualidade do ambiente aquático pode ser definida como:

- Conjunto de concentrações, especiação e partições físicas de substâncias inorgânicas ou orgânicas.
- Composição e estado da biota aquática no corpo d'água.
- Descrição de variações temporais e espaciais devido a fatores internos e externos ao corpo de água

O monitoramento da qualidade da água de uma bacia hidrográfica é um dos principais instrumentos de base para uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, pois funciona como indicativo que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos recursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (BRASIL, 1997).

Conforme Brasil (2011), monitoramento é o instrumento utilizado para verificar se a água está de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação. Basicamente, o monitoramento da qualidade da água visa avaliar a qualidade da água consumida pela população ao longo do tempo, bem como a eficiência do tratamento e a integridade do sistema de distribuição (BRASIL, 2011).

Para realizar o monitoramento da qualidade da água devem ser coletadas amostras para análises dos parâmetros definidos na Norma de Potabilidade de Água. Ressalta-se que o setor saúde e os responsáveis pelo fornecimento de água possuem planos de amostragem diferenciados, no que se refere à frequência e ao número de amostras. O plano de amostragem para o monitoramento da qualidade da água, realizado pelo setor saúde, é definido com base na população do município e no parâmetro analisado, conforme estabelece a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (BRASIL, 2011)

Os estudos de monitoramento de qualidade de água têm papel fundamental na produção e divulgação de informações, principalmente as de abrangência local. O escopo local é a unidade inicial de gestão e gerenciamento do meio ambiente, de forma que se apliquem ações efetivas aos cenários de degradação ambiental e se gerem dados que alimentem os sistemas regionais e nacionais, o que facilita a articulação dos órgãos ambientais competentes na fiscalização e tomada de decisões. Em 07 de março de 2005, com a publicação em Diário Oficial da instrução normativa SVS Nº 1, redefiniu-se o antigo Sistema Nacional de Vigilância em Saúde (Vigisus) em Subsistema de Vigilância em Saúde Ambiental (SNVSA) (FREITAS I e FREITAS II, 2017).

O setor de vigilância da qualidade da água para consumo humano, parte integrante do SNVSA, tendo como finalidade o mapeamento de áreas de risco em determinado território (...), para avaliação das características de potabilidade (...), com vistas a assegurar a qualidade da água e evitar que as pessoas adoeçam pela presença de patógenos ou contaminantes presentes nas coleções hídricas (Fundação Nacional de Saúde, 2002, apud FREITAS I e FREITAS II, 2016).

Também conforme os autores, este setor é também o responsável pela coordenação do Sistema de Informação de Vigilância e Controle da Qualidade da Água de Consumo Humano (Sisagua) e pela identificação, acompanhamento e avaliação das ações e as metas da Programação Pactuada Integrada de Epidemiologia e Controle de Doenças (PPI-ECD) correspondentes a sua competência. As informações têm alimentando o banco de dados no que diz respeito aos aspectos físico-químicos, químicos e microbiológicos e dados sobre a qualidade, a vazão, a população abastecida e a localização do sistema de abastecimento de água.

A Portaria MS no 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Conforme descrito no artigo 5º da referida norma, o abastecimento de água à população pode ocorrer de três formas distintas (BRASIL, 2011):

1. Fornecimento coletivo de água por meio de sistema de abastecimento de água (SAA);
2. Abastecimento coletivo de água por meio de solução alternativa coletiva (SAC), e;
3. Abastecimento individual por meio de solução alternativa individual (SAI).

Conforme a portaria nº 2914 de 2011 (BRASIL, 2011), compete à Secretaria de Vigilância em Saúde/MS, em âmbito nacional:

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água;

II - estabelecer ações especificadas no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA);

III - estabelecer as ações próprias dos laboratórios de saúde pública, especificadas na Seção V desta Portaria;

IV - estabelecer diretrizes da vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem implementadas pelos Estados, Distrito Federal e Municípios, respeitados os princípios do SUS;

V - estabelecer prioridades, objetivos, metas e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Tripartite; e

VI - executar ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

O portal da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2016) relata que a agência opera uma rede básica de qualidade de água que conta com 1.340 pontos em todo o país, onde são feitas análises de 04 parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura) durante as campanhas de medição de vazão. Esses 04 parâmetros têm seus resultados obtidos automaticamente por meio de sondas multiparamétricas que são postas em

contato com os corpos d'água, não necessitando de coleta, transporte e análise de amostras em laboratórios.

No entanto a avaliação de 4 parâmetros não é suficiente para caracterizar a qualidade dos recursos hídricos brasileiros, sendo necessários outros parâmetros que requerem coletas de amostras e análises laboratoriais. Apesar do custo dessas análises nos laboratórios não ser elevado, os custos de logística (coleta, armazenamento e transporte de amostras) muitas vezes são, tendo em vista a grande distância entre os pontos de coleta e os laboratórios. Para reduzir esses custos é necessário que se agregue os Estados ao Programa, para que eles auxiliem no monitoramento e utilizem seus resultados (BRASIL, 2016).

Segundo informações do Sisagua, relativas ao ano de 2011, o estado do CE possui 100% dos municípios com algum tipo de informação inserida no Sisagua, seja de cadastro das formas de abastecimento, controle e/ou vigilância da qualidade da água para consumo humano, entretanto, salienta-se a necessidade de uma atuação estadual mais consistente em relação às ações preconizadas pelo Vigiaqua (BRASIL, 2011).

A partir dos dados inseridos no Sisagua (2011), observa-se que no estado do CE, mais de 80% da população é abastecida por SAA e o restante utiliza soluções alternativas como forma de abastecimento.

Observa-se que o estado do CE apresenta um percentual de população abastecida por SAA sem tratamento inferior ao percentual da região Nordeste e Brasil. A taxa de morbidade de Hepatite A também foi inferior a taxa registrada para o Brasil, mesmo com uma menor cobertura do serviço de esgotamento sanitário, de acordo com dados do censo IBGE (BRASIL, 2011).

Um outro exemplo de monitoramento em esfera estadual é o de balneabilidade das praias do litoral cearense, monitoramento este que é executado pela Superintendência de Meio Ambiente do Ceará (CEARÁ, 2017).

O Programa de Monitoramento Balneabilidade das Praias visa o monitoramento da qualidade da água das praias do Estado, atendendo às determinações das Resoluções Nº. 274/2000 e Nº. 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Trata-se de um instrumento da SEMACE para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário (CEARÁ, 2017).

De acordo com o órgão, o monitoramento leva em conta os aspectos sanitários, classificam-se as áreas em “própria” ou “imprópria”, tendo como parâmetro base a densidade

de Coliformes Termotolerantes. Em Fortaleza, as coletas são realizadas semanalmente em 31 pontos, distribuídos em 03 setores:

1. **Setor Leste** – Compreendido entre a praia do Caça e Pesca e a praia do Farol; com 11 (onze) pontos de amostragem;
2. **Setor Centro** – Compreendido entre a praia do Iate e a praia em frente à Indústria Naval do Ceará (INACE), nas imediações do número 100, da Av. Presidente Kennedy, com 10 (dez) pontos;
3. **Setor Oeste** – Compreendido entre a praia do Marina's Park Hotel, na Avenida Presidente Castelo Branco, N°. 400, até a foz do rio Ceará, com 10 (dez) pontos

Nas praias do litoral leste e oeste do Estado, as coletas são realizadas mensalmente abrangendo 34 pontos, distribuídos em dois setores:

1. **Setor Leste** – Do município de Aquiraz até o município de Icapuí, com 17 pontos de amostragem;
2. **Setor Centro** – Do município de Caucaia até o município de Barroquinha, com 17 pontos de amostragem.

Na esfera municipal, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará é responsável pelo monitoramento de qualidade da água distribuída e também de alguns outros tipos de monitoramento, como o hidrobiológico, realizado nos corpos d'água superficiais.

O órgão dispõe de 204 laboratórios de análises no Estado do Ceará, sendo 196 minilaboratórios localizados nas estações de tratamento de água e oito situados nas suas respectivas unidade de negócio. O laboratório central da Companhia, situado em Fortaleza, conta com o reforço de oito laboratórios de médio porte localizados nas cidades de Russas, Itapipoca, Crateús, Sobral, Acopiara, Juazeiro, Quixadá e Fortaleza. Os laboratórios têm a finalidade de realizar os testes de qualidade da água diariamente para seus clientes, com monitoramento semanal, através de análises mais completas e diariamente, de acordo com a população abastecida, é realizado um número variável de análises de amostras da água coletada na rede de distribuição desses sistemas (CAGECE, 2016).

Conforme o portal da companhia, para monitorar a qualidade da água na rede de distribuição de seus sistemas, realiza-se, a cada duas horas, testes feitos desde a água bruta até a chegada nas residências, passando pelas diversas etapas de tratamento. Com estas análises feitas rotineiramente, a Cagece assegura aos seus clientes a possibilidade de beber água diretamente da torneira sem nenhum problema. Sete parâmetros são analisados todos os dias: cloro residual livre, turbidez, cor, flúor, coliformes totais, Escherichia Coli e O₂ consumido,

este último analisado a cada quatro horas. E semanalmente, cinco análises são feitas, analisando a alcalinidade, dureza, cloretos, alumínio residual e ferro.

A Companhia utiliza pontos estratégicos para colher a água bruta e realizar os testes. São mais de 16 mil pontos espalhados somente na Região Metropolitana e outros diversos pontos no Interior, onde são coletadas amostras proporcionais ao número de pessoas atendidas pela Cagece em cada área. Alguns locais como clínicas de hemodiálise, hospitais, asilos, creches, escolas e pontos de baixa pressão são classificados como prioridade para amostragem e análise da água por serem locais onde há grande circulação de pessoas (CAGECE, 2016).

A Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) realizou em 2014 e 2015 um monitoramento não sistemático dos rios e efluentes do município de Fortaleza, o qual obteve um resultado pouco satisfatório. Esse dado é o resultado do Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos do Fortaleza, realizado de maneira esporádica, que consiste em atividades de coletas e análises da qualidade das águas dos recursos hídricos em questão (FORTALEZA, 2017).

Ainda de acordo com a SEUMA (FORTALEZA, 2016), a ausência de infraestrutura sanitária de coleta de esgoto e o lançamento clandestino deste através de ligações clandestinas ou proveniente de ocupações irregulares nos recursos hídricos contribuem para a deterioração na qualidade dos corpos d'água presentes no município.

Neste sentido, reitera-se a importância da aplicação de índices de qualidade da água de forma a abranger a realidade dos corpos hídricos, identificar e corroborar os impactos negativos incidentes, facilitar a identificação das principais fontes geradoras de poluição, diagnosticar a qualidade da água, gerar prognósticos aplicáveis às áreas degradadas e apoiar a gestão local de recursos hídricos, alimentando bancos de dados e informando a população residente e usuária.

Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste sentido, a busca em trabalhos de campo é a obtenção de índices de qualidade de água que reflitam resumidamente e objetivamente as alterações, com ênfase para as intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial (COUILLARD & LEFEBVRE, 1985, apud TOLEDO E NICOLELLA, 2002).

3.5. Índices de Qualidade da Água

Os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento. Esse processo requer um número cada vez maior de informações com distintos graus de complexidade. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (MARQUES *et al.*, 2007).

Para caracterização da qualidade da água são analisados fenômenos físico-químicos e biológicos que são associados a diversos parâmetros, dificultando a avaliação de suas inter-relações. Definiu-se, portanto, sintetizar esses fenômenos, por meio de um único número e relacioná-lo a um estado de qualidade da água, tornando-os mais compreensível à sociedade em geral. Em contrapartida, durante o processo de síntese podem ocorrer perdas de informações sobre o comportamento de cada parâmetro analisado (PEREIRA *et al.*, 2013).

Marques *et al.* (2007) reiteram que a utilização de indicadores de qualidade é uma das formas de se obter comparabilidade e representatividade dos resultados na amostragem para o monitoramento da qualidade da água (in natura, captada, produzida ou distribuída) com a possibilidade de demonstrar ou comunicar os padrões de qualidade do produto. Geralmente, um índice de qualidade de água agrupa três categorias amplas de variáveis: físicas, químicas e biológicas, contendo cada uma um número significativo de variáveis.

Conforme Toledo e Nicolella (2002) e Souza, Ferreira e Formiga (2014), dentre as várias técnicas utilizadas para elaboração de índices de qualidade da água, pode-se destacar àquela desenvolvida pela *National Sanitation Foundation Institution* e usada em países como EUA, Brasil, Inglaterra, sendo esta a mais empregada. Outros índices foram desenvolvidos baseados em características físico-químicas da água, como o de Liebmann (1969) e Harkins (1974), além de índices baseados em características biológicas, comumente associadas ao estado trófico dos rios.

Naturalmente, muitos destes índices contemplam certo grau de subjetividade, pois dependem da escolha das variáveis que constituirão os indicadores principais. Índices baseados em técnicas estatísticas favorecem a determinação dos indicadores mais característicos do curso d'água em estudo (HAASE *et al.*, 1989).

Os principais índices de qualidade da água utilizados no Brasil são: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP), Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Contaminação por Tóxicos, Índice

de Balneabilidade (IB) e o Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA) (PEREIRA *et al.*, 2013).

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Uma forma de avaliar e monitorar os efeitos das atividades antrópicas da bacia hidrográfica sobre a qualidade da água é o emprego de índices de qualidade de água (IQA), que se baseiam principalmente em fatores limnológicos e físico-químicos (CARVALHO, SCHLITTLER e TORNISIELO, 2000).

A partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation-NSF" dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA - Índice de Qualidade das Águas, que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (SÃO PAULO, 2013).

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores "rating". Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados (SÃO PAULO, 2013).

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

O Índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (SÃO PAULO, 2016).

O IET desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010), tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas, ou o potencial para o desenvolvimento de macrófitas aquáticas (SILVEIRA *et al.*, 2007).

O Índice de Estado Trófico, utilizado pela CETESB-SP, configura uma ferramenta de estudo do fenômeno de eutrofização em corpos hídricos, sendo subdividido em estados tróficos de diferentes intensidades e concentrações, ambos tabelados, que facilitam a

classificação e divulgação das informações obtidas, onde o fósforo é indicado como causador da eutrofização, enquanto a Clorofila a é a resposta ao desenvolvimento do fenômeno.

O Índice de Estado Trófico, no sentido utilizado pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, tem sido um dos principais parâmetros para averiguar as condições de degradação ambiental de ambientes lóticos e lênticos. Quando se analisa um corpo aquoso para suas múltiplas funções, tais como abastecimento público, irrigação, lazer, dessedentação animal, dentre outras, é comum associar as análises de trofia, por meio do fósforo total e clorofila-a, com as de microrganismos patogênicos (SAAD *et al.*, 2013).

Conforme CETESB (2016) nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET (P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a IET (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas.

3.6. Poluição e Eutrofização de Recursos Hídricos

Os corpos hídricos presentes no ambiente urbano sofrem um processo intenso de degradação, fruto das diversas fontes poluidoras, geradas por meio dos impactos negativos que as atividades antrópicas exercem sobre os ecossistemas aquáticos, dentre eles, os mananciais que cruzam as áreas densamente populosas.

As intervenções no leito natural desses mananciais, como a alteração dos taludes laterais, revestimento artificial do leito, canalização, desvios de curso, entre outros fatores, somados às cargas poluentes lançadas na água e os demais usos inadequados, acabam por levar à perda da qualidade da água desses recursos, provocando a disseminação de doenças, enchentes, erosão, acúmulo de sedimentos, eutrofização, entre outras consequências negativas aos ambientes natural e urbano.

Tucci (2008) relata que as populações agropastoris formada de pequenos grupos ou núcleos que convergiram para as cidades atuais. Até o século XX, o desafio das cidades era evitar a proliferação de doenças, especialmente pelas condições sanitárias dos efluentes da própria população que contaminava suas fontes de abastecimento, criando condições ideais de proliferação de doenças infecciosas. Nesse momento, as ações “higienistas” visavam o abastecimento de água de fontes seguras e a coleta de esgoto, com despejo a jusante (sem tratamento) do manancial da cidade, tiveram como finalidade evitar doenças e seus efeitos, no entanto, o impacto não era resolvido, mas sim jogado para a jusante.

Ainda de acordo com o autor, no início da década de 1970 houve um marco importante com a aprovação do “Clean Water Act” (Lei de água limpa) nos Estados Unidos. Nesta fase houve a preocupação de se tratar os recursos hídricos com as melhores e mais eficientes tecnologias de tratamento e corrigir erros antigos de gestão dos recursos hídricos e gerenciamento das estruturas de saneamento básico.

Posteriormente, num momento o qual o autor denomina como “fase do desenvolvimento sustentável“, alguns países têm investido no desenvolvimento de uma política de desenvolvimento sustentável urbano baseado no tratamento das águas pluviais urbanas e rurais, conservação do escoamento pluvial e tratamento dos efluentes em nível terciário para retirada de nitrogênio e fósforo que eutrofizam os lagos, a Tabela 01 traz as etapas mencionadas e o quadro geral apresentado pelo autor.

Tabela 01- Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: antes de 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Tratamento de esgoto, doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento Sustentável: depois de 1990	Tratamento terciário do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: Tucci, 2008.

Conforme Tucci (2004), no início da década de 70 o Brasil investia fortemente em hidrelétricas, anos em que as grandes barragens do rio Paraná foram construídas. O movimento ambiental no Brasil se resumiu a um conflito no rio Guaíba no rio Grande do Sul pela operação de uma fábrica de papel. Nos anos 80 o mundo enfatizou os efeitos do clima global, onde os principais focos foram: o acidente de Chernobyl, impacto do desmatamento de florestas e o uso de barragens. No Brasil observou-se a aprovação da lei ambiental em 1981; grande pressão sobre os investimentos internacionais em hidrelétricas, pelo seu impacto ambiental local e talvez global em regiões como a Amazônia.

O autor relata que nos anos 80 foram eliminados os empréstimos internacionais para construção de hidrelétricas, com grande impacto na capacidade de expansão deste sistema no Brasil. A maioria das empresas consultoras voltadas para projetos hidrelétricos tiveram redução de pessoal da ordem de 90%. No final dos anos 80 (em 1987) começa a discussão da lei de recursos hídricos onde três grupos setoriais disputam forças: energia, meio ambiente e agricultura.

Segundo Hespanhol (2008) a, sistemática atual de distribuição de água para abastecimento é a mesma adotada pelos romanos há mais de dois mil anos, resolvendo, precariamente, o problema de abastecimento de água em uma região, em detrimento daquela que a fornece. Como os sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgotos não são expandidos em correspondência às novas vazões aduzidas, ocorre um aumento da poluição na região que a recebe.

O autor reitera que há a necessidade de se adotar um novo paradigma que substitua a versão romana de transportar, sistematicamente, grandes volumes de água de bacias cada vez mais longínquas e de dispor os esgotos, com pouco, ou nenhum tratamento, em corpos de água adjacentes, tornando-os cada vez mais poluídos.

No que se refere a corpos d'água, a resolução CONAMA nº 357 (2005) coloca que: “carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo”.

De forma geral, a poluição das águas tem como origem diversas fontes, dentre as quais se destacam (SÃO PAULO, 2006):

- cargas pontuais de origem doméstica e industrial; e
- cargas difusas de origem urbana e agrícola.

Chapman (2016) esquematizou a poluição do ambiente aquático como a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia que resultem em efeitos deletérios como:

- Danos aos recursos vivos;
- Perigos para a saúde humana;
- Obstáculos para atividades aquáticas, incluindo a pesca;
- Degradação da qualidade da água quanto à sua utilização em actividades agrícolas, industriais e muitas vezes econômicas;

- Redução de amenidades.

Uma das principais causas da baixa disponibilidade hídrica se relaciona às ações antrópicas sem planejamento do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, as quais causam a poluição da água. Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Essas alterações podem produzir impactos estéticos, fisiológicos – distúrbios em organismos aquáticos causados pela variação de amônia – ou ecológicos. O conceito de poluição da água tem-se tornado cada vez mais amplo em função de maiores exigências com relação à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos (BRAGA, PORTO e TUCCI, 2002).

A Resolução CONAMA nº 430 (2011) relata que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nessa resolução e em outras normas aplicáveis.

A capacidade suporte é um fator primordial que deve ser relevado no controle da poluição em corpos hídricos, uma vez que cada ambiente possui deficiências e potencialidades, além de suas peculiaridades, no caso dos corpos hídricos, o tipo de fluxo da água, o solo constituinte da área da bacia, o regime de chuvas, a renovação do aporte de água, a presença de mata nativa em suas margens, o assoreamento, dentre outros fatores que devem ser observados e respeitados, para que se garanta o equilíbrio da biota.

Segundo a Resolução CONAMA nº 430 (2011): “capacidade de suporte do corpo receptor: valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento”.

Há ampla evidência de que os custos impostos aos usuários de água por meio da descarga de resíduos em cursos de água são grandes e os custos potenciais estão aumentando rapidamente. Em resposta a esta situação, cidades e indústrias têm sido obrigadas ou induzidas a realizar enormes investimentos em instalações de eliminação de resíduos (KNEESE, 2011).

O desenvolvimento urbano tem produzido um ciclo de contaminação, gerado pelos efluentes da população urbana, que são o esgoto doméstico/industrial e o esgoto pluvial. Esse processo ocorre em razão de (TUCCI, 2008):

- Despejo sem tratamento dos esgotos sanitários nos rios, contaminando este sistema hídrico;
- O esgoto pluvial transporta grande quantidade de poluição orgânica e de metais que atingem os rios nos períodos chuvosos;

- Contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos, por meio das fossas sépticas, vazamento dos sistemas de esgoto sanitário e pluvial, entre outros;
- Depósitos de resíduos sólidos urbanos, que contaminam as águas superficiais e subterrâneas, funcionando como fonte permanente de contaminação;
- Ocupação do solo urbano sem controle do seu impacto sobre o sistema hídrico.

Diferentes atividades antrópicas poluem o ambiente natural com metais. Concentrações tóxicas de metais como Arsênio (As) e Mercúrio (Hg) podem acumular-se na coluna de água, no sedimento e em organismos (BARKY et al., 2003). Sendo o mercúrio um dos principais fatores contaminantes em mananciais próximos a atividades de garimpo, em rios como o Amazonas, sendo que esta contaminação pode ocorrer de forma natural, por natureza de formação dos solos, ou por origem antrópica, por meio de atividades de garimpo (como as hidrelétricas). As combinações dos gradientes de mercúrio nos reservatórios com a mudança do hábito alimentar dos peixes afetam as condições a montante e a jusante da barragem. (Malm et al 1990, Lacerda 1995, Pfeiffer & Lacerda 1988, Nriagu 1992, Roulet & Lucotte 1995; Tundisi, 2014, apud LOPES, 2012).

O uso de agrotóxicos tem se mostrado como uma das principais fontes de poluição das águas em escala global. Armas e Monteiro (2005) relatam que ao longo dos anos, a agricultura mundial cresceu em produtividade e área cultivada, acompanhada pelo uso intenso de agrotóxicos, que também sofreram grandes evoluções. Muitas moléculas novas surgiram, com características físico-químicas que propiciam funcionalidades diferenciadas e comportamentos ambientais distintos, com grandes alterações nos perfis toxicológicos e ecotoxicológicos, fruto dos avanços tecnológicos.

Em pouco tempo, muitas vertentes estarão livres das formas mais grosseiras e óbvias de poluição, tais como materiais flutuantes e sólidos em suspensão, uma vez que é amplamente aceito que os custos sociais de permitir tal poluição superam os custos sociais de removê-la, ao menos em áreas densamente povoadas. Este tipo de poluição pode ser controlado de uma maneira comparativamente eficiente por tratamento em emissários individuais (EAGLE, 2011).

O autor reitera que, a remoção do material mais ofensivo é apenas um começo. Uma coisa é remover os sólidos fecais de um riacho e outro para assegurar que os resíduos orgânicos residuais não interfiram com a cultura dos peixes, causando deterioração periódica do oxigênio. Uma coisa é remover o óleo de um efluente industrial para assegurar que os

fenóis residuais não impõem um custo de tratamento maior nos usos de água municipais a jusante.

Nos países em desenvolvimento, as cidades variam de estágio, quanto às águas urbanas. Inicialmente, quando a população é pequena, o abastecimento é realizado a partir de poços ou de um corpo d'água próximo, e o esgoto é despejado na drenagem (quando existe) ou evolui para poços negros ou fossas sépticas. Existe o risco de a água de abastecimento ser contaminada pelo próprio esgoto. Esse cenário é dramático quando o solo tem baixa capacidade de infiltração, as fossas não funcionam e o esgoto escoia pelas ruas ou por drenagem. Esse estágio é anterior ao higienismo, o que provoca a proliferação de doenças transmitidas pela água. Nesse estágio pré-higienista, doenças como diarreia são a principal causa de mortalidade infantil. O Brasil infelizmente está ainda na fase higienista em razão de falta de tratamento de esgoto, transferência de inundação na drenagem e falta de controle dos resíduos sólidos (TUCCI, 2008).

O desenvolvimento da biota (flora e fauna) nas águas superficiais é governado por uma variedade de condições ambientais que determinam a seleção de espécies, bem como o desempenho fisiológico de organismos individuais. A produção primária de matéria orgânica, sob a forma de fitoplâncton e macrófitas, é mais intensiva em lagos e reservatórios e geralmente mais limitada nos rios. A degradação das substâncias orgânicas e a produção bacteriana associada pode ser um processo em longo prazo que pode ser importante nas águas subterrâneas e nas águas profundas dos lagos que não estão directamente expostas à luz solar (CHAPMAN, 2016).

Os danos à saúde humana e o aumento exagerado dos custos do tratamento da água são algumas das consequências econômicas mais severas e problemáticas da eutrofização. Segundo Esteves (2011), dentre os principais efeitos da eutrofização na água, citam-se a produção de macrofitas aquáticas, aflorações de algas, inclusive cianobactérias, produção de toxinas na água, variação da concentração de oxigênio dissolvido na água, emanção de odores para a atmosfera, mortalidade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, modificações na qualidade e quantidade de peixes, e contaminação da água destinada ao abastecimento público. A eutrofização dos corpos d'água provoca ainda o entupimento dos sistemas de filtragem e deficiência nas etapas de decantação e floculação das estações de tratamento de água, confere gosto e odor às águas de abastecimento público, reduz o fluxo de entrada de água em usinas hidroelétricas, inviabiliza a navegação e impede o uso para recreação (SAAD et al., 2013).

Os condicionantes do processo de eutrofização são: os lançamentos de efluentes domésticos e industriais ricos em nutrientes, decorrentes do processo desordenado de urbanização das grandes cidades e a inadequada cobertura de coleta e tratamento desses efluentes; características edáficas das regiões onde se encontram os mananciais, por muitas vezes em solos ricos em micro e macronutrientes e o uso indiscriminado de fertilizantes ou de

defensivos agrícolas, que terminam sendo carregados para o corpo d'água (OENEMA e ROESTI, 1998).

Conforme Silva *et al.* (2001), os nutrientes essenciais se classificam em macronutrientes (de maior absorção pelas plantas) e micronutrientes (absorvidos em menores quantidades):

- Macronutrientes: Nitrogênio (N), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S);
- Micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Considerado como o elemento nutriente mais importante, o nitrogênio pode ser problema devido a sua facilidade de lixiviação que se dá, principalmente, na forma de nitrato (NO_3^-), íon que, por causa de carga negativa, é pouco retido pelo solo. Embora haja ampla evidência de que o NO_3^- está se acumulando nas águas subterrâneas, a contribuição dos fertilizantes ainda não está bem definida, em virtude das desconhecidas perdas por desnitrificação, quando se faz o balanço de N no solo. No entanto, sabe-se que a lixiviação do nitrato está positivamente correlacionada com a quantidade de N aplicada e do volume de água drenada (BERTON, 1992).

O fósforo está presente, sobretudo, nas descargas de esgoto e nas águas provenientes do escoamento superficial de terras cultivadas. Esse elemento torna-se perigoso por ser o nutriente mais importante para o processo de eutrofização do corpo hídrico, ou seja, o enriquecimento de nutrientes minerais e orgânicos que pode promover crescimento excessivo de algas e de plantas aquáticas, causar a desoxigenação da água levando a morte aos peixes, bem como trazendo prejuízos de ordem econômica em razão do entupimento de captações e consequente paralisação de atividades como a geração de energia hidrelétrica e a irrigação. (OLIVEIRA FILHO, 2002).

Devido à imobilidade do fósforo (P) no solo, a adubação fosfatada representa pouca ou nenhuma ameaça para a qualidade das águas subterrâneas, mesmo quando aplicadas em grandes quantidades de fósforo, na forma de adubo, lodo de esgoto ou esterco. Pesquisadores têm demonstrado que o fósforo do adubo se concentra na camada arável do solo, não se movendo mais do que 10 cm depois da aplicação. Assim, a maioria do fósforo perdido nos solos agrícolas se dá pelo escoamento superficial em que o transporte de argila e da matéria orgânica resulta num sedimento rico em fosfato. A adubação fosfatada aumenta a quantidade de P no sedimento e, por conseguinte, a porcentagem de P disponível às algas. Em

vista disso, a melhor maneira de se controlar a eutrofização dos rios e lagos com esse nutriente é o controle da erosão (BERTON, 1992).

- Fósforo

O fósforo total no esgoto doméstico apresenta-se como fosfatos, nas seguintes formas (IAWQ, 1995 apud SPERLING *et al.*, 2009):

- inorgânica (polifosfatos e ortofosfatos) – origem principal nos detergentes e outros produtos químicos domésticos;
- orgânica (ligada a compostos orgânicos) – origem fisiológica

O fósforo presente nos detergentes e na água residuária bruta ocorre na forma de polifosfatos solúveis ou, após hidrólise, na forma de ortofosfatos. O fósforo originário dos detergentes pode representar até 50% da concentração de fósforo total no esgoto doméstico. Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. Os polifosfatos se transformam em ortofosfatos pelo mecanismo de hidrólise, que apesar de lento, inicia-se, e parcialmente ocorre, no próprio sistema de coleta de esgoto. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo sem necessidade de conversões a formas mais simples. A forma na qual os ortofosfatos se apresentam na água depende do pH, e incluem PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4 . Em esgoto doméstico típico, a forma predominante é o HPO_4^{2-} (SPERLING *et al.*, 2009).

O fósforo é um dos macronutrientes mais presentes nos esgotos domésticos, ou mesmo hoteleiros, já que este é produto de composição de grande parte de produtos de limpeza doméstica.

A importância do fósforo associa-se principalmente aos seguintes aspectos (SPERLING *et al.*, 2009):

- O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Usualmente, o esgoto doméstico possui um teor suficiente de fósforo, mas em certos despejos industriais o teor pode ser insuficiente para o crescimento dos microrganismos;
- O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento de algas, podendo, por isso, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas;
- O fósforo não apresenta implicações sanitárias na qualidade da água.

Considerado um dos principais nutrientes natureza, pode ser classificado como Ortofosfato fosfato condensado e fósforo combinado organicamente. O fósforo é total corresponde à soma de todos os resultados encontrados das formas de fósforo citadas acima.

Sendo assim o fator representante da presença de nutrientes no meio aquático (SILVA e OLIVEIRA, 2001).

Merten e Minela (2002) abordam que: “O crescimento excessivo de algas e plantas reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido nas águas, afetando adversamente o ecossistema aquático e causando, algumas vezes, mortalidade de peixes. Além dos impactos causados aos ecossistemas aquáticos, o aumento dos níveis de nutrientes na água pode comprometer sua utilização para abastecimento doméstico, devido a alterações no sabor e odor da água ou à presença de toxinas liberadas pela floração de alguns tipos de algas. Além das implicações causadas pelos nutrientes aos recursos hídricos, é necessário considerar, também, a contribuição dos agroquímicos e dos metais pesados”.

- Nitrato

Conforme Sperling *et al.* (2009), O nitrogênio é um componente de grande importância em termos de poluição das águas, devido, principalmente, aos seguintes aspectos:

- O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas, podendo, por isso, em certas condições, conduzir ao fenômeno de eutrofização de lagos e represas;
- O nitrogênio, nos processos de conversão da amônia em nitrito e, em seguida, do nitrito em nitrato (nitrificação), implica no consumo de oxigênio dissolvido no corpo d'água;
- O nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes;
- O nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como a metemoglobinemia (síndrome do bebê azul).

Assim como o fósforo, o nitrato é proveniente de efluentes, tanto domésticos, quanto agrícolas e industriais. Este poluente possui carga oposta às partículas do solo, o que favorece o avanço de sua pluma em direção às camadas mais inferiores de solo. É resultante do processo de nitrificação, sendo a forma mais estável do nitrogênio amoniacal.

O nitrato é a forma mais remota do nitrogênio amoniacal presente em corpos d'água, por este fato, além das limitações laboratoriais, foi escolhido como parâmetro de avaliação da qualidade da água. Este nutriente também está associado a outros impactos antrópicos, como a poluição de aquíferos, doenças, eutrofização de corpos hídricos superficiais, entre outros.

Em resumo, alguns efeitos indesejáveis podem ser provocados pelo processo de eutrofização, como (PERNAMBUCO, 2016):

- O aparecimento de florações de algas nas águas, crescimento da vegetação e maus odores (ESTEVES & BARBOSA, 1986; GOODWIN, 1996);
- Elevação da produção primária (acrécimo na disponibilidade de nutrientes, leva a um crescimento excessivo do fitoplâncton. Essa explosão da produtividade primária é acompanhada por um decréscimo na diversidade de espécies e um domínio de algas azuis indesejáveis- cianobactérias);
- Diminuição do oxigênio dissolvido, com predominância das condições anaeróbias, morte de peixes, toxicidade aumentada devido à amônia;
- O ferro e manganês, encontram-se na forma solúvel prejudicando o abastecimento de água. O fósforo, também se encontra solúvel (FOY, 1992; TUNDISI et al., 1988);
- Desaparecimento do lago devido ao acúmulo de material e vegetação no fundo (ARAÚJO, 1996).

O desequilíbrio ambiental provocado pelo processo de eutrofização artificial dos corpos hídricos é gerado por impactos antrópicos negativos, muito embora, toda a biota seja afetada e, por conseguinte, alterada, de forma que possam ocorrer mudanças nas relações intraespécies, como a competição, por conta da redução da disponibilidade de alimento, entre outros fatores que caracterizam ambientes em desequilíbrio.

Por definição, o termo habitat, num sentido mais amplo, significa o lugar onde um organismo vive incluindo todas as suas dimensões: física, química e biológica; e num sentido mais restrito, de acordo com Karr & Chu (1999), refere-se à estrutura física de um ambiente. Para Barbour et al. (1999), distintos habitats possibilitam o estabelecimento de grupos distintos de organismos aquáticos sobre os quais a evolução forja estratégias e características dos seus ciclos de vida (RODRIGUES, MALAFAIA e CASTRO, 2010).

3.7. Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras em Ecossistemas Aquáticos

O dinamismo imposto pelo desenvolvimento provoca inevitável exaustão de recursos. E aqui entram os hídricos; há alterações intensas e replicantes de curso, há inovações de uso no ciclo hidrológico, há conflitos, impactos e, numa visão panorâmica de maior prazo, uma grande ameaça de escassez (TUNDISI, 2014).

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; superexploração de

recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros. Como consequência destas atividades, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (GOULART E CALISTO, 2003).

As atitudes comportamentais do homem, desde que ele se tornou parte dominante dos sistemas, têm uma tendência em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental. Ele esbanja energia e desestabiliza as condições de equilíbrio pelo aumento de sua densidade populacional, além da capacidade de tolerância da natureza, e de suas exigências individuais. Não podendo criar as fontes que satisfazem suas necessidades fora do sistema ecológico, o homem impõe uma pressão cada vez maior sobre o ambiente. Os impactos exercidos pelo homem são de dois tipos: primeiro, o consumo de recursos naturais em ritmo mais acelerado do que aquele no qual eles podem ser renovados pelo sistema ecológico; segundo, pela geração de produtos residuais em quantidades maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural de nutrientes. Além desses dois impactos, o homem chega até a introduzir materiais tóxicos no sistema ecológico que totem e destroem as forças naturais (MORAES e JORDÃO, 2002)

O planejamento urbano é realizado para a cidade formal, e para a cidade informal são analisadas tendências dessa ocupação. Os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano são (TUCCI, 2008):

- Falta de tratamento de esgoto: grande parte das cidades da região não possui tratamento de esgoto e lança os efluentes na rede de esgotamento pluvial, que escoam pelos rios urbanos (maioria das cidades brasileiras);
- Outras cidades optaram por implantar as redes de esgotamento sanitário (muitas vezes sem tratamento), mas não implementam a rede de drenagem urbana, sofrendo frequentes inundações com o aumento da impermeabilização;
- Ocupação do leito de inundação ribeirinha, sofrendo frequentes inundações;
- Impermeabilização e canalização dos rios urbanos com aumento da vazão de cheia (sete vezes) e sua frequência; aumento da carga de resíduos sólidos e da qualidade da água pluvial sobre os rios próximos das áreas urbanas;
- Deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes tem criado potenciais riscos ao abastecimento da população em vários cenários, e o mais crítico tem sido a ocupação das áreas de contribuição de reservatórios de abastecimento urbano que, eutrofizados, podem produzir riscos à saúde da população.

Tundisi (2014) resumiu os principais impactos nas bacias hidrográficas e suas consequências nos recursos hídricos, na biodiversidade aquática, nos custos do tratamento e na perda dos serviços dos ecossistemas aquáticos. Onde se observa uma cadeia e um conjunto de inter-relações e consequências que não só afetam os ecossistemas aquáticos e seus componentes, mas também a economia regional, a saúde humana, a disponibilidade hídrica e a perda de serviços ecossistêmicos. Há efeitos diretos e indiretos dos processos resultantes dos impactos.

Conforme a Resolução CONAMA n.º 01 de 23/01/1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - As atividades sociais e econômicas;

III - A biota;

IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - A qualidade dos recursos ambientais.

Os corpos hídricos presentes no ambiente urbano acabam por receber impactos negativos diretos e indiretos, o que acarreta uma alteração da paisagem natural, da qualidade dos recursos naturais e desequilíbrios na biota.

Como abordam Goulart e Calisto (2003), os rios são coletores naturais das paisagens, refletindo o uso e ocupação do solo de sua respectiva bacia de drenagem. Os principais processos degradadores observados em função das atividades humanas nas bacias de drenagem são o assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, diminuição da diversidade de habitats e micro habitats e eutrofização artificial (enriquecimento por aumento nas concentrações de fósforo e nitrogênio).

Hespanhol (2008) relata que, um estudo feito pelo Banco Mundial, analisando os recursos investidos em projetos de abastecimento de água internacionais, mostrou que o custo por metro cúbico de água potável do “próximo” projeto pode ser equivalente a duas ou três vezes o custo do anterior.

O aumento do valor econômico atribuído à água decorre da associação dos fatores de transporte, transposição e distribuição aos fatores de degradação dos recursos hídricos, ou seja, os custos para reverter a poluição da água se agrega, logo, ocorre o encarecimento dos novos projetos, ainda mais se levados em conta os sistemas pontuais de tratamento, muitas vezes ineficientes frente à crescente degradação dos recursos hídricos.

Há que considerar, ainda, os problemas legais e político-institucionais associados a transposições interbacias. Essa prática tende a se tornar cada vez mais restritiva, ante a conscientização popular, a arregimentação de entidades de classe e o desenvolvimento institucional dos comitês de bacias afetadas pela perda de recursos hídricos valiosos (HESPANHOL, 2008).

Conforme Tundisi (2014), os impactos se distribuem por todas as bacias hidrográficas brasileiras, em maior ou menor intensidade, dependendo do nível de atividades agrícolas e industriais, ressaltando-se quatro problemas fundamentais consequentes desses impactos: o aumento da toxicidade de águas superficiais e subterrâneas e da biota aquática; o aumento dos custos de tratamento de água para produção de água potável; os impactos na saúde humana, gerando mais gastos econômicos com tratamentos e internações; aumento da vulnerabilidade das populações humanas. A sinergia entre extremos hidrológicos, por exemplo, e os usos excessivos do solo, com diminuição das coberturas vegetais e remoção de áreas alagadas resultaram em desastres urbanos e de áreas periféricas de grandes proporções, causando acidentes com mortes e gerando instabilidade social.

Os impactos negativos somados à demanda exercida sobre os recursos hídricos requer que se adote uma logística que vise a manutenção da disponibilidade dos recursos, bem como sua qualidade, o que exige um esforço por parte dos órgãos responsáveis pela gestão desses recursos, como as ações mitigadoras, por exemplo. Moraes e Jordão (2002) reforçam que o Brasil ainda possui a vantagem de dispor de abundantes recursos hídricos. Porém, possui também a tendência desvantajosa de os desperdiçar.

Tucci (2008), relata que a gestão de recursos hídricos passa por uma série de agravantes de comprometem a eficácia da gestão destes recursos. A construção global dessa estrutura de gestão esbarra em algumas dificuldades:

- Limitada capacidade dos municípios para desenvolverem a gestão, considerando a maioria desses;
- O sistema de gestão das bacias ainda não é uma realidade consolidada na maioria dos países da América do Sul;

- Reduzida capacidade de financiamento das ações pelos municípios e o alto nível de endividamento.

Correia (2016) relata que, os “mecanismos” ou, possivelmente, os “instrumentos”, são elementos essenciais de qualquer política da água que aspire efetividade em sua aplicação. Pode-se afirmar que os “mecanismos” (e correspondentes instrumentos) são relevantes quer para a governabilidade quer para a governança dos recursos hídricos. Para a governabilidade porque sem meios não é possível alcançar os fins. Para a governança porque nem sempre os fins justificam os meios. Os instrumentos não são, portanto, um mero expediente ou acessório. Eles são parte indissociável do exercício do poder e, portanto, da sua legitimidade e da sua permanente legitimação.

A garantia das ações positivas de gestão ambiental põe em questão um assunto recorrente na área, o Desenvolvimento Sustentável, uma vez que, preservar a qualidade dos recursos naturais passa do aspecto puramente ecológico a um status primordial, onde os prejuízos à qualidade e disponibilidade comprometem não só os aspectos ambientais, mas também os sociais e econômicos, o que compromete a existência das atividades socioeconômicas ligadas aos devidos recursos naturais, a exemplo, os recursos hídricos.

Correia (2016) aborda em seu texto a importância da gestão de recursos hídricos, em que, gerir os recursos hídricos significa não apenas tomar decisões sobre a melhor forma de proceder à sua conservação e à sua alocação a diferentes usos, mas também sobre a melhor forma de assegurar a aplicação dessas decisões, condicionando e alterando comportamentos.

A gestão sustentável de um ambiente localizado em área urbana teria contribuições muito positivas na qualidade de vida da população, pois além de melhorar no aspecto visual, redução na poluição, recuperação do ambiente, forma de subsistência entre outras, também teria o aspecto de redução na violência dos bairros circunvizinhos, cujos habitantes veem o local como propício a atividades marginais, da mesma forma contribuiria também melhorando a qualidade de vida rural das comunidades centrada nas nascentes e entorno que sofrem com problemas semelhantes (SOUZA, 2006).

Um novo paradigma, baseado nas palavras-chave conservação e reuso de água, deve evoluir, para minimizar os custos e os impactos ambientais associados a novos projetos. A conservação deve ser promovida por meio de programas de gestão adequada da demanda e de educação ambiental, e o reuso direcionado à gestão da oferta, buscando fontes alternativas de suprimento, incluindo água recuperada, águas pluviais e água subterrânea, complementada mediante a recarga artificial de aquíferos (HESPANHOL, 2008).

Levando-se em conta as vantagens dos processos de reuso de água, associados à dinâmica dos mananciais presentes na área urbana, notadamente os corpos lóticos, configura-se uma alternativa condizente com os cenários de degradação além de uma possibilitar a mitigação e otimização da qualidade da água e gestão dos usos diversos.

Em áreas urbanas, o potencial de reuso de efluentes é muito amplo e diversificado. Entretanto, usos que demandam água com qualidade elevada requerem sistemas de tratamento e de controle avançados, podendo levar a custos incompatíveis com os benefícios correspondentes. De uma maneira geral, esgotos tratados podem, no contexto urbano, ser utilizados para fins potáveis e não potáveis (HESPANHOL, 2008).

Dias (2013), aborda o uso de wetlands em seu trabalho, onde relata que: “As *wetlands* reduzem os picos de inundação à jusante assim evitando a inundação além de reduzir prejuízos financeiros, auxiliar na proteção da saúde humana, segurança e bem-estar, também há melhoria na navegação, já que reduzem a sedimentação nos canais fluviais ao reterem os sedimentos e remoção e ou retenção de nutrientes ou outras substâncias biodegradáveis. Também realizam o processamento matéria orgânica e reduzem sedimentos suspensos, mitigando problemas ambientais, como a eutrofização. A retenção de nitrogênio e fósforo é um dos atributos mais importantes de wetlands”.

Ainda de acordo com o autor, a eficiência de retenção de cada *wetland* pode variar em função de sua forma, fauna e flora que fazem parte do sistema e da dinâmica hidráulica da região, sendo elas naturais ou construídas. Os percentuais também podem variar em função da sazonalidade das estações da seca e chuva devido as cargas envolvidas e suas concentrações.

Welsch *et al.* (1995), exemplificam o funcionamento dessas áreas em parte dos Estados Unidos onde afirmam que, as *wetlands* são ecossistemas complexos e fascinantes que desempenham uma variedade de funções de importância vital para o ambiente e para a sociedade cuja própria existência depende da qualidade do ambiente. As zonas húmidas regulam o fluxo de água, eliminando os fluxos de tempestade por períodos curtos, reduzindo assim os picos de inundação.

Essas áreas melhoram a qualidade da água ao reter ou transformar nutrientes em excesso e ao prender sedimentos e metais pesados, além de fornecer muitos componentes do habitat dos animais selvagens tais como terras de criação, locais de nidificação e outro habitat crítico para uma variedade de peixes e de espécies da fauna, bem como os requisitos de habitat originais de muitas plantas e animais em risco de extinção (WELSCH *et al.*, 1995).

3.8. Parque Otacílio Teixeira Lima Neto

O Riacho Maceió localiza-se na bacia da Vertente Marítima, sendo formado pelos riachos Maceió e Papicu e pela Lagoa do Papicu, sendo sua foz localizada na Praia do Mucuripe, compreende bairros populosos como Varjota, Vicente Pinzon, Papicu e Mucuripe (OLIVEIRA; CRUZ, 2010). Próximo a sua foz encontra-se o Parque do Riacho Maceió, localizado no Bairro Mucuripe, o qual possui uma área de 22 mil metros quadrados.

Os principais eixos macrodrenantes da faixa Leste/Oeste (L/O) são representadas pelos riachos Maceió, Pajéu, Jacarecanga e Rio Ceará. O Riacho Maceió, situado a leste, nasce na lagoa do Papicu e deságua na Avenida Beira Mar; encontrando-se quase todo canalizado e com águas poluídas por esgotos domésticos (FECHINE, 2007).

Sua desembocadura fica exatamente no ponto de maior resistência da comunidade de pescadores, encontrando-se quase que totalmente canalizado e degradado (DANTAS, 2002). De acordo com Nikipiadia (2012) devido às intervenções humanas no Riacho Maceió foi o degradado continuamente, ações como a disposição de resíduos, entulhos, poluição ocasionada pela instalação de edifícios e residências, construções irregulares são alguns dos problemas que afetam a localidade.

Devido ao crescimento populacional não planejado, as ações antrópicas interferiram negativamente determinadas áreas do riacho Maceió. Segundo Silva (2003), o complexo hídrico Papicu/Maceió vem sendo alvo das mais diversas formas de degradação, tais como: lançamento de efluentes domésticos, desmatamento de matas ciliares, redução do espelho d'água e assoreamento.

Com todas essas alterações na área houve um interesse da Prefeitura de Fortaleza em intervir e tentar melhorar a situação do local. Como solução foi criado um projeto para requalificação do parque. O projeto, aprovado desde 2000, prevê a restauração da área verde do entorno e implantação de uma via paisagística de pedestres (DIÁRIO DO NORDESTE, 2013). O intuito do projeto é urbanizar o Riacho Maceió e o entorno instalando um parque urbano.

De acordo com Cnews (2014), as obras que tiveram início em 2013 apresentariam uma via paisagística, destinada a passagem e parada de veículos. O projeto contaria também com três pontes sobre o Riacho, espaço para jogos, equipamentos de ginástica além de áreas arborizadas. Diário do Nordeste (2013) acrescenta que houve um investimento de cerca de R\$ 6,6 milhões para início do projeto.

Ainda de acordo com o portal de notícias, as obras do Parque do Riacho Maceió tiveram início em fevereiro de 2013 e o mesmo foi inaugurado em agosto de 2014, a construção foi realizada em frente ao Mercado dos Peixes, na esquina da Beira Mar com a Rua Tereza Hinko, no Mucuripe.

A reportagem do jornal O Povo (2014), aborda uma questão que preocupa, pois mesmo com a intervenção da prefeitura na construção do Parque, a realidade do riacho contrasta com as obras realizadas, segundo alguns frequentadores encontrar resíduos como plásticos e objetos descartáveis são comuns, sendo notável aos frequentadores que o riacho se encontra poluído.

O monitoramento da qualidade da água do Riacho Maceió é de extrema importância, já que são recorrentes os fatos envolvendo o mesmo na sua foz, recentemente em fevereiro de 2015 foi noticiado que após a chuva que caiu sobre a Capital Cearense, na terça-feira (17/04/2015), uma mancha preta apareceu na Praia do Mucuripe, próximo ao fim da Avenida Beira-Mar, devido aos resíduos despejados irregularmente na rede de drenagem. O fato assustou frequentadores da região. As imagens que circularam pelas redes sociais mostravam a mancha saindo do Riacho Maceió diretamente para o mar (Diário do Nordeste, 2015).

De acordo com o Portal G1 (2016), mais uma etapa do projeto de Requalificação da Beira Mar foi entregue à população pela Prefeitura de Fortaleza, no dia 23 de dezembro de 2016. O trecho concluído recebeu investimento de R\$ 5 milhões, com ações de terraplanagem, contenção do calçadão, novo piso, ciclovia, paisagismo, iluminação e acessibilidade. São cerca de 600 metros de calçadão, entre o trecho da Rua Teresa Hinko até o novo Mercado dos Peixes, executados com recursos do Município.

4 METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área

Realizou-se a pesquisa na foz do Riacho Maceió, localizado na Bacia Vertente Marítima, Fortaleza-CE. Conforme a caracterização geográfica elaborada pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE (2016), a cidade apresenta longitude de 38° 32' 35'' W, latitude de 03° 43' 02'' S e altitude de 16 m. O município detém uma área absoluta de 313,14 km². Fortaleza tem como limites a norte o Oceano Atlântico, ao sul os municípios de Pacatuba, Eusébio, Maracanaú e Itaitinga, à leste o município de Aquiraz e o Oceano Atlântico e à oeste o município de Caucaia (adaptado de BRASIL, 2006).

O clima da cidade é tropical quente subúmido com temperaturas médias entre 26°C e 28°C, apresentando pluviosidade anual de 1338 mm, sendo seu período chuvoso bem característico, ocorrendo entre os meses de janeiro e maio, o que comumente é chamado de “quadra chuvosa” (CEARÁ, 2016).

O ponto máximo de precipitação é no mês de abril. Há uma predominância de ventos alísios de leste e nordeste durante quase todo o ano, com velocidade média de 4,2 m/s. O sistema ambiental do Município de Fortaleza recebe altos índices de energia solar, onde o calor radiante fornecido pelo sol durante o ano é suficiente para evaporar uma lâmina d’água de 270 mm de altura em qualquer manancial d’água armazenado (segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM). As taxas de evaporação atingem seu ponto máximo no mês de outubro (BRASIL, 2006). O Quadro 02 traz os índices pluviométricos monitorados disponibilizados no portal Hidroweb da Agência Nacional das Águas - ANA, para o posto de coleta “Fortaleza”, durante o período da pesquisa.

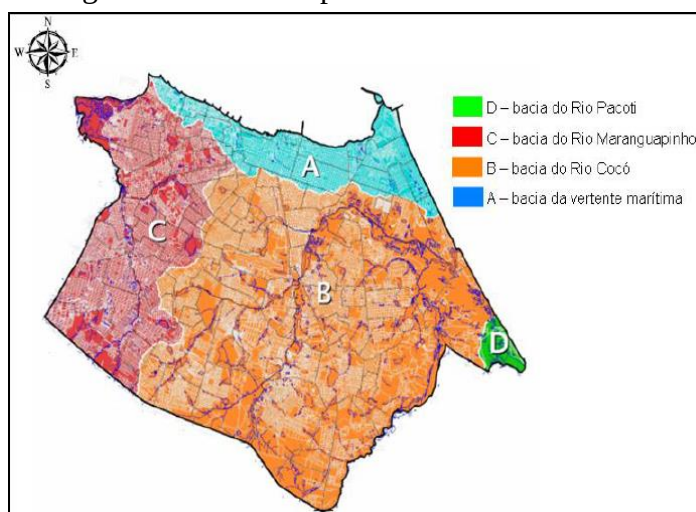
Quadro 02 - Índices Pluviométricos de Fortaleza-CE no período de setembro de 2015 a julho de 2016.

Data	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16
Pluviometria Total (mm)	15,2	1,1	1,2	47,4	305	528,2	476,4	491,6	123,1	30,3	3,3

Fonte: BRASIL, 2016.

Fortaleza (Figura 01) apresenta relevo de planície litorânea e tabuleiros pré-litorâneos, com solos de areias quartzosas marinhas, planossolosolódico, podzólico vermelho-amarelo e solonchak. A cidade apresenta complexo vegetacional da Zona Litorânea e Floresta Perenifólia Paludosa Marítima, estando a capital cearense inserida na Bacia Hidrográfica Metropolitana (CEARÁ, 2016).

Figura 01 - Bacias Hidrográficas do município de Fortaleza-CE.



Fonte: Fortaleza (2009, apud Maia, 2010).

A faixa litorânea tem uma extensão de 34,2 km de praia banhada pelo Oceano Atlântico. Incluindo a orla do rio Ceará, abrange uma extensão 43,4 km. Caracteriza-se por possuir duas direções preferenciais de orla marítima. A primeira, de sentido leste-oeste, é localizada entre o rio Ceará e o Porto do Mucuripe abrangendo uma extensão de 19,4 km (incluindo os 9,2 km da margem do rio Ceará, esta faixa passa para 28,4 km). A segunda, noroeste-sudeste, é situada entre o Serviluz e a foz do Rio Pacoti, com extensão de aproximadamente 15 km (BRASIL, 2016).

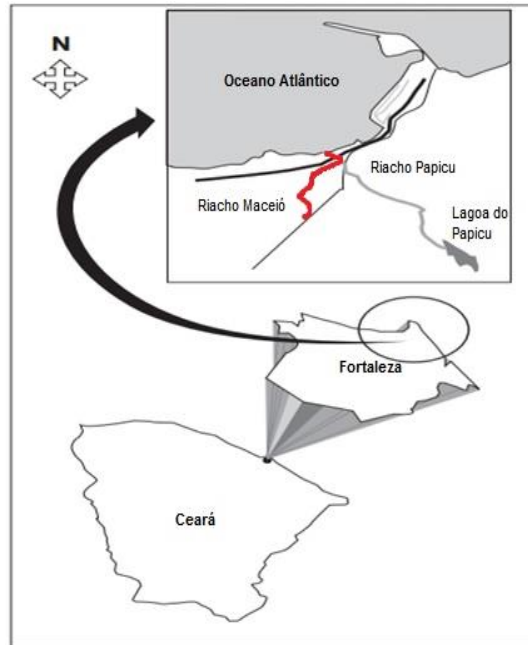
A bacia Vertente Marítima se estende ao longo do litoral de Fortaleza, entre a foz dos rios Ceará e Cocó, sendo a única das quatro bacias hidrográficas que está totalmente inserida no município. Nesta bacia predominam os pequenos riachos que, anteriormente, escoavam pelos campos de dunas em direção ao oceano. A Vertente Marítima possui uma extensão territorial de 23,6 km² e tem como principais riachos o Pajeú, Jacarecanga, Maceió e Corrente e corresponde às faixas de dunas situadas entre as desembocaduras dos rios Cocó e Ceará (MAIA, 2010; BENTO, 2011).

O complexo Hídrico Papicu/Maceió se encontra delimitado ao sul e oeste pelas coordenadas UTM de 9.586.000 m Sul e 556.417 m a 556.420 m Oeste e ao norte com o Oceano Atlântico. O referido sistema, parte integrante da Bacia da Vertente Marítima, é formado pela Lagoa do Papicu, riachos Papicu e Maceió e sua foz localizada na Praia do Mucuripe, ocupando uma área de 6 km², drenando os bairros do Papicu, Varjota, Mucuripe e Vicente Pinzon (SILVA, 2003).

A Bacia da Vertente Marítima é constituída de várias sub-bacias que apresentam topografia favorável à drenagem direta para o mar. Dois tipos de sub-bacias são identificados: as que contêm um rio principal, como é o caso do Riacho Maceió (Figura 02), que drena diretamente para o mar e as com escoamento de forma difusa, através de vários canais

secundários, como é o caso da sub-bacia A7, que drena água em direção à Praia do Futuro (MAIA, 2010).

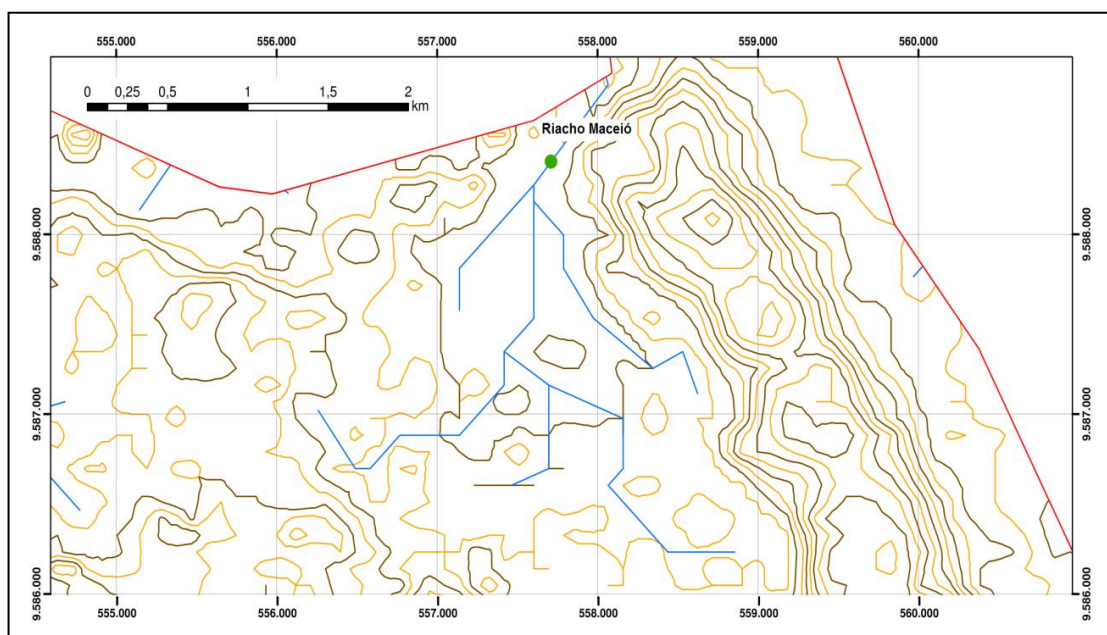
Figura 02 - Riacho Maceió, Fortaleza-CE.



Fonte: adaptado de Silva, Meireles e Pereira, 2011.

A sub-bacia na qual se insere o Riacho Maceió (Figura 03), abrange os bairros Papicu e Varjota e parte dos bairros Mucuripe, Meireles, Aldeota, Cocó, Cidade 2000, Nossa Senhora de Lourdes e Vicente Pinzon.

Figura 03 - Delimitação da microbacia dos Riachos Papicu-Maceió, Fortaleza-CE.



Fonte: Sousa, K. P. (2015).

De acordo com o relatório do município de Fortaleza para o Projeto Orla (2006): “O trecho entre a Rua Ildefonso Albano e o Mercado dos Peixes do Mucuripe apresenta uma orla do tipo arco, semiabrigada (até o espigão do Titanzinho), com predomínio de praia arenosa associada à presença de uma faixa praticamente contínua de pós-praia (entre o limite da preamar e o calçadão), interrompido por setores de praia rochosa baixa, em uma direção aproximadamente leste-oeste. Seguindo com a verticalização da orla, logo após o mercado dos peixeiros e nas proximidades do cais pesqueiro até o espigão do Titanzinho (à leste da bacia de evolução portuária), a faixa de praia encontra-se bastante antropizada (muros de concreto paralelos à orla, edifícios, espigões) com deficiência de areia na orla e problemas de acesso”.

O riacho se encontra na segunda unidade, das quatro que compõem a divisão litorânea de Fortaleza (Figura 04), da Rua Adriano Martins (antigo Kartódromo) até o Mercado dos Peixes do Mucuripe (8,5km), conforme o Projeto Orla do município (2006):

- **Trecho 1** – Da Rua Adriano Martins (antigo Kartódromo) até Igreja Santa Edwirgens
- **Trecho 2** – De leste da Igreja Santa Edwirgens até a Avenida Almirante Tamandaré;
- **Trecho 3** – Da Avenida Almirante Tamandaré até a Rua Ildefonso Albano;
- **Trecho 4** – Rua Ildefonso Albano até ao Mercado dos Peixes do Mucuripe.

Figura 04 - Unidade II: Orla de Fortaleza/CE.

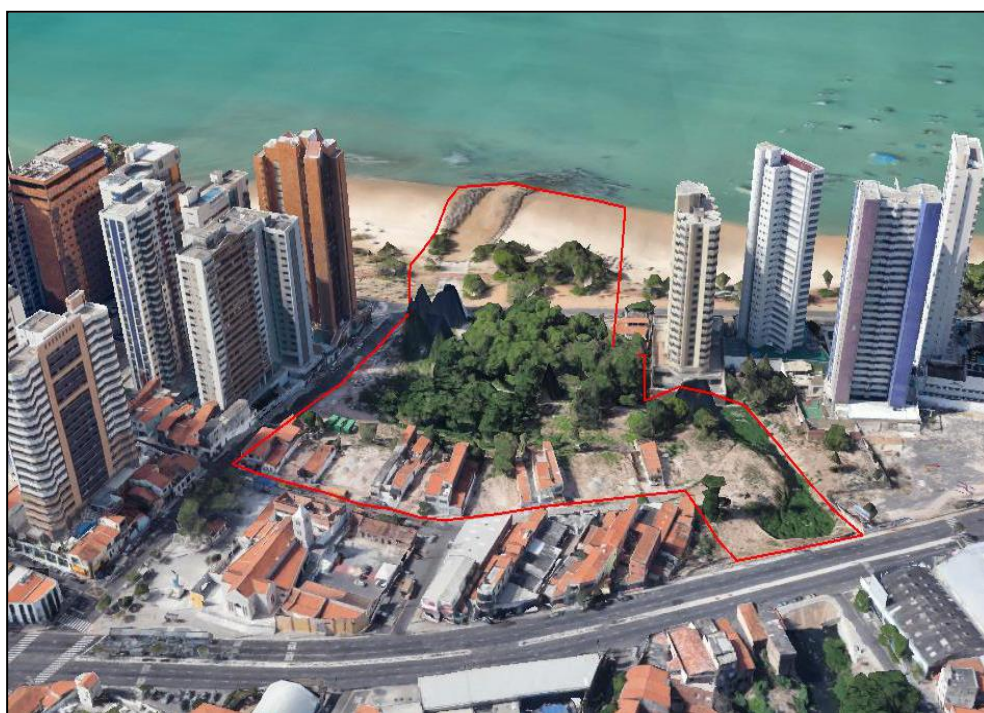


Fonte: Secretaria da Infraestrutura, Fortaleza-CE (CEARÁ, 2006).

A Unidade II se inicia no encontro da linha de preamar com o prolongamento da Rua Adriano Martins; segue por esta rua até o encontro do muro sul da via férrea (Ruas Aprendizes Marinheiro e Adarias de Lima); segue por este no sentido leste até o início da Rua Dr. João Moreira; continua por esta via até encontrar a Avenida Alberto Nepomuceno; segue nesta via no sentido nordeste até o viaduto; segue pela Avenida Monsenhor Tabosa no sentido leste até fazer uma deflexão no sentido sul na Avenida Rui Barbosa; segue pela Rua Antonele Bezerra no sentido leste até encontrar a Avenida Barão de Studart; dá uma deflexão no sentido sul até encontrar a Rua Silva Jathay; segue por esta rua até o encontro com a Rua Oswaldo Cruz; dá um deflexão no sentido norte até o encontro com a Avenida Abolição; segue por esta via no sentido leste até o cruzamento com a Rua Juvêncio Vasconcelos; segue por esta rua até o muro da via férrea do Mucuripe; segue por ele até o prolongamento da Rua Dalmar; deste ponto segue no sentido norte até encontrar a linha de preamar; retorna por esta linha no sentido oeste até encontrar o ponto original. (BRASIL, 2006).

Ainda conforme Bento (2011), o Riacho Maceió (Figura 05) cruza os bairros Mucuripe, Varjota e Papicu, em uma área de grande valorização imobiliária, sendo que os espaços de suas margens são disputados entre populações de baixa renda e as grandes corporações imobiliárias.

Figura 05 - Foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.



Fonte: Google Earth, 2017.

Sob a área da bacia Vertente Marítima encontra-se um espaço de urbanização bastante consolidada, correspondendo ao Centro e bairros circunvizinhos. Por ser uma área de ocupação antiga, esta bacia foi a primeira da capital a ser atendida por sistemas de abastecimento de água e captação de esgoto. Os bairros que compõem essa bacia estão conectados ao sistema de esgotamento via emissário submarino (BENTO, 2011).

A foz do riacho está localizada no Trecho 04 (Quadro 03) da Unidade II, trecho que apresenta as seguintes peculiaridades, de acordo com o relatório municipal do Projeto Orla (2006):

Quadro 03 - Trecho 04 da Unidade II, orla de Fortaleza-CE.

Trecho 4 – Rua Ildefonso Albano até ao Mercado dos Peixes do Mucuripe	
Delimitação	Caracterização
Partindo da esquina leste da Rua Ildefonso Albano seguindo até o Mercado dos Peixeiros. A Av. Abolição demarca o limite sul.	Orla tipo arco (enseada) e exposta; cobertura vegetal insipiente; acesso direto; urbanização consolidada com alta densidade. Trecho com verticalização (edifícios residencial, comercial e hoteleiro). Linha da praia associada a obras de engenharia costeira com a construção de espigões de proteção (aterro de Iracema). Setor de praia com equipamentos de drenagem urbana (galerias pluviais) com ligações clandestinas de esgoto.

Fonte: Projeto Orla, 2006.

4.2. Índices de Qualidade de água

4.2.1. IQA

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (incubação de amostras finais em 5 dias a 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, conforme Equação 01 (SÃO PAULO, 2013).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

- **IQA:** Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
- **qi** : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; e
- **wi** : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

onde:

n : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os pesos possuem diferentes ponderações (Tabela 02) adotadas conforme ANA (2016).

Tabela 02 - Ponderações dos “wi”, IQA-CETESB.

Parâmetro	OD	CTT	pH	DBO	Temp.	NO ₃ ⁻	PT	Turb.	ST
wi (0 a 1)	0,17	0,15	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08

Fonte: BRASIL, 2017.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme Tabela 03 a seguir.

Tabela 03 - Classificação do IQA-CETESB.

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB-SP, 2013.

4.2.2. IET

O Índice do Estado Trófico é composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações (SÃO PAULO, 2016) (Equações 03 e 04):

- Rios

$$IET(CL) = 10 * \left(6 - \left(\frac{(-0,7 - 0,6x(\ln CL))}{\ln 2} \right) \right) - 20$$

$$IET(PT) = 10 * \left(6 - \left(\frac{(0,42 - 0,36x(\ln PT))}{\ln 2} \right) \right) - 20$$

(03)

(04)

sendo:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em µg/L;

ln: logaritmo natural.

Conforme CETESB-SP (2016), nos meses em que estejam disponíveis dados de ambas variáveis, o resultado apresentado nas tabelas do IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a Equação 05:

$$IET = \frac{[IET (PT) + IET (CL)]}{2} \quad (05)$$

A Tabela 04 traz a classificação do IET com base nos resultados dos parâmetros avaliados e suas respectivas faixas de valores:

Tabela 04 - Classificações de IET.

Estado Trófico	Ponderação	Fósforo Total (mg/m³)	Clorofila a (mg/m³)
ULTRAOLIGOTRÓFICO	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
OLIGOTRÓFICO	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
MESOTRÓFICO	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
EUTRÓFICO	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
SUPEREUTRÓFICO	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
HIPEREUTRÓFICO	$IET > 67$	$P > 640$	$CL > 7,46$

Fonte: adaptado de SÃO PAULO, 2016.

4.3. Caracterização da Qualidade da água do Riacho Maceió

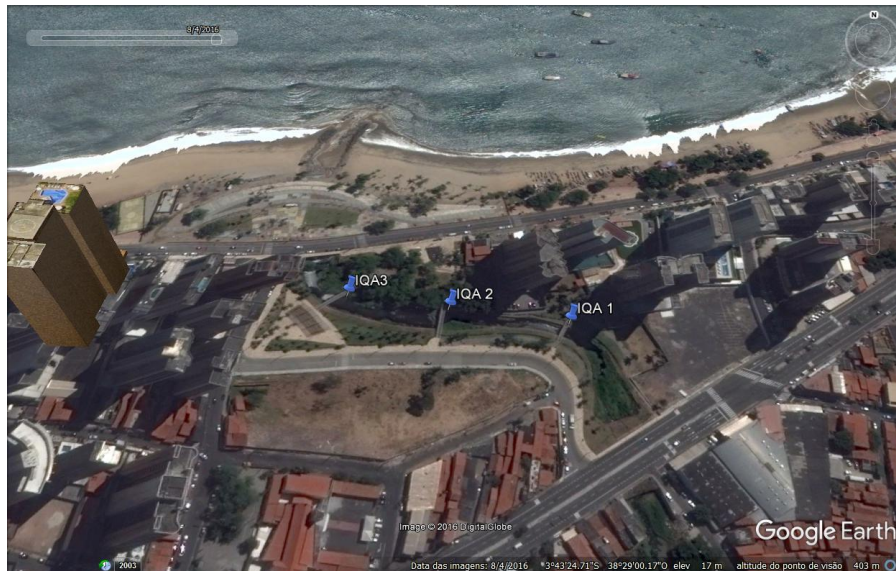
4.3.1. Pontos de amostragem e período de coleta

Os pontos de coleta de amostras de água utilizadas para a avaliação dos parâmetros de monitoramento de qualidade e do cálculo dos índices propostos estão representados nas Figuras 06 e 07, respectivamente.

O período de avaliação dos pontos relativos ao cálculo do IQA ocorreu no período de setembro de 2015 a julho de 2016, totalizando seis coletas com frequência bimestral. A partir de abril de 2016, deu-se início a novas campanhas de coleta das amostras referentes a determinação dos IET (Total, PT e CL) que ocorreram no período de abril de 2016 a agosto

do mesmo ano, totalizando cinco coletas. Notadamente houveram meses em que foram coletadas amostras para ambos os índices, haja vista a presença de parâmetros em comum entre esses os mesmos.

Figura 06 - Pontos monitorados para cálculo do Índice de Qualidade da Água – IQA CETESB.



Fonte: Google Earth, 2017.

Figura 07 - Pontos monitorados para cálculo do Índice de Estado Tráfico (IET).



Fonte: Google Earth, 2017.

- Ponto 01

O Ponto 01, cujas coordenadas geográficas são 3°43'25.1"S e 38°28'57.9"W, fica localizado nos limites do Parque Bisão, sendo o ponto mais próximo da Avenida da Abolição e também o primeiro no sentido “montante-jusante” do Riacho Maceió.

Este ponto fica próximo a condomínios que fazem fronteira com o parque (Figura 08), bem como, recebe os primeiros aportes de água das galerias pluviais do complexo hídrico Papicu-Maceió.

Figura 08 - Ponto inicial de coleta, foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.



Fonte: Autor, 2015.

Este ponto apresenta um crescimento excessivo de plantas que se aderiram aos sedimentos acumulados nas laterais do canal do riacho, além da deposição de resíduos sólidos. Não há dificuldade de acesso ao riacho na área do parque, o que favorece o uso da água para diversas atividades como a pesca, banho, lazer, entre outros, já relatados por moradores locais, moradores de rua ou mesmo funcionários responsáveis pela manutenção do parque.

- Pontos 02 e 03

Os Pontos 02 e 03 (Figuras 09 e 10) apresentam as seguintes coordenadas geográficas: 3°43'25.1"S e 38°29'00.4"W e 3°43'24.8"S e 38°29'01.8"W, respectivamente. Ambos ficam localizados na zona intermediária do parque, com uma proximidade maior dentre os demais pontos. Ressalta-se que nas proximidades de cada um dos pontos de coleta há uma saída das bocas de lobo do sistema de drenagem pluvial da área, as quais desembocam no riacho.

Figura 09 - Ponto 02, zona intermediária da foz do Riacho Maceió.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 10 - Ponto 03, zona final do canal da foz do Riacho Maceió.



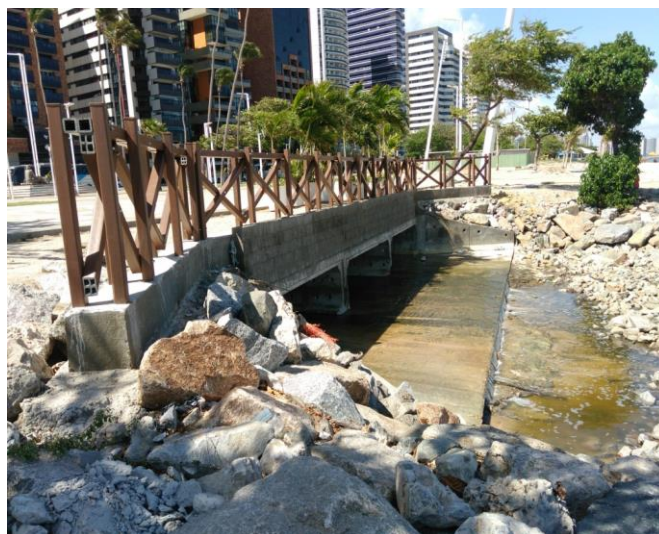
Fonte: Autor, 2015.

A área na qual estes pontos estão inseridos é bastante frequentada pela população local, além de estudantes, turistas que fazem uso do parque, seja na prática de esportes, piqueniques, realização de ensaios fotográficos de crianças e adultos, atividades de pesca, entre outros usos, como para higienização, como relatado por moradores de rua que utilizam a área do parque como moradia temporária.

- Ponto 04

A amostragem desse ponto ocorreu no período de abril a agosto de 2016, totalizando cinco campanhas de coleta, cuja finalidade era avaliar os parâmetros propostos no IET. O ponto (Figura 11) fica localizado no encontro das águas do riacho com a água do mar. Suas coordenadas geográficas são: 3°43'21.81"S e 38°29'3.14"W.

Figura 11 - Ponto 04, estuário do Riacho Maceió, encontro com o mar.



Fonte: Autor, 2016.

A partir do mês de abril de 2016, iniciaram-se obras de requalificação do calçamento nesta área, o que mudou drasticamente a configuração dessa área e o local onde foi feita a coleta das amostras de água.

Conforme o Portal de Notícias G1 (2016) e o site da Prefeitura de Fortaleza (2016), a etapa do projeto de Requalificação da Beira Mar foi entregue no dia 23 de dezembro. O trecho concluído recebeu investimento de R\$ 5 milhões, com ações de terraplanagem, contenção do calçamento, novo piso, ciclovia, paisagismo, iluminação e acessibilidade. São cerca de 600 metros de calçamento, entre o trecho da Rua Teresa Hinko até o novo Mercado dos Peixes, executados com recursos do Município.

4.3.2. Parâmetros físicos e químicos, métodos analíticos e técnicas de coleta e preservação de amostras

Para ambos os índices os métodos e valores dos parâmetros seguem as indicações da Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de Classe II e as análises laboratoriais foram feitas conforme as metodologias indicadas em *Standard Methods*, como proposto por Silva e Salomão Anselmo, (2001) no Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias conforme descrição dos métodos da *American Public Health Association* - APHA (1998), com exceção dos parâmetros “nitrato” e “clorofila a”, onde o nitrato foi avaliado pelo método UV e a clorofila a pelo método espectrofotométrico monocromático, normatizado pela CETESB-SP.

Os parâmetros avaliados para o IQA e IET, no total, foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo, amônia, nitrito, nitrato, turbidez e sólidos totais.

As coletas de campo seguiram as devidas indicações, com kits de coleta de campo previamente organizados (Figura 12), frascos devidamente descontaminados e preservação das amostras em gelo, dentro de isopores, para que não houvesse alteração qualitativa das mesmas.

Figura 12 - Kits de coleta de campo.



Fonte: Autor, 2016.

Realizou-se a coleta no curso de montante à jusante, com armazenamento das amostras em frascos de polietileno, previamente descontaminados e higienizados, volume de 5,0 litros para posteriores análises físico-químicas dos parâmetros: amônia, nitrito, nitrato, clorofila a, pH, turbidez e sólidos totais. Todos os frascos utilizados foram previamente descontaminados por meio da lavagem com ácido clorídrico de pureza analítica (HCl, P.A.) e posteriormente lavagem com água destilada.

A amostragem referente à determinação do parâmetro fósforo foi feita em frascos de vidro de cor âmbar de 2,0 litros. Frascos previamente descontaminados por meio da lavagem com ácido clorídrico de pureza analítica (HCl, P.A.) e posteriormente lavagem com água destilada.

As amostras alusivas ao parâmetro “oxigênio dissolvido” foram coletadas em frasco de Winkler, previamente descontaminado com ácido clorídrico de pureza analítica (HCl, P.A.) e posteriormente lavagem com água destilada, cujo volume era conhecido. Após coletadas as amostras, adicionou-se 1 ml da solução de MnSO_4 , seguido de 1 ml do reagente alkali-iodeto-azida, para preservação da amostra.

4.4. Índices de Qualidade da Água

4.4.1. Amostragem dos pontos de IQA

Em cada campanha de coleta foram avaliados oito, dos nove parâmetros propostos pela CETESB-SP, sendo eles: oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, temperatura, nitrato, turbidez e sólidos totais.

As coletas se deram, em sua maioria, entre os dez últimos dias dos respectivos meses em que se coletou. Cada uma dessas foi precedida de preparação de reagentes e dos materiais de campo, todas as atividades realizadas dentro de um prazo de cinco a sete dias de atividades no Laboratório de Saneamento do Instituto Federal do Ceará, LSA/IFCE, do Departamento da Construção Civil, campus Fortaleza. Os métodos laboratoriais utilizados estão listados no Quadro 04.

Quadro 04 - Parâmetros avaliados para obtenção do IQA.

Parâmetro	Análise Laboratorial	Valores máximos permitidos (VMPs), conforme legislação	Unidades
Temperatura	Termômetro graduado em Celsius	30	°C
pH	Eletrometricamente através de potenciômetros e eletrodos	6,0 a 9,0	-
Oxigênio Dissolvido	Método Iodométrico ou Método de Winkler	Em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L de O ₂	mg.L ⁻¹
Fósforo Total	Método do ácido ascórbico após digestão com persulfato	0,10	mg.L ⁻¹
Nitrato	Método Ultravioleta	10	mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	Determinação de Sólidos Totais	500	mg.L ⁻¹
Turbidez	Método Nefelométrico	100	UNT
DBO	DBO a 20°C – durante 5 dias (DBO ₅)	5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂	mg.L ⁻¹

Fonte: Autor (2016).

O parâmetro de Nitrogênio Total, que neste trabalho foi adaptado em função do monitoramento das concentrações de nitrato, com base nas assertivas propostas pela Companhia Nacional dos Recursos Hídricos (2016), na qual se afirma que, no cálculo original

do IQA pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, considerava-se o nitrogênio nitrato como parâmetro indicador da presença do macronutriente em recursos hídricos.

No caso de São Paulo, a CETESB, optou por adaptar o parâmetro para “Nitrogênio Total” em virtude de se reconhecer que a área passava por um processo de poluição por outras formas de nitrogênio, como o orgânico e o amoniacal (SÃO PAULO, 2016).

4.4.2. Amostragem dos pontos de IET

Avaliou-se os seguintes parâmetros (Quadro 05): amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, Clorofila A, Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido. Os métodos e valores dos parâmetros conforme Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de Classe II.

Quadro 05 - Parâmetros avaliados para obtenção do IET.

Parâmetro	Análise laboratorial	Valores máximos permitidos (VMPs), conforme Resolução CONAMA nº 357/2005	Unidades
Amônia	Método Fotométrico da Nesslerização Direta	3,7 para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0 para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5 para $\text{pH} > 8,5$	mg.L^{-1}
Nitrito	Método Colorimétrico da Diazotização	1	mg.L^{-1}
Nitrato	Método Ultravioleta	10	mg.L^{-1}
Fósforo Total	Método do ácido ascórbico após digestão com persulfato	0,10	mg.L^{-1}
Clorofila A	Método espectrofotométrico	30	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Temperatura	Termômetro graduado em Celsius	30	°C
pH	Eletrometricamente através de potenciômetros e eletrodos	6,0 a 9,0	-
Oxigênio Dissolvido	Método Iodométrico ou Método de Winkler	Em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L de O_2	mg.L^{-1}

Fonte: Autor (2016).

A amostragem se deu em quatro pontos, sendo o quarto ponto localizado no estuário do riacho, monitorados mensalmente com análises físico-químicas em duplicata, com cinco coletas, que contemplaram tanto a época de altos níveis de precipitação quanto à de baixos índices pluviométricos. Cada coleta foi precedida de preparação de reagentes e dos materiais de campo, todas as atividades realizadas dentro de um prazo de cinco a sete dias de atividades no Laboratório de Saneamento do Instituto Federal do Ceará, LSA/IFCE, Departamento de Construção Civil, campus Fortaleza.

4.5. Tratamento estatístico e análise dos dados

A etapa inicial constou na tabulação dos dados obtidos em campo com os seus devidos valores de concentração já calculados. Posteriormente foi feita a análise estatística descritiva dos dados, abordando os seguintes parâmetros: média, mediana, quartis, intervalo-interquartil, desvio padrão, número de dados, máximos, mínimos. Os agrupamentos das variáveis estatísticas embasaram a construção dos gráficos “boxplot”, que, junto com as tabelas de estatística descritiva, serviram como representação dos resultados obtidos para cada parâmetro de qualidade da água.

O método estatístico utilizado foi o teste não paramétrico de Friedman, tendo em vista que os dados não apresentavam normalidade de distribuição, por conta do número reduzido de elementos por série avaliada.

Para classificar as significâncias entre as variações dos parâmetros, utilizou-se um nível de significância de 5% com valores probabilísticos tabelados conforme proposto por Cação (2010) (Quadro 06).

Quadro 06 - Distinção dos graus de significância entre a variação de parâmetros.

P value	Descrição	Notação
>0,05	Não significativa	ns
0,01 a 0,05	Significante	*
0,001 a 0,01	Muito significativa	**
<0,001	Extremamente significativa	***

Fonte: adaptado de Cação (2010).

Realizou-se avaliação da correlação entre parâmetros, também considerando cada período de campanhas de coleta e abrangendo as temporadas sazonais, conforme o método da Matriz de Spearman, já que este permite a utilização de dados aplicados em testes não paramétricos, como o de Friedman.

A matriz de Spearman possui uma pontuação para cada parâmetro que varia de -1 a 1 e possui a seguinte classificação (JACQUES, 2003, apud FEITOSA, 2011) (Quadro 07):

Quadro 07 - Classificação da correlação de Spearman.

Intervalo/Valores de r	Nível de correlação
$0 \geq r > 0,3$	fraca
$0,3 \geq r > 0,6$	regular
$0,6 \geq r > 0,9$	forte
$0,9 \geq r > 1$	muito forte
-1 ou 1	perfeita ou plena

Fonte: Jacques, 2003, apud Feitosa, 2011.

Para os cálculos estatísticos das séries de dados em questão, foram utilizados os programas: Microsoft Excel 2013, SPSS versão 20 (IBM), R statistic e a interface R STUDIO. Os dados foram tabulados nos programas Microsoft Excel e Word, ambos na versão 2013, para uma melhor visualização de seus resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da Qualidade de Água do Riacho Maceió

As coletas realizadas no Riacho Maceió se deram nos dois períodos climáticos característicos do estado do Ceará e também do município de Fortaleza, os períodos “seco” e “chuvoso”.

No caso dos parâmetros relativos ao IQA, as coletas de setembro e dezembro de 2015 no período seco, passando pelas campanhas de janeiro e março de 2016 com chuvas relativamente consideráveis e por fim as campanhas de maio e julho de 2016 novamente em período seco.

É importante ressaltar que este índice foi calculado com base em oito parâmetros monitorados neste estudo, pois o parâmetro de “Coliformes Termotolerantes” foi obtido por meio de valores de concentração encontrados em outros trabalhos realizados no mesmo local de estudo, no caso, a foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.

Para os parâmetros relativos ao IET, a campanha de abril de 2016 caracterizou o mês com maior pluviometria, seguido de maio e posteriormente com quedas consideráveis nos meses de junho, julho e agosto de 2016.

Conforme dados da ANA (2016), no período em que se deram as coletas dos parâmetros relativos ao IQA, fevereiro de 2016 apresentou maior índice pluviométrico mensal e julho o menor índice, com 528,2 e 3,3 mm respectivamente. Conforme os dados coletados em campo, as temperaturas médias de maior e menor valor, respectivamente, foram de 29,7 °C e 28°C. Já para os parâmetros referentes ao IET, conforme a Agência, o mês de maior índice pluviométrico mensal foi de 491,6 mm, no mês de abril. Não houve como estabelecer um mês de menor índice pluviométrico, já que os dados referentes ao mês de agosto de 2016 não se encontram disponíveis no Portal Hidroweb.

Optou-se por uma avaliação individual e/ou agrupada dos valores de concentração dos parâmetros no intuito de otimizar a compreensão dos impactos negativos que incidem sobre o corpo hídrico e também para que se questionem as possíveis fontes desses impactos.

Para que haja uma simplicidade na compreensão dos resultados e discussão acerca de ambos os períodos de coleta, o período de set/2015 a julho/2016 será chamado de período (1), por conseguinte, o período de coleta de abril/2016 a ago/2016 será titulado de período (2). Numeração essa que também será usada nos respectivos gráficos, tabelas e quadros.

Nos gráficos de variação sazonal, para o período 1, o eixo “x” representa as campanhas de coleta que vão de 1 a 6, números estes que representam os respectivos meses de setembro de 2015, dezembro de 2015, janeiro de 2016, março de 2016, maio de 2016 e julho de 2016. Para o período 2, o eixo “x” representa as campanhas de coleta que vão de 1 a 5, números estes que representam os respectivos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, todos do ano de 2016.

As concentrações que estiverem fora dos valores máximos permitidos (VMPs), conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, estão sombreadas nos respectivos quadros com as concentrações dos parâmetros monitorados.

Posteriormente serão abordados os resultados de classificação da qualidade da água, conforme os dois índices propostos, IQA e IET. Por fim as sugestões de medidas mitigadoras cabíveis ao recurso hídrico, de acordo com as características encontradas na avaliação dos parâmetros e no processo de monitoramento de qualidade da água.

As tabelas com os resultados da estatística descritiva, para ambos os períodos, encontram-se no apêndice deste trabalho. Nenhum dos parâmetros teve a exclusão de algum dos seus pontos, uma vez que não se encontraram outliers nos gráficos de boxplot elaborados no programa “R statistic”, interface “R Studio”.

5.1.1. pH e Temperatura

- pH

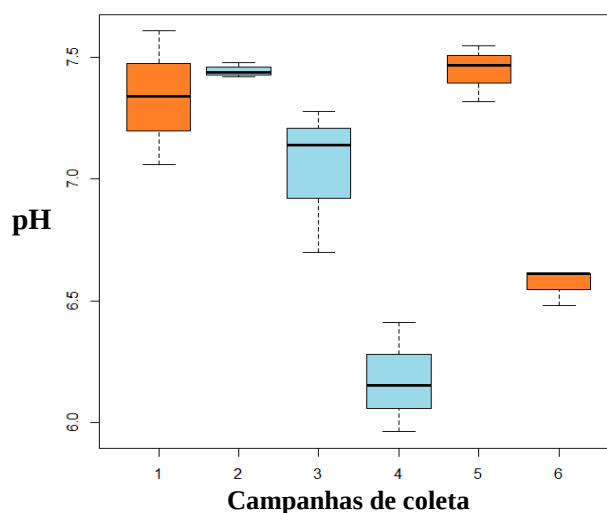
O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, assim como uma das mais difíceis de interpretar, por conta das diversas fontes de alteração de sua concentração, há dificuldade de garantir, com precisão, um elemento chave dessas alterações. A interpretação torna-se difícil devido aos diversos fatores influenciáveis tais como: temperatura, salinidade, comunidade biológica, atividades humanas (agricultura e pecuária), intemperismo, chuvas dentre outros fatores (LOPES e LIBÂNIO, 2005).

A maior parte dos valores médios e pontuais, para ambos os períodos de coleta, se apresentaram dentro da faixa aceitável mediante as condições indicadas na resolução CONAMA nº 357/2005, pH entre 6 e 9 (Quadro 08 e Figura 13).

Quadro 08 - Perfil do pH, período 1.

Meses de coleta	pH			Pluviometria (mm)	Temperatura (°C)
	P1	P2	P3		
set/15	7,06	7,34	7,61	15	28,20
dez/15	7,42	7,48	7,44	47	28,50
jan/16	6,70	7,14	7,28	305	29,00
mar/16	5,96	6,15	6,41	476	28,00
mai/16	7,32	7,55	7,47	123	29,67
jul/16	6,61	6,61	6,48	3	28,57

Fonte: Autor (2016).

Figura 13 - Variação sazonal do pH, período 1.

Fonte: Autor (2016).

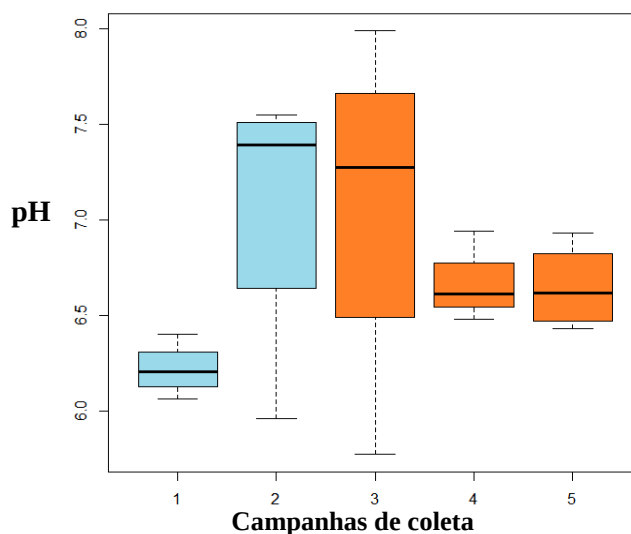
No segundo período de coletas (Quadro 09 e Figura 14), apenas dois valores apresentaram concentração fora da faixa indicada pela resolução CONAMA nº 357/2005, 6 a 9. Estes valores podem estar relacionados com a entrada de efluentes de forma pontual.

Quadro 09 - Perfil do pH, período 2.

Pontos	pH				
	Campanhas				
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
1	6,19	7,32	7,21	6,61	6,51
2	6,06	7,55	7,34	6,61	6,43
3	6,22	7,47	7,99	6,48	6,93
4	6,40	5,96	5,77	6,94	6,72

Fonte: Autor (2016).

Figura 14 - Variação sazonal do pH, período 2.



Fonte: Autor (2016).

Não contando com fatores excepcionais, o valor do pH de águas naturais oscila entre 6,5 e 8,5. Valores de pH na faixa de 6 a 9 são considerados compatíveis, a longo prazo, para a maioria dos organismos. Valores de pH acima ou abaixo destes limites são prejudiciais ou letais para a maioria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes (BRASIL, 2011).

De forma geral o parâmetro apresentou maiores variações de concentração no período chuvoso, o que pode ser acarretado pela chegada das águas de lavagem do meio urbano, esgoto pluvial, fator este que pode ter provocado a queda nas concentrações do parâmetro logo após o aumento das precipitações, efluentes esses que podem carrear substâncias de caráter ácido, bem como pela reação do dióxido de carbono com a água, formando assim o ácido carbônico, a formação de ácidos minerais pela reação química desse maior aporte de água com o solo do leito e sedimentos carreados, entre outros fatores. No entanto a maior variação das concentrações ocorreu no mês de junho de 2016, campanha de coleta 3.

Os valores médios de pH para os pontos avaliados em ambos os períodos de coleta se mostraram semelhantes aos valores encontrados por Silva *et al.* (2011), chegando, em alguns pontos a ter uma diferença de valor de concentração menor que 0,05.

Braga, Porto e Tucci (2002) descreve que com o crescimento urbano e a falta de investimentos no esgotamento sanitário, a saída de esgoto das propriedades é ligada à rede de esgoto pluvial sem nenhum tratamento acabam por convergir para os rios e sistema fluvial a jusante, causando os impactos na qualidade da água.

As variações do pH podem influenciar direta e indireta no comportamento dos seres vivos que compõem a biota aquática. De acordo com PHA-USP (2017), a condição de pH, de maneira geral, que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios. O decréscimo no valor do pH, que a princípio funciona como indicador do desequilíbrio, passa a ser causa se não for corrigido a tempo.

Segundo Pereira (2004) a acidez no meio aquático é causada, principalmente, pela presença de gás carbônico, ácidos minerais e sais hidrolisados. A acidificação do meio pode ocorrer devido à liberação do íon hidrogênio, quando um ácido reage com a água. Ainda segundo o autor, as variações do pH no meio aquático também estão relacionadas com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese.

A correlação entre os parâmetros Clorofila a e pH (Tabela 05) demonstrou um caráter perfeitamente direto para os quatro pontos monitorados.

Tabela 05 - Correlação de Spearman para Clorofila a e pH, período 2, estação chuvosa.

Ponto	Estação Chuvosa	
	CLa c X PH c	Classificação da correlação
P1	1,0	perfeita
P2	1,0	perfeita
P3	1,0	perfeita
P4	-1,0	perfeita

Fonte: Autor (2016).

Os pontos 01, 02 e 03 apresentaram aumento nos valores de concentração de pH entre os meses de abril e maio de 2016, já o ponto 04 foi o único a apresentar comportamento diferenciado, o que implica no valor de correlação entre os parâmetros.

Para valores elevados de pH, Von Sperling (2005), relata que esses podem estar associados à proliferação de vegetais, pois, com o aumento das taxas fotossintéticas, há consumo de gás carbônico e, portanto, diminuição do ácido carbônico da água e consequente aumento do pH. A acidificação do meio pode provocar consequências negativas ao metabolismo de organismos decompositores, e até mesmo danificar os demais organismos aquáticos. Somando-se aos fatores externos, o próprio ambiente aquático pode apresentar maiores concentrações de ácido carbônico, composto responsável pela redução natural do pH.

De acordo com o teste de Friedman (Tabela 06), o parâmetro não apresentou diferenças significativas em ambos os períodos coletados, o que condiz com sua baixa variação de concentração no decorrer das amostragens.

Tabela 06 - Teste de Friedman para pH.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
1	Seca	0,333	Não significativa
	Chuvosa	1	Não significativa
2	Chuvosa	0,125	Não significativa
	Seca	0,08	Não significativa

Fonte: Autor (2016).

- Temperatura

A temperatura é uma das prováveis grandezas físicas mais medidas e controladas e está de algum modo presente nas mais variadas situações, desde o nosso dia-a-dia até à investigação científica. As grandezas e os fenômenos físicos dependem quase sempre da temperatura, o que a torna um dos parâmetros de maior importância (ANACLETO, 2007).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não indica uma faixa ideal de VMPs para este parâmetro, no entanto a Resolução CONAMA nº 430/2011 trata que os efluentes lançados em corpos hídricos devem apresentar temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura. Dessa forma, considerou-se avaliar a amplitude térmica entre os pontos de cada campanha de coleta, pontos estes que se caracterizam por zonas de mistura, uma vez que recebem lançamentos pontuais de efluentes.

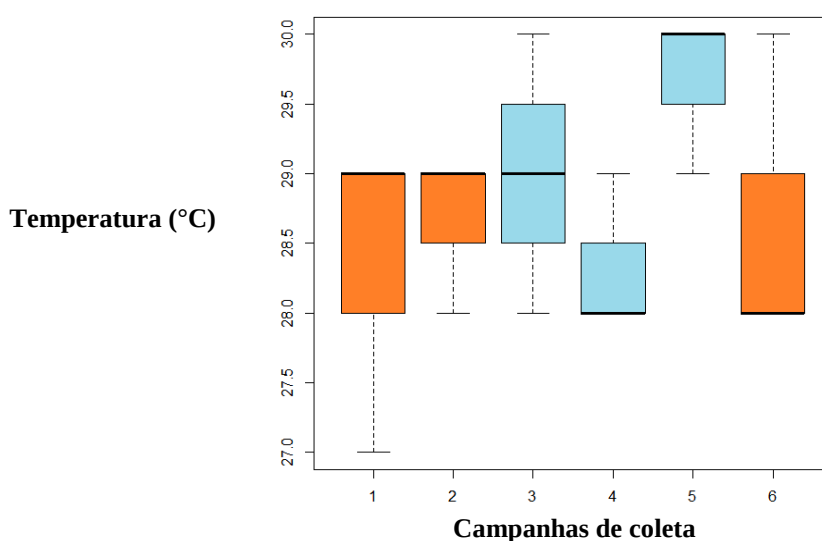
O Ponto 03 apresentou maiores valores de temperatura, em geral, possivelmente por este ser o ponto mais exposto à luz solar. Os três pontos apresentam temperaturas na faixa de 26,5°C a 30°C, sendo as menores temperaturas identificadas no período chuvoso, principalmente no mês de março/2016, no qual a coleta ocorreu exatamente em um momento de precipitação intensa. As amplitudes térmicas entre os pontos de mesma coleta deste período de monitoramento não se apresentaram fora do cenário ideal estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

O Quadro 10 e a Figura 15 demonstram o perfil do parâmetro no decorrer das campanhas de coletas, período 1.

Quadro 10 - Temperatura (°C), período 1.

Meses de coletas	Temperatura (°C)			Pluviometria (mm)
	P1	P2	P3	
set/15	26,50	29,00	29,10	15
dez/15	28,00	28,50	29,00	47
jan/16	28,00	29,00	30,00	305
mar/16	28,50	27,50	28,00	476
mai/16	30,00	29,00	30,00	123
jul/16	28,00	28,20	29,50	3

Fonte: Autor (2016).

Figura 15 - Variação sazonal da temperatura, período 1.

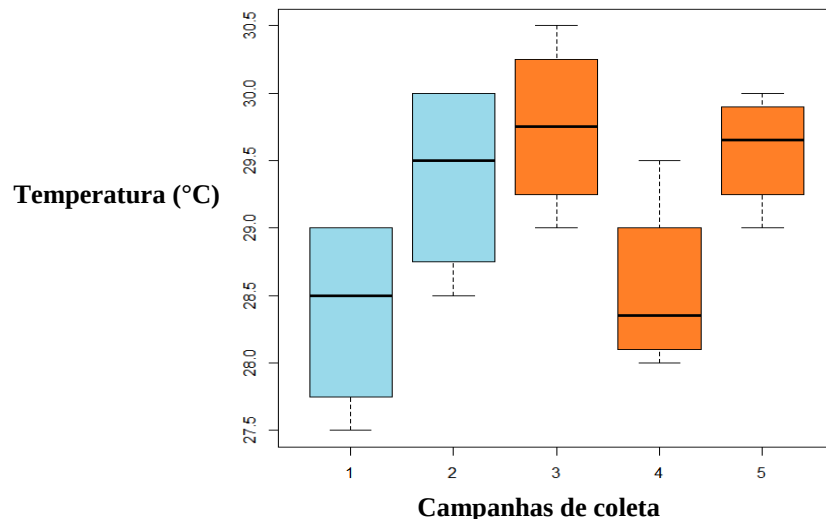
Fonte: Autor (2016).

Semelhantemente ao primeiro período, no período 2 (Quadro 11 e Figura 16) o parâmetro apresentou poucas variações, com mínimo e máximo, gerais, de 27,5 °C e 30,5°C, respectivamente. As amplitudes térmicas entre os pontos de mesma coleta deste período de monitoramento não se apresentaram fora do cenário ideal estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

Quadro 11 - Temperatura (°C), período 2.

Pontos	Temperatura (°C)				
	Campanhas				
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
1	29,00	30,00	30,50	28,00	29,00
2	28,00	29,00	30,00	28,20	30,00
3	27,50	30,00	29,00	29,50	29,50
4	29,00	28,50	29,50	28,50	29,80

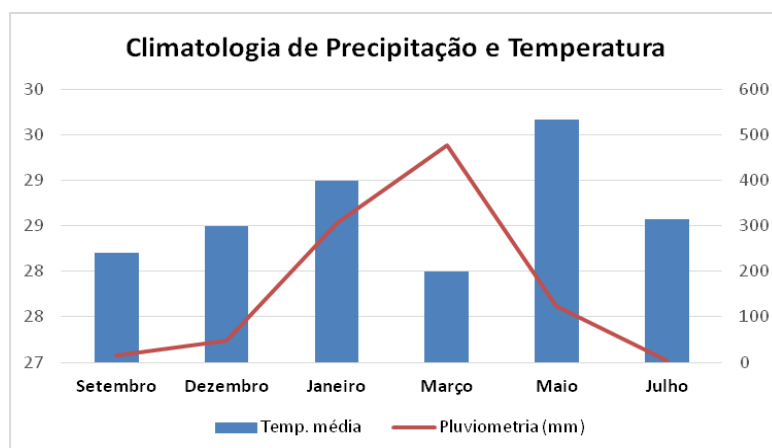
Fonte: Autor (2016).

Figura 16 - Variação sazonal da temperatura, período 2.

Fonte: Autor (2016).

O período 1 demonstrou a proximidade dos dados com os valores mínimos e máximos, uma vez que os valores mais frequentes estão presentes na faixa de 28 a 29°C. No período 2 houve uma melhor distribuição dos dados, com variações bem definidas, ainda que num menor intervalo, os quais se distribuíram de forma equitativa a partir dos dados médios, o que pode ser um indicador das vantagens das coletas mensais sobre as bimestrais, uma vez que ocorreu uma melhor uniformidade das informações mensais.

Embora se considere um “período chuvoso”, os anos de 2015 e 2016 não apresentaram quedas consideráveis nas temperaturas, bem como precipitações duradouras, a ponto de reduzir de forma significativa as temperaturas do município, onde é comum haverem precipitações intensas em um curto período de tempo (Figura 17).

Figura 17 - Climatologia de Precipitações e Temperaturas médias.

Fonte: Autor (2016); BRASIL (2016).

As coletas ocorreram no horário de 9:00 às 12:00h, o que caracteriza as temperaturas em função do horário coletado, uma vez que há uma variação nos perfis transversal e vertical da coluna de água, o que possivelmente se altera com facilidade na foz do Riacho Maceió, em virtude de sua pouca profundidade.

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termelétricas (SÃO PAULO, 2017).

A baixa amplitude térmica é uma característica persistente no município de Fortaleza, bem como os elevados índices de insolação e as altas temperaturas, fatores estes que não passam por alterações significativas, mesmo com a quadra chuvosa, como comprovado por Silva (2003), no qual avaliou o comportamento da série histórica do município no período de 1966 a 2002.

Elevações de temperatura aumentam a taxa de reações físicas, químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam as taxas de transferências também dos gases (SPERLING, 2005).

Notou-se que no período 1, em ambas as estações, a temperatura e o oxigênio dissolvido apresentaram uma correlação majoritariamente diretamente proporcional (Tabela 07).

Tabela 07 - Correlação de Spearman para Temperatura e Oxigênio Dissolvido, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	OD s X T s	Classificação da correlação	OD c X T c	Classificação da correlação
P1	0,9	muito forte	-1,0	perfeita
P2	0,5	regular	0,9	muito forte
P3	-1,0	perfeita	0,0	fraca

Fonte: Autor (2016).

Já no período 2 (Tabela 08), os parâmetros apresentaram correlação perfeita na estação chuvosa, em todos os pontos, sendo inversamente proporcionais nos pontos 1 a 3 e diretamente proporcionais no ponto 4. Na estação seca, as correlações se mantiveram predominantemente inversas, contudo houve uma queda nos valores de correlação em todos os pontos.

Tabela 08 - Correlação de Spearman para Temperatura e Oxigênio Dissolvido, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	OD c X T c	Classificação da correlação	OD s X T s	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	-0,5	regular
P2	-1,0	perfeita	0,9	muito forte
P3	-1,0	perfeita	-0,9	muito forte
P4	1,0	perfeita	-0,9	muito forte

Fonte: Autor (2016).

Se considerada de forma majoritária, as correlações inversamente proporcionais se mostraram como as mais representativas, de forma que, o aumento da temperatura gera redução nas concentrações de oxigênio dissolvido na massa líquida, bem com as baixas temperaturas favorecem uma maior disponibilidade do OD no recursos hídrico.

Observa-se no período 1 uma média de temperatura maior no período chuvoso, o que pode se justificar pela baixa amplitude térmica local, bem como pelos dias e horários das coletas das amostras de água. Já no período 2, as médias do parâmetro foram maiores na estação seca, possivelmente, essa variação se dê pela redução das precipitações, bem como os horários das coletas dos meses de junho a agosto de 2016, que se aproximaram das 12: 00 hrs.

Conforme Pereira (2004), a poluição térmica acarreta danos ao ambiente, pois para os seres vivos, os efeitos da temperatura dizem respeito à aceleração do metabolismo, ou seja, das atividades químicas que ocorrem nas células. A aceleração do metabolismo provoca aumento da necessidade de oxigênio e, por conseguinte, na aceleração do ritmo respiratório. Por outro lado, tais necessidades respiratórias ficam comprometidas, porque a hemoglobina tem pouca afinidade com o oxigênio aquecido.

De acordo com o teste de Friedman (Tabela 09), o parâmetro não apresentou diferenças significativas em ambos os períodos coletados, o que condiz com sua baixa variação de concentração no decorrer das amostragens.

Tabela 09 - Teste de Friedman para Temperatura, períodos 1 e 2.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
1	Seca	0,222	Não significativa
	Chuvosa	0,333	Não significativa
2	Chuvosa	0,167	Não significativa
	Seca	0,182	Não significativa

Fonte: Autor (2016).

5.1.2. Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio

O oxigênio é um dos principais gases de composição da crosta terrestre, sendo extremamente importante e indispensável para manutenção da vida em nosso planeta, assim como, se dissolvido na água (Oxigênio Dissolvido), tem vital importância para os ecossistemas aquáticos (MAIA, 2010).

A concentração de material orgânico determinado nos testes de DBO e de DQO está baseada no consumo do oxidante necessário para sua oxidação. As diferenças básicas estão no oxidante utilizado e nas condições operacionais durante o teste. No teste da DBO o oxidante utilizado é o oxigênio e a oxidação requer a interferências de bactérias. Neste teste o resultado é obtido após 5 dias (SCALIZE *et al.*, 2003).

A demanda bioquímica de oxigênio retrata de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido. A matéria orgânica é responsável pelo consumo, pelos microrganismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água. A DBO é um parâmetro de grande importância na caracterização da poluição de um corpo d'água (SPERLING, 2005).

Para a DBO, considerou-se apenas o primeiro período de monitoramento, uma vez que no segundo período não houve a avaliação do parâmetro. Majoritariamente os parâmetros apresentaram valores que não condizem com a referência legal, conforme CONAMA n° 357/2005, para águas doces da Classe II, sendo as concentrações normatizadas de “ $\leq 6 \text{ mg.L}^{-1}$ ” e “ $\leq 3 \text{ mg.L}^{-1}$ ” para OD e DBO, respectivamente. A exceção do ponto OD3, mês de janeiro de 2016 e DBO3 em maio do mesmo ano (Quadro 12).

Quadro 12 - Valores de concentração de OD e DBO, período 1.

Meses de coleta	OD (mg.L^{-1})			DBO (mg.L^{-1})			Pluviometria (mm)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
	OD1	OD2	OD3	DBO1	DBO2	DBO3		
set/15	2,40	1,90	4,50	36,70	12,24	36,70	15	28,20
dez/15	3,70	3,90	4,60	39,17	13,75	25,03	47	28,50
jan/16	5,30	5,60	6,57	11,77	9,80	23,83	305	29,00
mar/16	5,20	2,50	4,80	16,17	22,70	23,83	476	28,00
mai/16	4,30	3,80	3,80	3,83	4,30	1,77	123	29,67
jul/16	2,60	2,60	3,80	15,30	5,00	5,37	3	28,57

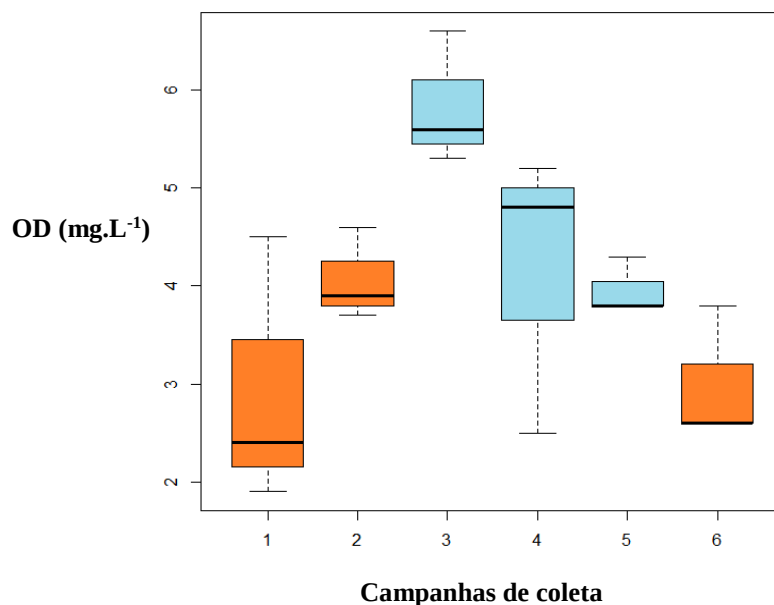
Fonte: Autor (2016).

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e,

ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (SÃO PAULO, 2009).

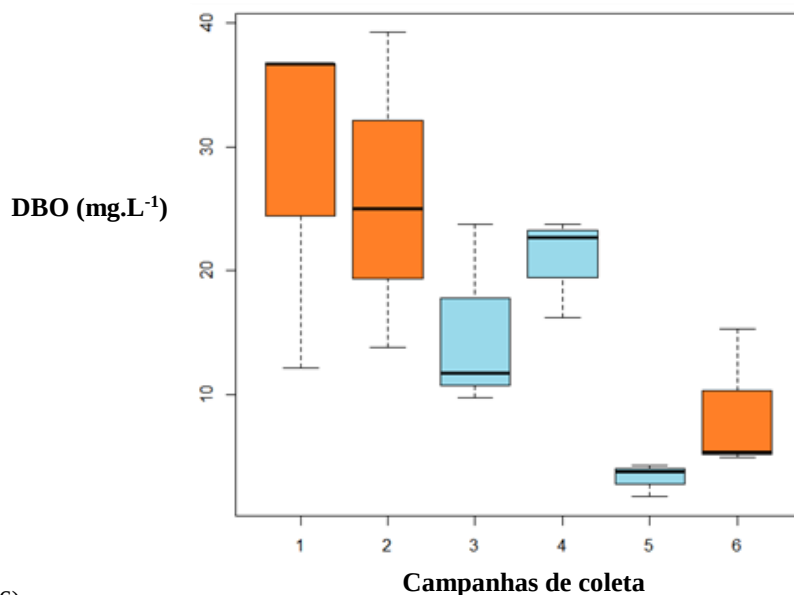
As Figuras 18 e 19 apresentam as variações sazonais dos dados analíticos de OD e DBO por meio da representação em diagrama de caixas (boxplot).

Figura 18 - Variação sazonal do OD, período 1.



Fonte: Autor (2016).

Figura 19 - Variação sazonal do DBO.



Fonte: Autor (2016).

Para o período 2, a maioria das concentrações encontradas no monitoramento estiveram em desacordo com a resolução CONAMA nº 357/05. Sendo que os meses de julho e agosto apresentaram os piores cenários de concentração de OD, tanto em avaliação pontual

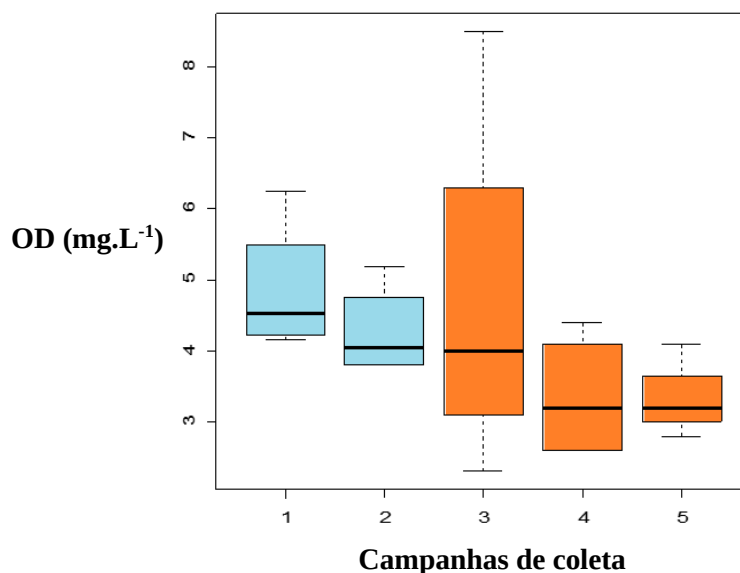
(Quadro 13 e Figura 20), quanto na avaliação de seus valores médios (3,35 e 3,33 mg.L⁻¹ respectivamente).

Quadro 13 - Valores de concentração de OD, período 2.

Pontos	OD (mg.L ⁻¹)				
	Campanhas				
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
1	4,75	4,30	2,30	2,60	3,20
2	4,15	3,80	8,50	2,60	2,80
3	4,30	3,80	3,90	3,80	3,20
4	6,25	5,20	4,10	4,40	4,10

Fonte: Autor (2016).

Figura 20 - Variação sazonal do OD, período 2.



Fonte: Autor (2016).

Silva (2003) encontrou uma média de concentração de DBO igual a 31,9 mg.L⁻¹, posteriormente, Maia (2010) e Silva, Meireles e Pereira (2011) diagnosticaram concentrações de 20,8 e 8,3 mg.L⁻¹, respectivamente. Neste estudo a média desse parâmetro foi igual a 17,8 mg.L⁻¹.

Esses valores podem estar associados à presença de bactérias aeróbias, que consomem oxigênio durante sua atividade metabólica, gerando assim uma demanda bioquímica, que no caso, acaba por ser superior à capacidade suporte e à recuperação das concentrações de OD na massa líquida. O elevado aporte de nutrientes é um dos fatores que pode maximizar a atividade bacteriana de decomposição da matéria orgânica no corpo hídrico e as propensões da concentração de OD disponível à biota.

As primeiras ameaças antropogênicas aos recursos aquáticos foram frequentemente associadas a doenças humanas, especialmente doenças causadas por organismos e resíduos com demanda de oxigênio. Regiões de grande densidade populacional foram as primeiras áreas de risco, mas águas de áreas isoladas também sofrem degradação (MEYBECK E HELMER, 1989, apud MORAES e JORDÃO, 2002).

Observa-se, pelo valor da correlação de Spearman em ambas as estações (Tabela 10), que no período seco houve uma relação regular no comportamento de concentração dos parâmetros. Na estação chuvosa houve uma alteração no ponto dois, o qual passou a se comportar de modo inversamente proporcional, de forma regular, e no ponto 03, onde a relação passou de regular a muito forte, de maneira diretamente proporcional.

Tabela 10 - Correlação de Spearman para DBO e OD, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	OD s X DBO s	Classificação da correlação	OD c X DBO c	Classificação da correlação
P1	0,5	regular	0,5	regular
P2	0,5	regular	-0,5	regular
P3	0,5	regular	0,9	muito forte

Fonte: Autor (2016).

Soares *et al.* (2017), observaram uma relação inversa nas concentrações de OD e DBO, típica dos processos de autodepuração, visto que o oxigênio dissolvido é consumido no metabolismo aeróbio de decomposição da matéria orgânica proveniente das descargas dos esgotos.

No entanto, as altas concentrações de DBO, bem como o regime lótico, podem ter favorecido para um cenário um pouco diferenciado no trecho em questão, uma vez que se mantém a oxigenação da água, mas também há uma persistência das concentrações de demanda por oxigênio dissolvido. Tanto que, ao se aplicar a correlação de Spearman para os dados de Silva (2003) e Maia (2010), ambos apresentaram o mesmo tipo de relação observado neste estudo. A correlação entre a DBO e a pluviometria foi de -0,086.

Com o recebimento de novos aportes de água, por conta das primeiras precipitações ocorridas no mês de janeiro de 2016, houve uma maior influência do revolvimento da massa líquida e da troca gasosa superficial com o ar atmosférico, o que leva a crer que estes tendem a influenciar positivamente na recuperação do OD disponível no recurso, fator que se favorece pelo regime lótico do corpo hídrico. A correlação entre o OD e a pluviometria foi de 0,829, logo, diretamente proporcional.

O caráter lótico é um dos fatores que deveria contribuir de forma positiva à recuperação do OD disponível na massa líquida, no entanto um dos fatores determinantes a esse processo está relacionado à velocidade de fluxo da água, o qual é prejudicado em todo o trecho avaliado, em função do assoreamento, da deposição de lixo no leito e até mesmo por conta das intervenções artificiais feitas na construção do canal do riacho, especificamente aos que estão presentes em seu leito, onde há uma redução na profundidade de escoamento da água (Figura 21).

Figura 21 - Leito da foz do Riacho Maceió.



Fonte: Autor (2016).

Silva (2003) já expunham problemas relacionados com a degradação do riacho, bem como impactos negativos que eram crescentes na área. O autor relata que as substâncias presentes nos esgotos exerciam ação deletéria nos corpos de água em estudo, a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, causando a mortandade de peixes e outros organismos aquáticos, e até mesmo o escurecimento da água e aparecimento de maus odores.

Outro fato abordado pelo autor, bem como por moradores entrevistados na época, é que havia um crescimento no número de peixes no riacho durante o período chuvoso, fator este que também foi observado nas visitas realizadas ao local nos anos de 2015, antes mesmo de se iniciarem as coletas de amostra de água, bem como no ano de 2016, onde já se realizavam as amostragens.

A matéria orgânica introduzida no corpo d'água é progressivamente decomposta pela atividade biológica. O crescimento das populações de microrganismos sapróbios e detritívoros aumenta em caso de eutrofização. O aumento da atividade da população microbiana sapróbia eleva a demanda de oxigênio e pode resultar no consumo excessivo de oxigênio dissolvido podendo gerar uma condição de anoxia, o que afeta diretamente outros

organismos, em decorrência das suas respectivas tolerâncias à depleção de oxigênio dissolvido (QUEIROZ, SILVA e TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

Durante os primeiros meses de coleta do período 1, pôde-se observar a mortandade de peixes em todo o trecho monitorado, o que pode decorrer da má qualidade da água, principalmente se consideradas as altas concentrações de DBO, bem como as baixas concentrações de OD.

Silva, Meireles e Pereira (2011) já apontavam problemas relacionados às concentrações de OD em pontos de coleta localizados no riacho, notou-se uma variação significativa nos valores de oxigênio dissolvido na água, sendo que na Lagoa do Papicu, principal corpo hídrico desse sistema, verifica-se uma redução significativa desse elemento em função, principalmente, do grande aporte de efluentes domésticos para esse manancial. O lançamento desses efluentes vem provocando um aumento considerável na concentração de nutrientes e, conseqüentemente, uma rápida proliferação da vegetação aquática (aguapés), ocasionando uma alteração do metabolismo de todo o ecossistema.

Conforme os resultados da correlação de Spearman (Tabela 11), o OD apresentou correlação perfeita na maior parte do trecho estudado, para a estação seca e regular, para a estação chuvosa. Nota-se que as chuvas ocasionaram mudanças nas concentrações de cada ponto.

Tabela 11 - Correlação de Spearman para Oxigênio Dissolvido e Fósforo Total, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	OD s X P s	Classificação da correlação	OD c X P c	Classificação da correlação
P1	1,0	perfeita	-0,5	regular
P2	1,0	perfeita	0,5	regular
P3	0,5	regular	-0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

De forma geral, na estação seca ocorreu uma correlação positiva, ou seja, os parâmetros apresentaram comportamento diretamente proporcional. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa (SÃO PAULO, 2009). De acordo com o teste de Friedman (Tabela 12), os parâmetros não apresentaram diferenças significativas em ambos os períodos coletados.

Tabela 12 - Teste de Friedman para OD e DBO, período 1.

Parâmetro	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância	Período de coleta
OD	Seca	0,111	Não significativa	set/2015 a julho/2016
	Chuvosa	0,333	Não significativa	
DBO	Seca	0,111	Não significativa	set/2015 a julho/2016
	Chuvosa	0,222	Não significativa	

Fonte: Autor (2016).

5.1.3. Compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato)

Conforme São Paulo (2017): “Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio, ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, a primeira zona de poluição que se forma após o lançamento do esgoto, amoniacal na zona de decomposição ativa, na qual se localiza o ponto de concentração mínima de oxigênio dissolvido nas águas, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas”.

- Amônia e Nitrito

A morte, seguida de decomposição, de animais e vegetais e, principalmente, as transformações sofridas pelos compostos orgânicos presentes nos esgotos, levam à formação de nitrogênio amoniacal nas águas, nas formas de amônia gasosa (NH_3) ou do íon amônio (NH_4^+) (SÃO PAULO, 2017).

A amônia, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, deve ser analisada conforme o valor de pH da amostra, logo, avaliou-se se as respectivas concentrações de amônia estiveram dentro dos VMPs (Quadro 14), conforme esse requisito, sendo que apenas um dos pontos da campanha de junho, ponto 03, apresentou valor acima do permitido por lei. Cenário diferente do encontrado por Silva (2003), no qual diagnosticou concentrações cerca de quatro vezes maiores que as indicadas neste estudo.

Quadro 14 - Valores de concentração de Amônia.

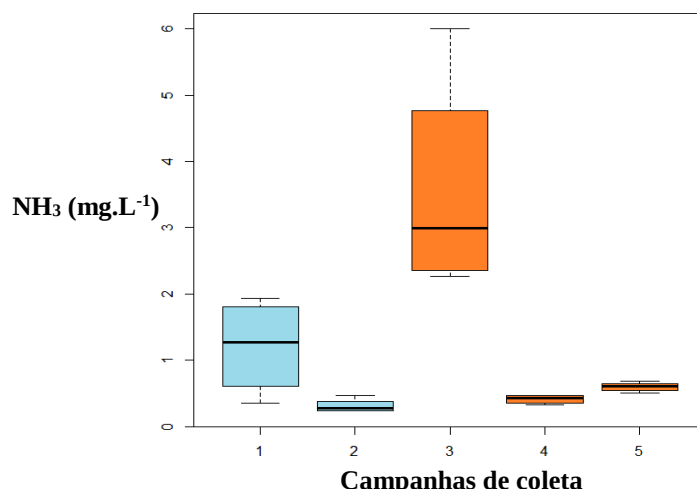
Pontos	Amônia (mg.L ⁻¹)				
	Campanhas				
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
1	0,85	0,23	2,27	0,47	0,50
2	1,93	0,25	2,45	0,46	0,62
3	1,68	0,46	3,54	0,39	0,58
4	0,35	0,30	6,00	0,32	0,68

Fonte: Autor (2016)

Nota-se que a campanha de junho de 2016 apresentou valores crescentes do parâmetro, provavelmente, coletou-se em um momento de poluição recente da água por fontes de aporte de nutrientes, como o lançamento de esgotos e o recebimento das águas de montante, as quais passam por um extenso trecho com intensa ocupação urbana e uso desordenado do solo, ou mesmo pela liberação de amônia no processo de degradação da matéria orgânica.

A amônia que é liberada na água pela decomposição da matéria orgânica pode ser usada novamente pelas plantas, ou pode ser nitrificada para nitrato pelas bactérias quimioautotróficas. Essas bactérias usam amônia e nitrito como fontes de energia e dióxido de carbono (CO₂) como fonte de carbono orgânico, ou seja, essas bactérias podem utilizar a energia liberada no processo de oxidação dos compostos que contêm nitrogênio orgânico para reduzir o carbono orgânico em dióxido de carbono (QUEIROZ e BOEIRA, 2007).

Devido à ação bacteriana, a amônia é convertida em nitrito, o que pode justificar a redução nos valores de concentração do parâmetro nos meses seguintes a junho de 2016, bem como a queda de concentração observada entre abril e maio de 2016 (Figura 19).

Figura 22 - Variação sazonal, amônia.

Fonte: Autor (2016).

Todo tipo de matéria orgânica nos rios e riachos (resto de plantas, peixes mortos, esgoto doméstico) transforma-se em amônia que é altamente tóxica para a fauna aquática, no entanto, a atividade bacteriana pode transformar a amônia em nitrato, substância menos tóxica. Este processo implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática (PEREIRA, 2010).

Observou-se na estação chuvosa uma correlação perfeita diretamente proporcional em todos os pontos monitorados. Já na estação seca, os pontos 01 e 04 demonstraram correlação inversamente proporcional, regular e muito forte (Tabela 13).

Tabela 13 - Correlação de Spearman para Oxigênio Dissolvido e Amônia, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	OD c X AM c	Classificação da correlação	OD s X AM s	Classificação da correlação
P1	1,0	perfeita	-0,5	regular
P2	1,0	perfeita	1,0	perfeita
P3	1,0	perfeita	0,5	regular
P4	1,0	perfeita	-0,9	muito forte

Fonte: Autor (2016).

Possivelmente as concentrações de amônia não impactaram as concentrações de OD de forma considerável por conta do regime lótico do riacho, bem como por não haverem altas concentrações desse composto nitrogenado no corpo hídrico. Nos casos de correlação inversamente proporcional, pode-se relacionar com o consumo deste por parte de bactérias nitrificadoras.

Silva, Meireles e Pereira (2011), apresentaram resultados de concentração semelhantes, de forma que nenhum dos valores esteve fora dos valores máximos permitidos indicados pela resolução CONAMA 357/05, para águas doces de Classe II.

Verificou-se a correlação entre a amônia e o fósforo total para observar se, com o incremento nas concentrações de fósforo, o mesmo ocorria com o outro nutriente, o que poderia indicar a entrada de efluentes no trecho monitorado, devido ao aumento nas concentrações de ambos os parâmetros (Tabela 14).

Tabela 14 - Correlação de Spearman para Fósforo Total e Amônia, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	P c X AM c	Classificação da correlação	P s X AM s	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	1,0	perfeita
P2	1,0	perfeita	0,5	regular
P3	1,0	perfeita	0,5	regular
P4	1,0	perfeita	-0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

Os resultados obtidos apresentaram-se “diretamente proporcional” em sua maioria dentre as duas estações. Na estação chuvosa, o ponto 01 foi o único a apresentar comportamento perfeito inversamente proporcional, os demais se classificaram como perfeitos diretamente proporcionais. Na estação seca, as correlações perderam força, com classificação regular como majoritária. Possivelmente, o esgoto pluvial contribua com o aumento nas concentrações de amônia, bem como o aumento da atividade heterotrófica na estação seca, o que pode ter gerado as mudanças nas correlações.

De acordo com CETESB-SP (2009), no metabolismo dos microrganismos heterotróficos, os compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos etc. Nesse processo há consumo de oxigênio da água e liberação da energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas.

Ressalta-se também que o arraste de amônia convertida à forma gasosa dá-se mediante elevação de pH. Todos os pontos obtiveram correlações perfeitas entre o pH e a amônia na estação chuvosa, de forma que os três primeiros pontos apresentaram caráter inversamente proporcional, já o quarto ponto, diretamente proporcional. Na estação seca as correlações tenderam a diretamente proporcionais, exceto no ponto 4, que mais uma vez apresentou resultado diferente dos demais (Tabela 15).

Tabela 15 - Correlação de Spearman para pH e Amônia, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	PH c X AM c	Classificação da correlação	PH s X AM s	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	0,5	regular
P2	-1,0	perfeita	0,5	regular
P3	-1,0	perfeita	1,0	perfeita
P4	1,0	perfeita	-1,0	perfeita

Fonte: Autor (2016).

Por se tratar de uma área que recebe lançamento misto de efluentes, a dinâmica dos pontos é bastante variável, neste caso, o ponto 04, além de receber o montante de água da foz, recebe os esgotos que vêm das sarjetas da Avenida Beira Mar (Figura 23), o que pode justificar as diferentes variações. Bem como o comportamento da variação de concentração de amônia e pH neste ponto.

Figura 23 - Lançamento de efluente de drenagem urbana, Avenida Beira Mar.

Fonte: Autor (2016).

De acordo com o Teste de Friedman os dados não apresentaram variações de distribuição significativos (Tabela 16).

Tabela 16 - Teste de Friedman para Amônia.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
2	Chuvosa	0,083	Não significativa
	Seca	0,182	Não significativa

Fonte: Autor (2016).

O nitrito geralmente é a forma química de nitrogênio menos encontrada na água, isso se deve ao fato de que ele é instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária (ARAÚJO e OLIVEIRA, 2013).

Não se encontrou nenhuma concentração que excedesse o VMP de nitrito, conforme Resolução CONAMA nº 357/05, que é de 1 mg.L⁻¹. Os meses de junho e agosto de 2016 apresentaram os menores valores de concentração (Quadro 15).

Quadro 15 - Valores de concentração de Nitrito.

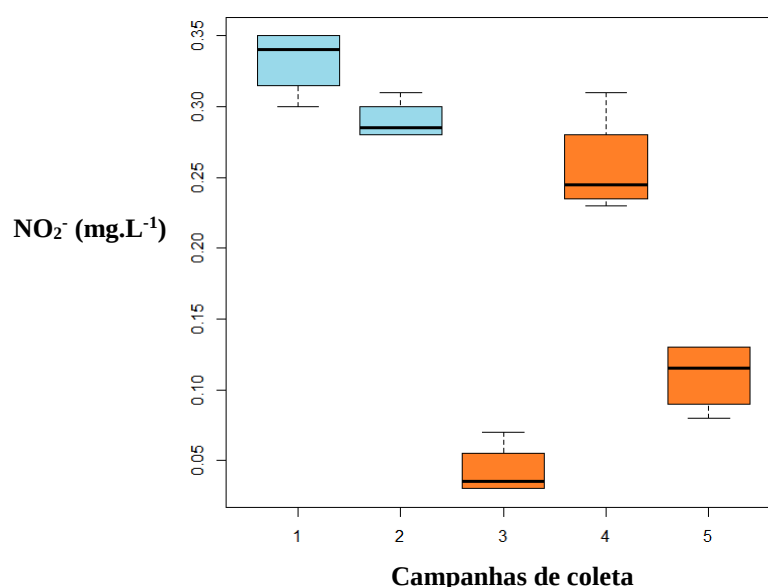
Nitrito (mg.L ⁻¹)					
Pontos	Campanhas				
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
1	0,33	0,28	0,03	0,24	0,10
2	0,35	0,29	0,04	0,23	0,08
3	0,35	0,31	0,03	0,25	0,13
4	0,30	0,28	0,07	0,31	0,13

Fonte: Autor (2016)

O equilíbrio da amônia na água depende do pH, da temperatura e da salinidade. A forma não ionizada da amônia (NH_3) é a mais tóxica para os organismos aquáticos. A amônia excretada pelos organismos aquáticos é oxidada em nitrato pela ação das bactérias quimioautotróficas, Nitrosomonas e Nitrobacter, que transformam o amônio (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) e, em seguida em nitrato (NO_3^-) (QUEIROZ e BOEIRA, 2007).

Nota-se que o período chuvoso apresentou os maiores valores de nitrito, o que pode decorrer do aporte de águas de drenagem urbana pluvial que chegam a foz do riacho, bem como os efluentes de montante do complexo hídrico Papicu/Maceió, bem como pela hidrólise da amônia e posteriormente sua conversão à nitrito (Figura 24).

Figura 24 - Variação sazonal, nitrito.



Fonte: Autor (2016).

Os resultados da correlação de Spearman demonstram que os parâmetros amônia e nitrito se comportaram com correlações perfeitas em todos os pontos de ambas as estações, de modo que na temporada chuvosa, de forma diretamente proporcional, e indiretamente na estação seca (Tabela 17).

Tabela 17 - Correlação de Spearman para Amônia e Nitrito, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	AM c X NI c	Classificação da correlação	AM s X NI s	Classificação da correlação
P1	1,0	perfeita	-1,0	perfeita
P2	1,0	perfeita	-1,0	perfeita
P3	1,0	perfeita	-1,0	perfeita
P4	1,0	perfeita	-1,0	perfeita

Fonte: Autor (2016).

O aumento das cargas orgânicas na massa líquida no período chuvoso pode justificar a correlação dos parâmetros, as correlações inversamente proporcionais demonstram a eficiência do processo de oxidação da amônia e sua conversão à nitrito nos pontos monitorados.

De acordo com o Teste de Friedman os dados apresentaram variações de distribuição significativas em ambas as estações (Tabela 18).

Tabela 18 - Teste de Friedman para Nitrito.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
2	Chuvosa	0,042	Significante
	Seca	0,021	Significante

Fonte: Autor (2016).

A significância observada em ambas as estações infere que, ao se coletar as amostras em período semelhante, aplicando-se as mesmas técnicas e demais processos ligados à amostragem e determinação do parâmetro, não se encontraria cenário semelhante. O que pode ser justificado pela frequente oxigenação da água, o que leva a crer que a conversão de nitrito a nitrato ocorre de forma efetiva, bem como as baixas concentrações de nitrito encontradas, o que facilita essa conversão.

- Nitrato

A nitrificação se divide em dois processos sequenciais, sendo o primeiro a oxidação da amônia para nitrito (nitritação), e o segundo processo a oxidação desse nitrito para nitrato (nitratação) e finalmente, a desnitrificação, que se caracteriza pela conversão do nitrato em nitrogênio molecular, finalizando assim a remoção biológica do nitrogênio. Geralmente todos esses processos são intermediados por bactérias, porém outros consórcios biológicos podem atuar em menor taxa (SILVA FILHO, 2009).

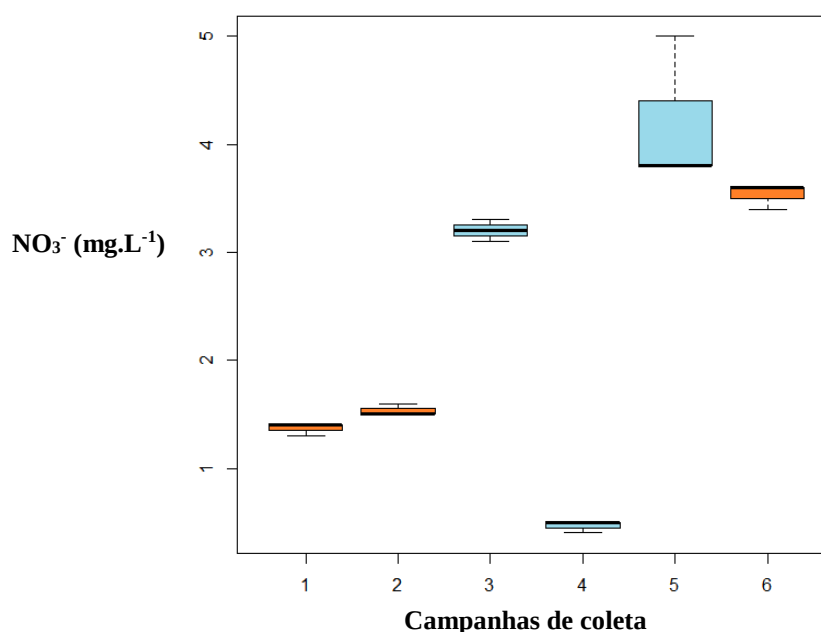
Em ambos os períodos de coleta, não foram encontrados valores em desacordo com os VMPs estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/05 para águas doces de classe II, igual a 10 mg.L⁻¹ de NO₃⁻.

No período 1, os meses de set/15, dez/15 e mar/16 apresentaram os menores valores médios e pontuais de concentração, sendo que o mês de março de 2016 deteve os valores mínimos de cada um dos três pontos monitorados (0,54 mg.L⁻¹, 0,51 mg.L⁻¹ e 0,42 mg.L⁻¹). O mês de maio de 2016 apresentou os maiores valores pontuais (4,95 mg.L⁻¹, 3,84 mg.L⁻¹ e 3,77 mg.L⁻¹) e médio (4,18 mg.L⁻¹) (Quadro 16 e Figura 25).

Quadro 16 - Valores de concentração de Nitrato, período 1.

Meses de Coleta	Nitrato (mg.L ⁻¹)			Pluviometria (mm)	Temperatura (°C)
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3		
set/15	1,40	1,29	1,44	15	28,20
dez/15	1,52	1,49	1,65	47	28,50
jan/16	3,35	3,20	3,06	305	29,00
mar/16	0,54	0,51	0,42	476	28,00
mai/16	4,95	3,84	3,77	123	29,67
jul/16	3,37	3,60	3,64	3,3	28,57

Fonte: Autor (2016).

Figura 25 - Variação sazonal do Nitrato, períodos 1.

Fonte: Autor (2016).

No mês de março de 2016 ocorreu uma redução nas concentrações, porém nos meses seguinte sucedeu um incremento das mesmas, o que pode ser decorrente do recebimento dos efluentes, tanto domésticos e industriais, quanto os de origem pluvial, tendo em vista que esses fenômenos ocorreram durante e após a temporada de chuvas e que configuram a principal fonte de compostos nitrogenados em corpos hídricos poluídos.

Aplicou-se a correlação de Spearman à relação Nitrato x DBO (Tabela 19), desta forma, pode-se observar o comportamento das concentrações de ambos os parâmetros, frente à dinâmica das estações seca e chuvosa.

Tabela 19 - Correlação de Spearman para DBO e Nitrato, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	DBO s X N s	Classificação da correlação	DBO c X N c	Classificação da correlação
P1	-0,5	regular	-1,0	perfeita
P2	-0,5	regular	-1,0	perfeita
P3	-1,0	perfeita	-0,9	muito forte

Fonte: Autor (2016).

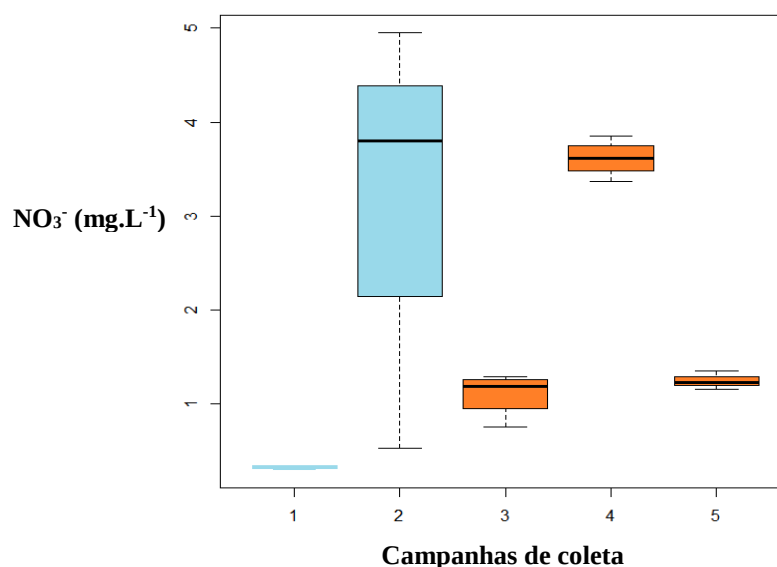
Todos os pontos, de ambas as temporadas, apresentaram correlação negativa, logo, com o aumento na concentração de DBO, ocorre uma queda nos valores de concentração do nitrato, o que leva a crer que os microrganismos tenham influenciado na redução da concentração desse macronutriente.

No segundo período ocorreu cenário semelhante ao primeiro período, no qual não foram encontrados valores em desacordo com os VMPs estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/05 para águas doces de classe II, igual a 10 mg.L⁻¹ de NO₃⁻ (Quadro 17 e Figura 26).

Quadro 17 - Valores de concentração de Nitrato, período 2.

Nitrato (mg.L ⁻¹)					
Pontos	Campanhas				
	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto
1	3,50	4,95	1,23	3,37	1,23
2	2,76	3,83	1,14	3,60	1,35
3	2,80	3,77	0,76	3,64	1,16
4	4,29	0,53	1,29	3,85	1,23

Fonte: Autor (2016)

Figura 26 - Variação sazonal do Nitrato, períodos 2.

Fonte: Autor (2016).

Há também uma variabilidade semelhante a que ocorreu no período 1, uma vez que não há uma uniformidade no crescimento ou decaimento das concentrações, fator este que pode estar relacionado ao lançamento misto de efluentes, o que dificulta precisar a causa da flutuação dos dados. No entanto, a estação chuvosa apresenta uma tendência a obter as maiores concentrações do parâmetro, por razões já mencionadas.

Maia (2010) relatou em seu estudo que apesar da quase totalidade das amostras para compostos nitrogenados estarem dentro dos limites permitidos pela legislação, observa-se, como de esperado, um aumento da concentração dessas substâncias em direção à foz. Esse aumento nos níveis de concentração traz indícios de toxicidade, podendo ser letal para algumas espécies aquáticas e prejudicial para a saúde humana. Cada trecho dentro do mesmo recurso hídrico pode apresentar níveis diferentes de contaminação ou concentração de substâncias poluidoras. As maiores concentrações de amônia, nitrato, nitrito e fósforo incidiam sobre o Riacho Maceió.

A areia quartzosa, solo que compõe a pedologia do trecho estudado, apresenta grande potencial de porosidade e permeabilidade, o que permite que substâncias, como o nitrato, possam chegar aos lençóis freáticos, cujo nível, na área, chega a perenizar os riachos da microbacia.

Segundo publicação da EMBRAPA (2017) apesar da adsorção de fósforo ser pequena nesses solos, existem problemas sérios quanto à lixiviação de nitrogênio e à decomposição rápida da matéria orgânica. A lixiviação de nitratos e de sulfatos é intensa por causa da grande macroporosidade e da permeabilidade dos solos de textura arenosa.

Conforme publicação da Universidade Federal de São Paulo – USP (2017) ocorre no ciclo do nitrogênio na natureza, as fixações química e biológica e o seu uso como nutriente, sendo que as plantas são capazes de metabolizar nitratos e os animais nutrem-se de nitrogênio na forma orgânica, principalmente.

O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio, é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas (SÃO PAULO, 2017).

A correlação entre nitrito e nitrato demonstrou um caráter predominantemente “pefeito”, com alguns pontos variando de forma regular (Tabela 20).

Tabela 20 - Correlação de Spearman para os parâmetros Nitrito e Nitrato, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	NI c X N c	Classificação da correlação	NI s X N s	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	0,5	regular
P2	-1,0	perfeita	1,0	perfeita
P3	-1,0	perfeita	1,0	perfeita
P4	1,0	perfeita	0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

Possivelmente, o comportamento inversamente proporcional, predominante na estação chuvosa, esteja ligado ao processo e oxidação do nitrito, em função do aumento das concentrações de oxigênio dissolvido neste período. Já o caráter do ponto 04, pode estar ligado ao lançamento pontual de esgotos de drenagem urbana, o que tornaria a correlação diretamente proporcional neste ponto, bem como as menores concentrações de clorofila a, o que acarretaria num menor consumo da concentração de NO_3^- .

A redução das concentrações de OD no período seco pode ter influenciado na mudança do caráter das correlações, uma vez que estas passaram a apresentar comportamento diretamente proporcional.

A concentração de nitrato está diretamente relacionada com a quantidade de fitoplâncton, sendo que este é o maior responsável pela produção de matéria orgânica. Portanto, a abundância de fitoplâncton pode ser utilizada como um indicador da quantidade de nitrato disponível em ambientes aquáticos, sendo que as taxas de produtividade primária indicam a quantidade de fitoplâncton existente nesses ambientes, o que em outros termos é uma estimativa da abundância da quantidade de matéria orgânica fixada pela fotossíntese, a qual geralmente é expressa em gramas de carbono fixadas por $\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$ (QUEIROZ e BOEIRA, 2007). Para isso, fez-se a correlação entre a Cla e o NO_3^- , de acordo com os dados disponíveis dos pontos monitorados para ambos os parâmetros (Tabela 21).

Tabela 21 - Correlação de Spearman para os parâmetros Nitrato e Clorofila a, período 2, estação chuvosa.

Ponto	Estação Chuvosa	
	N c X CLa c	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita
P2	-1,0	perfeita
P3	-1,0	perfeita
P4	-1,0	perfeita

Fonte: Autor (2016).

Conforme CETESB-SP (2009), a atividade fotossintética das algas pode reduzir as concentrações de OD e de nitrogênio, devido ao consumo requerido nos processos de transformação das formas nitrogenadas.

De acordo com o Teste de Friedman os dados não apresentaram variações de distribuição significativas (Tabela 22).

Tabela 22 - Teste de Friedman para Nitrato, períodos 1 e 2.

Parâmetro	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância	Período de coleta
Nitrato	Seca	0,667	Não significativa	set/2015 a julho/2016
	Chuvosa	0,667	Não significativa	
	Chuvosa	0,333	Não significativa	abril/2016 a ago/2016
	Seca	1	Não significativa	

Fonte: Autor (2016).

5.1.4. Fósforo

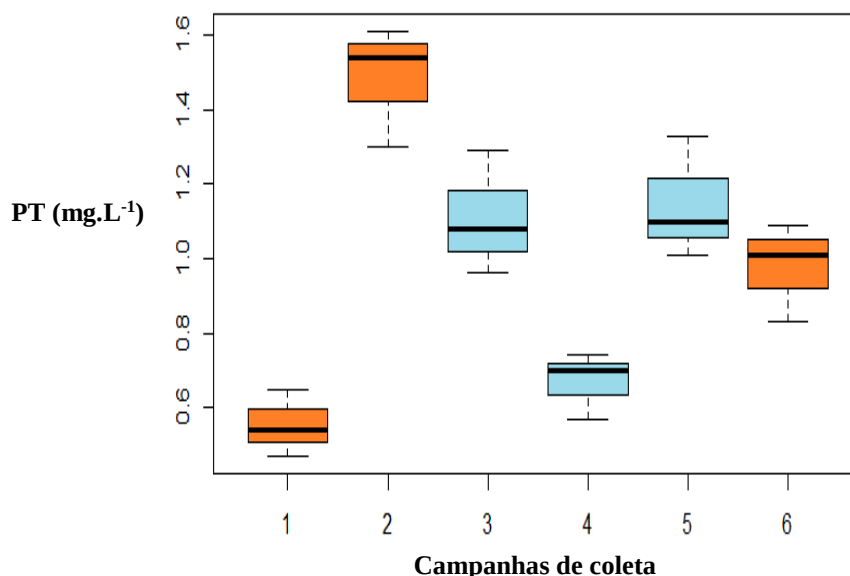
O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala doméstica constituem a principal fonte (15,5% de P_2O_5), além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas (SÃO PAULO, 2017).

O parâmetro se mostrou como um dos fatores mais preocupantes em todas as campanhas de ambos os períodos coletados (Quadros 18 e Figura 27), onde, todos os valores encontrados estiveram fora dos VMPs, conforme Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece a concentração de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ para corpos hídricos lóticos de água doce de Classe II.

Quadro 18 - Valores de concentração de Fósforo, período 1.

Meses de coleta	Fósforo Total (mg.L^{-1})			Pluviometria (mm)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
	P1	P2	P3		
set/15	0,54	0,65	0,47	15	28,20
dez/15	1,54	1,30	1,61	47	28,50
jan/16	1,29	1,08	0,96	305	29,00
mar/16	0,74	0,57	0,70	476	28,00
mai/16	1,33	1,10	1,01	123	29,67
jul/16	0,83	1,09	1,01	3,3	28,57

Fonte: Autor (2016).

Figura 27 - Variação sazonal do Fósforo, período 1.

Fonte: Autor (2016).

Em geral o ponto 01 apresentou maiores valores de concentração, isso pode se justificar por este ponto estar próximo a entrada do volume de água montante. O que pode configurar um problema devido ao recebimento de altas cargas desse nutriente que possam estar presentes nos demais trechos do riacho, bem como nos demais corpos hídricos que se interligam a ele, como observado pela Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo (SEUMA) em seu estudo de avaliação da qualidade da água para o Riacho Papicu, entre os anos de 2014 a 2016.

Vale ressaltar que em todo o trecho canalizado da microbacia há a presença de galerias pluviais, que por sua vez acabam por carrear efluentes das chuvas e também recebem esgotos clandestinos, acontecimentos que já haviam sido abordados nos estudos de Silva (2003) e Maia (2010), fato comprovado nas visitas de campo realizadas ao local, o que pode provocar alguns picos nos valores de concentração desse macronutriente, constatando assim momentos em que o ponto 03 supera os valores do ponto 01, dezembro de 2015 e julho de 2016, assim como o ponto 02 que teve os maiores valores em algumas campanhas, setembro de 2015 e maio de 2016.

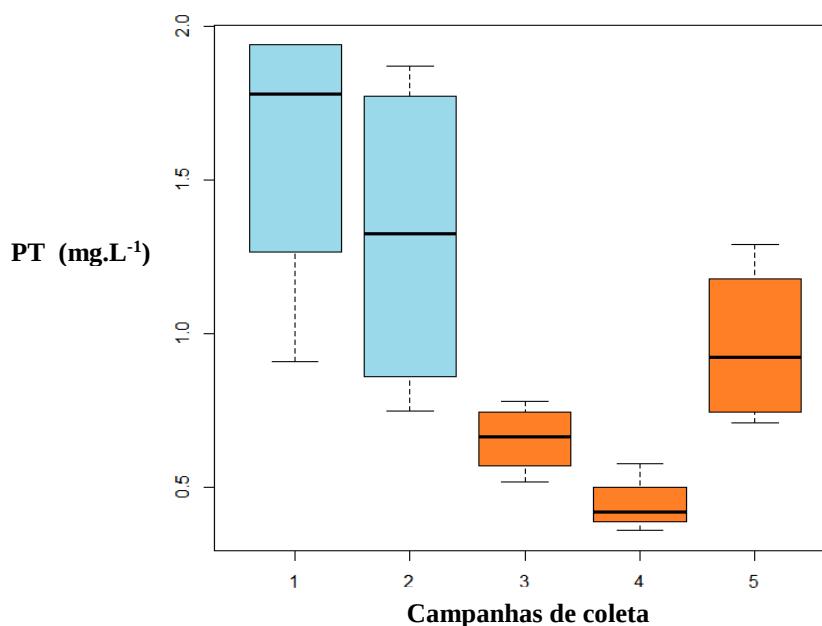
Para o período 2 (Quadro 19 e Figura 28), O mês de abril apresentou a maior média dos valores de concentração, 1,60 mg.L⁻¹, e o ponto 02 a maior média de concentração do parâmetro entre os pontos avaliados, 1,20 mg.L⁻¹.

No entanto, é importante observar que a cada campanha os máximos e mínimos intercalavam entre os pontos, reiterando assim a variabilidade que pode ser ocasionada pelo lançamento misto de efluentes que ocorre na área.

Quadro 19 - Valores de concentração de Fósforo, período 2.

Pontos	Fósforo Total (mg.L ⁻¹)				
	Campanhas				
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
1	0,91	1,87	0,78	0,42	0,71
2	1,94	1,68	0,71	0,36	1,29
3	1,94	0,97	0,62	0,42	0,78
4	1,62	0,75	0,52	0,58	1,07

Fonte: Autor (2016).

Figura 28 - Variação sazonal do Fósforo, período 2.

Fonte: Autor (2016).

O excedente deste nutriente no ambiente aquático pode levar ao crescimento populacional de algas tóxicas, podendo gerar prejuízos ao ecossistema e à população, além das outras espécies de algas, como as macrófitas, que ocupam grande parte do espelho d'água, podendo ocupar a totalidade do mesmo, principalmente em corpos de pequenas dimensões, a exemplo do Riacho Maceió, iniciando assim o processo de barramento de entrada dos raios solares no manancial e impedindo os processos fotossintéticos nas camadas inferiores.

Por conseguinte, há uma queda na concentração de OD disponível às formas de vida aeróbias que vivem no ambiente, como peixes, levando a mortandade destes e aumentando a concentração de matéria orgânica no meio, a partir desse ponto, inicia-se um processo predominantemente anaeróbio-facultativo, no qual a decomposição da matéria orgânica resulta na liberação de toxinas que causam danos ainda maiores à qualidade da água, a exemplo do gás sulfídrico, danoso à saúde humana, inclusive.

A presença excessiva de fósforo tem como característica o aumento de algas e de outras plantas aquáticas como as macrófitas causando assim a eutrofização de corpos hídricos, tornando este impossibilitado de uso e de vivência de sua biota natural (QUEVEDO, 2011). O que se constatou se correlacionados os valores de fósforo encontrados e o cenário no qual se encontra o espelho d'água do riacho (Figura 29).

Figura 29 - Crescimento excessivo de plantas aquáticas, Riacho Maceió.



Fonte: Autor (2016).

O frequente lançamento de esgoto em suas diversas fontes, seja os clandestinos (de natureza doméstica e industrial) e/ou os esgotos pluviais, podem acarretar no aumento das concentrações de matéria orgânica, favorecendo o crescimento da população dos organismos envolvidos na etapa primária da cadeia alimentar, ou seja, os microrganismos decompositores, as algas e as plantas aquáticas, ou mesmo aquelas que conseguem se fixar nos sedimentos presentes no leito do riacho (Figura 30).

Devido ao aumento das populações desses organismos, dá-se início a um desequilíbrio na disponibilidade de oxigênio dissolvido na massa d'água, danificando o desenvolvimento das espécies presentes nos demais níveis tróficos da cadeia alimentar, prejudicando o equilíbrio da teia alimentar, além de acarretar em um desequilíbrio no processo natural de recuperação da qualidade da água, a autodepuração.

Figura 30 - Eutrofização do espelho d'água, Riacho Maceió.

Fonte: Autor (2016)

A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos (SÃO PAULO, 2009).

Conforme a correlação de Spearman para Fósforo Total e Clorofila a, os pontos 01 e 04 apresentaram características inversamente proporcionais, já os pontos 02 e 03 foram caracterizados por um cenário oposto, com relação perfeitamente direta (Tabela 23).

Tabela 23 - Correlação de Spearman para Fósforo Total e Clorofila a, período 1.

Ponto	Estação Chuvosa	
	P X CLa	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita
P2	1,0	perfeita
P3	1,0	perfeita
P4	-1,0	perfeita

Fonte: Autor (2016).

Esse cenário pode ser justificado em função do predomínio de plantas aquáticas fixas nos sedimentos acumulados no ponto 01, no caso do quarto ponto pode ter ocorrido um consumo excessivo da concentração de fósforo, de tal maneira que no mês de maio de 2016 as concentrações deste parâmetro decaíram neste ponto, numa proporção semelhante ao crescimento da concentração de Clorifila a no mesmo mês.

O consumo do fósforo pode estar do mesmo modo, relacionado à atividade dos microrganismos heterotróficos aeróbios presentes na massa líquida. Para estudo de tal

comportamento, foi realizada a correlação de Spearman entre a DBO e o Fósforo Total (Tabela 24).

Tabela 24 - Correlação de Spearman para os parâmetros DBO e Fósforo Total, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	DBO _s X P _s	Classificação da correlação	DBOD _c X P _c	Classificação da correlação
P1	0,5	regular	-1,0	perfeita
P2	0,5	regular	-1,0	perfeita
P3	-0,5	regular	-0,9	muito forte

Fonte: Autor (2016)

No período seco os pontos 01 e 02 demonstraram uma correlação diretamente proporcional, o que pode indicar que com o incremento nas concentrações de fósforo, houve um aumento das atividades de consumo deste, por parte dos microrganismos heterotróficos e/ou fitoplantônicos. No ponto 03, estação seca, houve uma correlação inversa, provavelmente por conta do crescimento da concentração de DBO, cerca de quatro vezes maior que a anterior.

Na estação chuvosa, os três pontos apresentaram comportamento inversamente proporcional, de forma que os pontos 01 e 02 passaram por uma alteração considerável após as precipitações dos meses de janeiro a maio de 2016. Fato que pode se justificar pela redução nas concentrações de DBO e aumento nas concentrações de fósforo total, ambos por fatores já mencionados, como o lançamento de esgoto não tratado no corpo hídrico (Figura 31).

Figura 31 - Lançamento de efluentes, foz do Riacho Maceió.



Fonte: Autor (2016).

Optou-se por avaliar a correlação do fósforo total com nitrato (Tabela 25), no sentido de identificar se estes apresentam dinâmica semelhante, uma vez que tanto o PT quanto os demais nutrientes nitrogenados, estão presentes em efluentes domésticos, industriais e pluviais.

Tabela 25 - Correlação de Spearman entre Fósforo Total e Nitrato, período 2.

Ponto	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	P c X N c	Classificação da correlação	P s X N s	Classificação da correlação
P1	1,0	perfeita	-0,5	regular
P2	-1,0	perfeita	-0,5	regular
P3	-1,0	perfeita	-0,5	regular
P4	1,0	perfeita	-0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

Na estação de seca, nota-se uma uniformidade na correlação entre os parâmetros, o que pode estar relacionado às diferentes dinâmicas dos macronutrientes, onde o nitrato pode ser lixiviado no solo, como já mencionado, ou mesmo ser fixado e utilizado como fonte de nutriente por plantas e algas, já o fósforo se acumularia na massa líquida por conta do frequente aporte de efluentes lançados no corpo hídrico.

De acordo com CETESB-SP (2009): “Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado. O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo”.

O teste de Friedman (Tabela 26) apresentou significância na estação seca do período 2 e classificação não significativa nos demais itens.

Tabela 26 - Teste de Friedman para Fósforo, períodos 1 e 2.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
1	Seca	0,667	Não significativa
	Chuvosa	1	Não significativa
2	Chuvosa	0,5	Não significativa
	Seca	0,028	Significante

Fonte: Autor (2016).

Esta significância observada na estação seca do período 2 infere que, ao se coletar as amostras em período e estação semelhante, aplicando-se as mesmas técnicas e demais processos ligados à amostragem e determinação do parâmetro, não se encontraria cenário semelhante, o que demonstra que a avaliação mensal do parâmetro, visto o frequente aporte de fósforo recebido no recurso hídrico, vide as fontes poluentes já citadas, faz com que haja uma variação tanto mensal quanto pontual das concentrações de fósforo no trecho estudado.

5.1.5. Clorofila a

A clorofila é um dos pigmentos, além dos carotenóides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila a é a mais universal das clorofilas (a, b, c, d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila a é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos (SÃO PAULO, 2009).

Todas as concentrações resultantes dos ensaios laboratoriais estiveram dentro dos VMP permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, que é de 30 mg.m⁻³. Nota-se que no mês de junho não se diagnosticou clorofila a em todos os pontos, sendo o ponto 02 o único a apresentar concentração considerável pelo método utilizado, quadro semelhante ocorreu no mês de julho, no qual só houve indício de concentração considerável no ponto 01. Dentre a estação chuvosa, o ponto 03 apresentou a maior soma de concentrações de Cl a (34,75 mg.m⁻³), já o ponto 01 ficou com a menor, 15,70 mg.m⁻³ (Quadro 20).

Quadro 20 - Valores de concentração de clorofila a, período 2.

Pontos	Clorofila a (mg.m ⁻³)				
	Campanhas				
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
1	2,70	5,56	-	4,61	2,83
2	3,86	4,45	3,29	-	5,46
3	12,27	15,53	-	-	6,95
4	4,27	9,22	-	-	1,43

Fonte: Autor (2016).

O período chuvoso se mostrou mais favorável ao desenvolvimento dos organismos presentes na Cl a. O aumento das concentrações de sólidos dissolvidos no período seco, em decorrência de processos erosivos ou mesmo carreamento e transporte de sedimentos, pode ser uma causa do déficit da produção de fitoplâncton nos meses de junho e julho.

Possivelmente, as obras realizadas no trecho onde se localiza o ponto 04 tenham colaborado com o incremento de partículas sólidas neste ponto e/ou também nos demais, já que todos ficam próximos à área onde foram realizadas as obras de revitalização do calçadão da Avenida Beira-Mar.

Maia (2010) não encontrou concentração de Cl a em nenhum dos pontos avaliados na foz do Riacho Maceió, no entanto, já havia indícios de concentração na Lagoa do Papicu.

O processo de eutrofização é uma ocorrência comum aos corpos hídricos com altos níveis de poluentes, o que contribui para a diminuição da concentração de oxigênio e para a instabilidade do sistema aquático (MAIA, 2010).

Em ambientes aquáticos superficiais a poluição das águas começa geralmente com os processos de turvação, eutrofização e finalmente o assoreamento, estando o aguapé presente nos três processos. Espécies de plantas como o aguapé conseguem se desenvolver e proliferar rapidamente em fontes de águas que possuem grande concentração de elementos minerais dissolvidos, diminuindo a quantidade de oxigênio, provocando desequilíbrios ecológicos no meio, com prejuízos para peixes e outros organismos aquáticos. Os sais nutrientes como nitrato e fosfato, são liberados, criando uma condição conhecida como eutrofia. A eutrofização ocorre quando a água fica contaminada com excessos de algas e plantas maiores; o ecossistema tornasse instável e aparecem problemas periódicos como odores ruins, gostos desagradáveis e morte generalizada de peixes. A eutrofização permite a grande proliferação de bactérias aeróbicas, que consomem rapidamente todo oxigênio existente na água. Como consequência, a maioria das formas de vida acaba por morrer, inclusive as próprias bactérias. Além disso, o aguapé propicia o desenvolvimento de vetores de doenças e aumenta a poluição orgânica das águas pela decomposição em larga escala de suas folhas (BONILLA e PORTO, 2001)

É importante ressaltar que mesmo com as concentrações em conformidade, ou mesmo a ausência de concentração nos pontos indicados, a foz apresenta um quadro acentuado no desenvolvimento de macrófitas e outras espécies vegetais (Figura 32). Os pontos 01 a 03 demonstram o crescimento desses organismos de forma clara, o que pode estar associado ao permanente aporte de fósforo já diagnosticado no local, tanto neste estudo como em estudos anteriores, vide Silva (2003), Maia (2010) e Silva, Meireles e Pereira (2011). O ponto 04, por se localizar no encontro da água doce com a água do mar, configura outro cenário, com vegetação incipiente.

Figura 32 - Crescimento de plantas e macrófitas no leito do trecho estudado.



Fonte: Autor (2016).

Outro fator que pode estar ligado ao processo de eutrofização da foz do riacho, é a atividade metabólica de microrganismos heterotróficos, uma vez que estes consomem oxigênio dissolvido em seu processo de respiração celular ao passo que degradam a matéria orgânica disponível na massa líquida. Para tal proposição, realizou-se a correlação entre a Cla e a DBO, dentro do cruzamento de dados dos períodos 1 e 2 de coleta. Os parâmetros apresentaram correlação perfeita inversamente proporcional ($r = -1$).

Em nível de ecossistema, o metabolismo aquático refere-se ao balanço entre a produção primária e a respiração aquáticas (ODUM, 1956 apud SILVA, 2012). Quando o balanço apresenta maior produção primária, o metabolismo aquático tende a ser autotrófico, mais oxigenado e com capacidade de estocar carbono (C), entretanto, quando o balanço apresenta maior respiração, torna-se heterotrófico, menos oxigenado e uma fonte de gases de carbono à atmosfera (MAROTTA, 2006 apud SILVA, 2012). De acordo com o Teste de Friedman os dados não apresentaram variações de distribuição significativas (Tabela 27).

Tabela 27 - Teste de Friedman para Clorofila a, período 2, estação chuvosa.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
2	Chuvosa	0,167	Não significativa

Fonte: Autor (2016).

5.1.6. Sólidos

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Estes podem ser classificados de acordo com suas características físicas (sólidos totais, suspensos e dissolvidos) ou por suas características químicas (VON SPERLING, 2005).

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais, tais como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas Estações de Tratamento de Águas. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (SÃO PAULO, 2009).

- Turbidez

Esta variável representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A principal fonte é os sólidos em suspensão, os quais podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais, microorganismos e erosão). (LOPES *et al.*, 2008). A turbidez (Quadro 21) foi avaliada apenas no primeiro período de monitoramento, os resultados e discussões referentes ao parâmetro estão relacionados às campanhas de coletas dos pontos IQA 01, 02 e 03.

Quadro 21 - Valores de concentração de turbidez.

Meses de coleta	Turbidez (mg.L ⁻¹)			Pluviometria (mm)	Temperatura (°C)
	P1	P2	P3		
set/15	10,50	9,30	10,50	15	28,20
dez/15	10,50	9,15	11,10	47	28,50
jan/16	11,05	6,05	11,05	305	29,00
mar/16	11,10	32,50	38,00	476	28,00
mai/16	38,00	8,00	10,50	123	29,67
jul/16	6,30	5,30	9,00	3	28,57

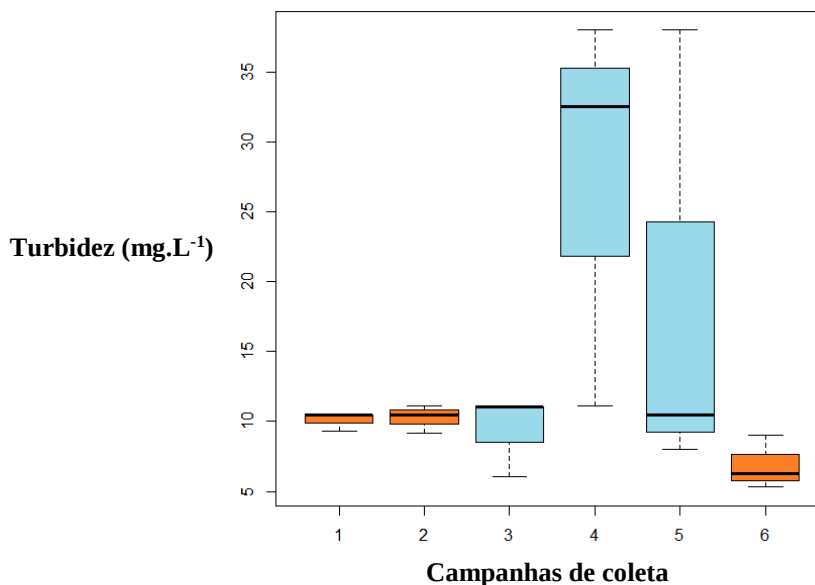
Fonte: Autor (2016).

A turbidez apresentou um caráter predominantemente inverso em relação aos sólidos totais (Tabela 28), com as maiores precipitações, houve aumento nas concentrações do parâmetro, resultado do acúmulo de sedimentos provocado pela lavagem do solo dentro da microbacia, que posteriormente podem ser carreados pelo fluxo da massa líquida, ou mesmo ficarem retidos nos bancos de areia já consolidados nas paredes laterais do riacho, fatos que podem justificar o decréscimo dos valores de concentração ocorrido, de forma mais acentuada, no período de março a julho de 2016 (Figura 33).

Tabela 28 - Correlação de Spearman entre Sólidos Totais e Turbidez, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	ST s X TD s	Classificação da correlação	ST c X TD c	Classificação da correlação
P1	-0,9	muito forte	-0,5	regular
P2	-0,5	regular	-1,0	perfeita
P3	0,5	regular	-0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

Figura 33 - Variação sazonal, turbidez.

Fonte: Autor (2016).

De acordo com a CETESB (2009), os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas.

No período de inicial, setembro a dezembro de 2015, o ponto 03 apresentou maiores valores, que podem ser justificados pela redução das forças de fluxos no decorrer do riacho, fato que poderia ocorrer devido às sinuosidades presentes no trecho, estas por sua vez, formadas por bancos de areia vegetados e consolidados, como citado anteriormente, que reduzem a velocidade do fluxo da água.

Para o período de baixa pluviosidade, os valores de turbidez foram inferiores aos obtidos no período chuvoso, isso pode ser explicado devido à escassez de chuvas, reduzindo-se os processos de lixiviação, de carreamento de sedimentos das margens desses mananciais, bem como o lançamento de esgotos através das galerias pluviais (SILVA, 2003).

No período seco são registrados os valores mínimos de turbidez, já que nesta época as principais fontes de alimentação dos corpos d'água superficial são as águas subterrâneas, as quais passam por um processo natural de filtração, aflorando com valores muito baixos de turbidez (ANA, 2011).

Silva (2003) relata que a área por onde escoam os cursos dos riachos da Bacia Vertente Marítima, é constituída por sedimentos arenosos de dunas antigas rebaixadas, favorecendo a percolação superficial do lençol freático que alimenta esses mananciais e assim é mais significativa a facilidade de infiltração dos fluxos hídricos.

Em geral, o ponto 01 apresentou maiores valores de turbidez, além de se mostrar mais resistente aos decréscimos nos valores do parâmetro, o que demonstra a possibilidade da

retenção de sedimentos nesse ponto e conseqüentemente impede a passagem destes pelo decorrer do riacho até o estuário, isso pode levar a uma sobrecarga no ponto, somando-se ao assoreamento (Figura 34), já visível, do corpo d'água. Carvalho *et al.* (2014) ressaltam que quando gerados em meio urbano os sedimentos são fruto da falta de planejamento na ocupação e uso do solo.

Figura 34 - Assoreamento de leito, Riacho Maceió.



Fonte: Autor (2016).

A expansão urbana e suas intervenções aliadas à ausência de planejamento modificaram radicalmente a dinâmica do Sistema Hidrográfico Maceió/Papicu. Apesar da implantação de um grande aporte de infraestrutura no litoral leste da cidade, as consequências foram danosas para o meio ambiente e para as populações que residem próximas aos cursos hídricos (MAIA, 2010).

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (SÃO PAULO, 2009).

A correlação entre a turbidez e a clorofila a apresentou caráter regular diretamente proporcional ($r=0,5$), para a estação chuvosa, período 2. Uma vez que nessa temporada, ambos os parâmetros apresentaram crescimento em suas concentrações no mês de maio de 2016. As partículas em suspensão podem ser opacas ou transparentes, coloridas ou incolores. Quando as partículas são coloridas, podem absorver seletivamente ou refletir a luz, dando origem a uma cor aparente na água. Por exemplo: no caso da presença de grande quantidade de microrganismos clorofilados (algas) é desenvolvida a chamada turbidez verde (BRASIL, 2011).

As partículas sólidas suspensas podem abrigar microrganismos que se aderem a elas e acabam por as utilizar como suporte. Para observar essa dinâmica, realizou-se a correlação dos parâmetros de turbidez e DBO (Tabela 29).

Tabela 29 - Correlação de Spearman para os parâmetros DBO e Turbidez, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	DBO s X TD s	Classificação da correlação	DBO c X TD c	Classificação da correlação
P1	0,9	muito forte	-0,5	regular
P2	0,5	regular	0,5	regular
P3	0,5	regular	0,9	muito forte

Fonte: Autor (2016).

Pôde-se notar um comportamento diretamente proporcional predominante entre os parâmetros, o que pode decorrer da agregação de microrganismos no material sólido. Como abordado por Von Sperling (2005): “... sólidos em suspensão podem servir de abrigo para organismos patogênicos”.

A redução do pH, tendência à acidez, pode provocar a dissolução de partículas suspensas que conferem turbidez à água, o que pode reduzir os valores de concentração do parâmetro (BRASIL, 2012). Para melhor entender essa relação, aplicou-se a correlação de Spearman aos parâmetros, para o período 1 (Tabela 30).

Tabela 30 - Correlação de Spearman para os parâmetros pH e Turbidez, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	PH s X TD s	Classificação da correlação	PH c X TD c	Classificação da correlação
P1	0,9	muito forte	0,5	regular
P2	0,5	regular	-0,5	regular
P3	0,5	regular	-1,0	perfeita

Fonte: Autor (2016).

A redução média das concentrações do pH na temporada chuvosa pode ser a causa das relações inversamente proporcionais observadas nos pontos 02 e 03, uma vez que meios mais ácidos propiciam a degradação das partículas sólidas suspensas na água.

De acordo com o Teste de Friedman os dados não apresentaram variações de distribuição significativas (Tabela 31).

Tabela 31 - Teste de Friedman para turbidez.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
1	Seca	0,056	Não significativa
	Chuvosa	0,111	Não significativa

Fonte: Autor (2016).

- Sólidos Totais

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Sendo os sólidos totais, todas as substâncias que permanecem na cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra, configurando uma parcela dos sólidos presentes na água (SÃO PAULO, 1999; SÃO PAULO, 2009).

Assim como a turbidez, os ST (Quadro 22) foram avaliados apenas no período 01 de coletas, os resultados e discussões referentes ao parâmetro estão relacionados às campanhas de coletas dos pontos IQA 01,02 e 03.

Quadro 22 - Valores de concentração de ST.

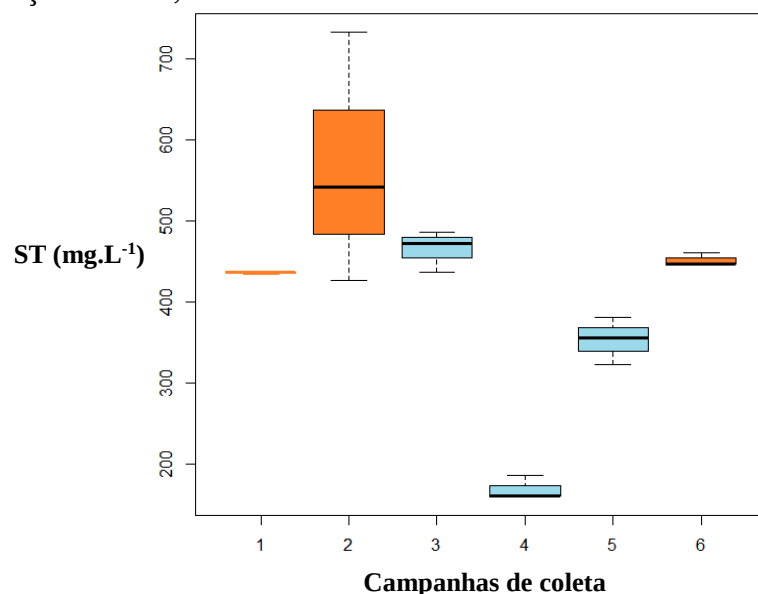
Meses de coleta	Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)			Pluviometria (mm)	Temperatura (°C)
	P1	P2	P3		
set/15	436	434	436	15	28,20
dez/15	426	732	541	47	28,50
jan/16	486	437	472	305	29,00
mar/16	186	160	160	476	28,00
mai/16	381	355	322	123	29,67
jul/16	447	445,5	461	3,3	28,57

Fonte: Autor (2016).

A maioria dos valores encontrados no monitoramento atendeu aos VMPs estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/05, cujo limite é de 500 mg.L⁻¹ de ST. No entanto, os pontos 02 e 03 apresentaram resultados superiores ao valor estabelecido por lei, ambos na campanha de dezembro de 2015.

Outro aspecto a ser considerado, muitas concentrações avaliadas já se encontram próximas ao limite legal, o que pode se agravar, caso o cenário de degradação do corpo hídrico não seja revertido, uma vez que já existe uma dinâmica natural favorável ao carreamento de sedimento neste trecho, tanto pela ação da água, quanto pela ação eólica, como Silva (2003) já destacava em seu trabalho.

Na foz do Riacho Maceió, predominam sedimentos constituídos por areia quartzosa, variando de média a fina, moderadamente selecionada, o que indica uma contribuição de sedimentos praias (SILVA, 2003). A estação seca detém dos maiores valores de concentração do parâmetro, com destaque para o mês de dezembro de 2015, que apresenta os maiores valores dos pontos 02 e 03, bem como o maior valor médio, igual a 566 mg.L⁻¹, valor acima das indicações legais (Figura 35).

Figura 35 - Variação sazonal, ST.

Fonte: Autor (2016).

Notou-se que em períodos secos há uma maior concentração média de sólidos totais nas amostras de água, pode-se associar este fato às baixas velocidades de fluxo da água pelo manancial, evento este associado às sinuosidades presentes no riacho por conta do assoreamento, visível, de suas paredes laterais, além de estruturas implantadas no leito do mesmo, que acabam por reter sólidos e até mesmo resíduos sólidos.

Com o início das precipitações, dezembro de 2015, o volume de água, que flui pelo riacho, aumenta e possivelmente sua velocidade, já que este apresenta altitude inferior aos demais componentes do sistema hídrico, onde a Lagoa do Papicu e o Riacho Papicu se encontram em pontos mais altos, provocando um arraste desse material sólido rumo ao estuário e logo, ao mar. No entanto, uma pequena pausa das precipitações, entre março e maio de 2016, já sinaliza um crescimento considerável na concentração dos sólidos totais, demonstrando um cenário progressivo de assoreamento do riacho.

Silva (2003) relata que as espécies vegetais arbóreas encontradas, principalmente, na duna localizada à margem direita da lagoa do Papicu, têm um papel importantíssimo como agente fixador contra a deflação eólica, sendo o efeito da maritimidade sobre ela menos significativo. De acordo com observações feitas in loco, o topo dessa duna vem sendo danificado rapidamente por construções residenciais de alto padrão e pela pavimentação de ruas sem obedecer ao escoamento natural ou caminho preferencial dos cursos d'água.

Observou-se que com as altas precipitações havia menores concentrações de sólidos, logo que se iniciaram as primeiras chuvas, ocorre um aumento significativo nos valores, chegando a ultrapassar os valores máximos permitidos na resolução CONAMA nº

357/2005, de 500 mg.L⁻¹ de ST, provavelmente esse incremento ocorreu por conta do carreamento de materiais sólidos dentro da área da microbacia.

No período de janeiro a março de 2016 se inicia uma queda nas concentrações, que pode ser associada ao aumento no volume de chuvas, que pode ter desenvolvido um cenário de forças de fluxo no qual o transporte de sólidos ultrapassou a capacidade de retenção, carreando esses sólidos para o próprio estuário.

As estruturas físicas do canal do riacho também possibilitam um acúmulo de materiais sólidos, onde parte é revestida por grama e vegetação ornamental, taludes laterais, e parte é composta por paredes de pedra entrelaçada por arames, parte do leito e paredes laterais, estruturas que acabam por reter sólidos e podem gerar um decréscimo na concentração desses no volume de água do manancial.

O ponto 01 apresentou, na maioria dos casos, maiores valores de concentração de sólidos, ocorrência que pode estar associada à retenção de sedimentos e sólidos, já que há forte presença de bancos de areia e vegetação neste ponto. Em todo o trecho é visível o acúmulo de lixo e sedimentos, grande parte dos resíduos se acumulam no leito, principalmente nos pontos 02 e 03 (Figuras 36 e 37).

Figura 36 - Acúmulo de lixo e sedimento no leito da foz do Riacho Maceió.



Fonte: Autor (2016).

Figura 37 - Acúmulo de lixo e sedimento no leito da foz do Riacho Maceió (II).



Fonte: Autor (2016).

Os sólidos totais podem interferir na penetrabilidade da luz, impossibilitando as atividades fisiológicas dos microrganismos, além de reter bactérias e resíduos orgânicos. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (SÃO PAULO, 2009).

A erosão do solo e o assoreamento da calha principal dos rios são exemplos de perturbações físicas bastante comuns em áreas desmatadas. Estes dois processos conjugados acarretam mudanças na morfologia dos rios, e comprometem a qualidade física, química e biológica da água devido à entrada de sedimentos contaminados (por exemplo, no caso da contaminação por defensivos agrícolas). As alterações na morfologia dos rios merecem especial destaque, pois afetam diretamente a disposição dos habitats aquáticos utilizados pelas comunidades bentônicas. O acúmulo progressivo de sedimentos no leito dos rios promove, ao longo do tempo, uma uniformização do fundo pelo preenchimento das reentrâncias e também pela perda de diferenciação entre áreas de remanso e de correnteza (EGLER, 2002, apud QUEIROZ, SILVA e TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

A correlação entre Sólidos Totais e DBO se mostrou predominantemente regular, com caráter inversamente proporcional (Tabela 32).

Tabela 32 - Correlação de Spearman para DBO e Sólidos Totais, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	DBO s X ST s	Classificação da correlação	DBO c X ST c	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	-0,5	regular
P2	0,5	regular	-0,5	regular
P3	-0,5	regular	0,0	fraca

Fonte: Autor (2016).

A instabilidade nos valores de concentração dos sólidos, bem como uma dinâmica complexa dos aportes de sólidos, dificulta que se estabeleça um fator determinante que justifique as correlações. No entanto, se considerada a concentração de matéria orgânica presente nos sólidos totais, há possibilidade de que esta seja degradada pelos organismos que geram a demanda bioquímica de oxigênio.

Nos ambientes lóticos, sob condições naturais, a matéria orgânica, como por exemplo, folhas e outros materiais de origem vegetal ou animal, penetram no sistema em função da erosão das margens dos rios, e também da queda da folhagem da mata ciliar. Além disso, a descarga de efluentes orgânicos, como esgotos domésticos e aqueles resultantes do processamento de alimentos e de outros materiais biológicos, também aumenta a quantidade de matéria orgânica (particulada grossa – CPOM e particulada fina - FPOM) naturalmente presente num rio (QUEIROZ, SILVA e TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

Von Sperling (2005) relata que o fósforo apresenta dois tipos de origem, natural e antrópica, das quais se subdividem diversas fontes desse nutriente, como: decomposição da matéria orgânica, composição celular dos organismos, despejos (domésticos e industriais), detergentes, excrementos animais, fertilizantes, dissolução de compostos do solo.

A correlação de Spearman entre o PT e os ST (Tabela 33) demonstraram predominância do comportamento diretamente proporcional, o que pode ser associado a degradação de partículas sólidas que acaba por disponibilizar o nutriente na massa líquida.

Tabela 33 - Correlação de Spearman para Fósforo Total e Sólidos Totais, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	PT s X ST s	Classificação da correlação	PT c X ST c	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	0,5	regular
P2	1,0	perfeita	0,5	regular
P3	1,0	perfeita	0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

Nos leitos dos Riachos Papicu e Maceió, os sedimentos se constituem de areia biodetrítica média, apresentando boa quantidade de matéria orgânica. A confluência dos riachos Papicu e Maceió apresenta sedimentos constituídos de areia biodetrítica fina, moderadamente selecionada, destacando-se por uma elevada concentração de matéria orgânica, provavelmente em função da grande descarga de efluentes domésticos na área (SILVA, 2003).

O sistema hídrico Papicu/Maceió apresenta um quadro bastante comprometedor em relação às condições ambientais. Nesse sentido, vários impactos foram identificados no contexto geral da área, como por exemplo: contaminação das águas associados aos processos

de erosão e assoreamento, bem como a redução do espelho d'água da lagoa do Papicu (SILVA, MEIRELES e PEREIRA, 2011).

A dissolução de partículas sólidas pode alterar a qualidade da água, como já observado, bem como nas concentrações do pH. Von Sperling (2005) relata que as formas constituintes do pH são: sólidos dissolvidos e gases dissolvidos. O autor destaca também a dissolução natural de rochas e material sólido. Para compreender a dinâmica desse evento no trecho estudado, optou-se por aplicar a correlação de Spearman (Tabela 34).

Tabela 34 - Correlação de Spearman para pH e Sólidos Totais, período 1.

Ponto	Estação seca		Estação Chuvosa	
	PH s X ST s	Classificação da correlação	PH c X ST c	Classificação da correlação
P1	-1,0	perfeita	0,5	regular
P2	0,5	regular	0,5	regular
P3	-0,5	regular	0,5	regular

Fonte: Autor (2016).

Observa-se que na estação seca, predominou-se uma correlação regular, quanto ao comportamento das concentrações, maioria inversamente proporcional. Já na estação chuvosa, todos os pontos apresentaram correlação regular de caráter diretamente proporcional.

Após as precipitações de março de 2016, o pH apresentou valores que tendiam à acidez, neste mesmo mês houve uma redução na concentração de sólidos totais dissolvidos, o que pode estar relacionado com a formação de ácidos fracos pela reação entre o dióxido de carbono e a água, formando o ácido carbônico que pode degradar os materiais minerais dos sólidos.

É preciso se deter ao fato de que o aporte de sedimentos presentes na foz do Riacho Maceió é constituído por material recebido do montante, de seu solo natural, bem como por material carreado nos eventos de precipitação ou originado pelo sistema de drenagem urbana. O solo predominante do trecho é de baixa fertilidade e de alta propensão à erosão e intemperismos, areia quartzosa. De acordo com o Teste de Friedman os dados não apresentaram variações de distribuição significativas (Tabela 35).

Tabela 35 - Teste de Friedman para ST.

Período	Estação	Teste de Friedman (p-value)	Significância
1	Seca	0,167	Não significativa
	Chuvosa	0,056	Não significativa

Fonte: Autor (2016).

5.2. Índice de Estado Trófico (IET)

O cálculo do IET foi feito com base nos valores dos parâmetros monitorados no período 2. A avaliação da qualidade desses parâmetros seguiu os VMPs conforme CONAMA n° 357/2005, para águas doces de classe II, nesta feita, destacou-se em sombreado aqueles que apresentaram concentrações em desconformidade com os valores legais (Tabela 36).

Tabela 36 - Valores de concentração dos parâmetros monitorados de abril a agosto de 2016.

Panorama dos valores de concentração dos parâmetros monitorados no período de abril a agosto de 2016							
PARÂMETRO	PONTOS	MESES					VMP (Conama 375/05, águas doces Classe II)
		ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	
Oxigênio Dissolvido	1	4,75	4,30	2,30	2,60	3,20	Em qualquer amostra, não inferior a 5 mg.L ⁻¹ de O ₂
	2	4,15	3,80	8,50	2,60	2,80	
	3	4,30	3,80	3,90	3,80	3,20	
	4	6,25	5,20	4,10	4,40	4,10	
Amônia	1	0,850	0,230	2,267	0,467	0,500	3,7 para pH ≤ 7,5 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 para pH > 8,5
	2	1,933	0,250	2,450	0,458	0,617	
	3	1,683	0,460	3,542	0,392	0,583	
	4	0,350	0,300	6,000	0,317	0,683	
Nitrito	1	0,331	0,281	0,027	0,244	0,104	≤ 1 mg.L ⁻¹
	2	0,353	0,289	0,042	0,233	0,080	
	3	0,354	0,309	0,028	0,246	0,131	
	4	0,300	0,278	0,067	0,308	0,133	
Nitrato	1	3,504	4,950	1,235	3,369	1,231	≤ 10 mg.L ⁻¹
	2	2,762	3,835	1,142	3,600	1,354	
	3	2,800	3,765	0,758	3,638	1,162	
	4	4,292	0,535	1,288	3,854	1,231	
Clorofila a	1	2,700	5,560	-	4,614	2,830	≤ 30 µg.L ⁻¹
	2	3,855	4,455	3,294	-	5,465	
	3	12,266	15,530	-	-	6,950	
	4	4,267	9,216	-	-	1,426	
Fósforo total	1	0,910	1,874	0,777	0,423	0,713	≤ 0,1 mg.L ⁻¹
	2	1,942	1,681	0,713	0,358	1,294	
	3	1,942	0,971	0,616	0,423	0,777	
	4	1,620	0,750	0,519	0,584	1,068	
pH	1	6,2	7,3	7,2	6,6	6,5	6 a 9
	2	6,1	7,6	7,3	6,6	6,4	
	3	6,2	7,5	8,0	6,5	6,9	
	4	6,4	6,0	5,8	6,9	6,7	
Temperatura	1	29,0	30,0	30,5	28,0	29,0	30°C
	2	28,0	29,0	30,0	28,2	30,0	
	3	27,5	30,0	29,0	29,5	29,5	
	4	29,0	28,5	29,5	28,5	29,8	

Fonte: Autor (2016).

Foram calculados os três índices de estado trófico (IET-CETESB), sendo estes: IET total, IET PT e IET Cla. O parâmetro de clorofila a apresentou resultados consistentes no período chuvoso, já na estação seca houve ausência de concentração considerável, como já destacado no item 5.1.5.

Dessa forma, optou-se por descartar o IET total para os meses de junho e julho de 2016, já que estes apresentaram déficits nas concentrações pontuais de Cl a, os demais meses apresentam as três classificações do índice.

Maia (2010) relata que a topografia dos canais dos riachos mantém suas águas sempre em movimento, o que dificulta o crescimento de algas ou de outras substâncias essenciais na determinação da concentração da clorofila a.

Há também que se considerar a sensibilidade desses organismos, frente as alterações na qualidade da água do corpo hídrico, uma vez que cada organismo detém de uma capacidade suporte que varia conforme a qualidade do meio, bem como pelos impactos que recaem sobre ele.

Os organismos aquáticos são vulneráveis às mudanças ambientais que resultam da introdução de poluentes orgânicos ou inorgânicos no meio através de atividades humanas. As espécies ou se adaptam às novas condições ou acabam se extinguindo pela falta de capacidade adaptativa às perturbações (TUNDISI, 1999).

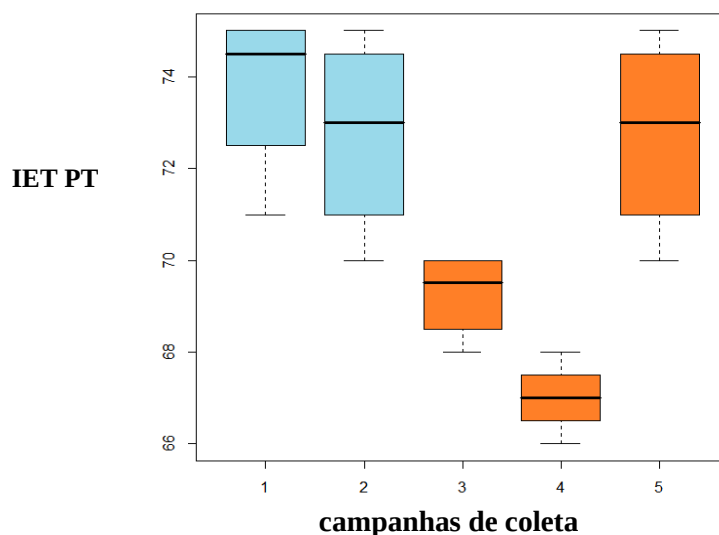
Acredita-se, como já mencionado no item 5.1.5, que a atividade metabólica de organismos heterotróficos tenha sido o fator resposta em relação à constante descarga de resíduos orgânicos no trecho avaliado.

O resultado do IET PT não apresentou melhoras sazonais consideráveis, se consideradas as precipitações ocorridas entre abril e maio de 2016, o que pode estar ligado ao constante aporte de fósforo advindo do lançamento de efluentes, bem como pela entrada das águas de drenagem urbana no corpo hídrico, além de uma possível dissolução de fósforo presente nas partículas minerais do solo do leito, ou mesmo daquele carregado pela água e pelo vento (Quadro 23 e Figura 38).

Quadro 23 - Classificação pontual do IET PT.

Campanha	Ponto	Resultado	Classificação
ABRIL	1	71	HIPEREURÓFICO
	2	75	HIPEREURÓFICO
	3	75	HIPEREURÓFICO
	4	74	HIPEREURÓFICO
MAIO	1	75	HIPREUTRÓFICO
	2	74	HIPREUTRÓFICO
	3	72	HIPREUTRÓFICO
	4	70	HIPREUTRÓFICO
JUNHO	1	70	HIPEREUTRÓFICO
	2	70	HIPEREUTRÓFICO
	3	69	HIPEREUTRÓFICO
	4	68	HIPEREUTRÓFICO
JULHO	1	67	SUPEREUTRÓFICO
	2	66	SUPEREUTRÓFICO
	3	67	SUPEREUTRÓFICO
	4	68	SUPEREUTRÓFICO
AGOSTO	1	75	HIPEREUTRÓFICO
	2	74	HIPEREUTRÓFICO
	3	72	HIPEREUTRÓFICO
	4	70	HIPEREUTRÓFICO

Fonte: Autor (2016).

Figura 38 - Variação sazonal do IET PT.

Fonte: Autor (2016).

O período seco apresentou cenário menos desfavorável que o chuvoso, entretanto, não houveram mudanças consideráveis a ponto de alterar a maioria das classificações.

Os altos valores nas concentrações de fósforo já foram assunto em outros estudos realizados no complexo hídrico Papicu/Maceió, há 14 anos, Silva (2003), 7 anos, Maia (2010), 6 anos, Silva, Meireles e Pereira (2011).

O lançamento de esgoto não tratado nos corpos hídricos urbanos de Fortaleza não é assunto recente, no entanto, as ações de gestão e gerenciamento, com base nos impactos já constatados, não conseguem amenizar os efeitos negativos que a urbanização desenfreada e o uso desordenado do solo têm gerado na bacia Vertente Marítima, na qual se insere o trecho avaliado neste estudo.

Quanto ao IET Cla (Quadro 24), foram considerados os meses de abril, maio e agosto de 2016, como antes abordado, por ausência de concentração deste parâmetro na maioria dos pontos monitorados nos meses de junho e julho de 2016.

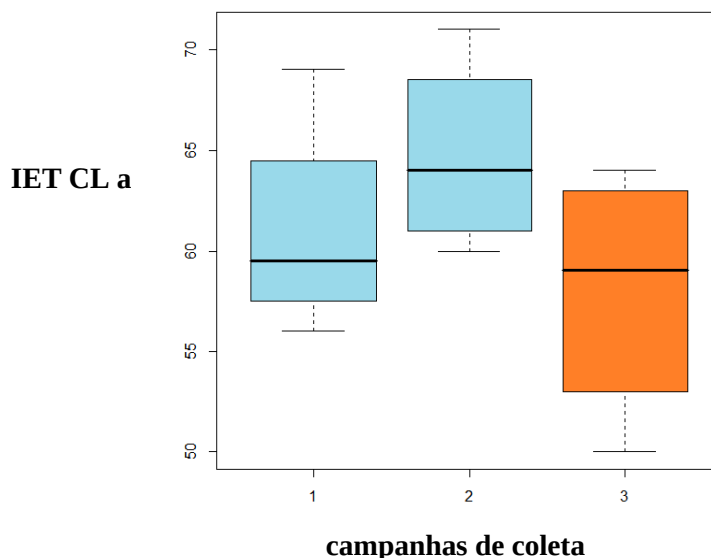
Quadro 24 - Classificação pontual do IET Cla.

IET Cla			
Campanha	Ponto	Resultado	Classificação
ABRIL	1	56	MESOTRÓFICO
	2	59	EUTRÓFICO
	3	69	HIPEREUTRÓFICO
	4	60	EUTRÓFICO
MAIO	1	62	SUPEREUTRÓFICO
	2	60	EUTRÓFICO
	3	71	HIPEREUTRÓFICO
	4	66	HIPEREUTRÓFICO
AGOSTO	1	56	MESOTRÓFICO
	2	62	SUPEREUTRÓFICO
	3	64	SUPEREUTRÓFICO
	4	50	MESOTRÓFICO

Fonte: Autor (2016).

Embora não haja o predomínio de uma classificação, pôde-se observar que a maioria dos pontos apresentou más classificações, entre eutrófico e hipereutrófico, que indicam o nível de trofia do trecho, no caso a resposta da biota fitoplantônica ao aporte do macronutriente fósforo, que seria o agente causador do processo de eutrofização.

Nota-se que o mês de maio consiste como o pior cenário, dentre os aqui avaliados (Figura 39). Quadro este que pode estar ligado ao incremento das concentrações de fósforo pelo maior volume de água recebido do montante, bem como pela entrada de águas de drenagem urbana no trecho monitorado.

Figura 39 - Variação sazonal do IET Cl_a.

Fonte: Autor (2016).

Muito embora as concentrações de Cl_a estejam de acordo com os VMPs há um cenário progressivo de degradação da qualidade do trecho estudado, que mesmo com a construção do Parque Bisão, 2013, não impede o desenvolvimento do processo de eutrofização.

Maia (2010) já destacava a evidência de que as tentativas de remoção da vegetação que cobre o espelho de água são medidas que não surtem efeitos na recuperação ambiental, ela é uma ação pontual e temporária, que apenas ameniza os efeitos do processo de eutrofização deste corpo hídrico. Quadro esse que se observava em toda a bacia.

Fator constatado em ambos os períodos de coleta, com crescimento evidente de vegetação no leito da foz do Riacho Maceió, tanto de macrófitas, quanto de plantas, inclusive frutíferas. Neste sentido, aliam-se má qualidade da água e ações ineficazes de controle dessa qualidade, haja vista que corpos hídricos de água doce seriam reservas e alternativas para atender a demanda de recursos hídricos.

Em virtude da crescente poluição de nossos rios, faz-se hoje imperativo a busca de maiores esforços para o controle dessa poluição (ANDRADE, 2010). Fator este que recai sobre a prevenção e correção dos problemas. A eutrofização (Figura 40), associada aos déficits do processo de autodepuração podem inviabilizar a sobrevivência de organismos menos resistentes, bem como impactar toda a teia alimentar, conflitos que também recaem sobre o ambiente natural, uma vez que fauna e flora interagem com os recursos naturais de forma harmônica, o que garante a existência de um ambiente saudável.

Figura 40 - Foz do Riacho Maceió, crescimento excessivo de plantas no leito.



Fonte: Autor (2016).

Alterações em um ou mais desses fatores podem contribuir para que sejam percebidas variações nas taxas de produção primária e na composição fitoplanctônica, de modo que essas modificações podem refletir na cadeia trófica devido a mudanças na composição das comunidades fitoplanctônicas (MENDES *et al.*, 2012, apud SILVA, 2012).

O IET total das campanhas de abril, maio e agosto de 2016 (Quadro 25), demonstraram classificações “supereutrófica e hipereutrófica” como predominantes.

Quadro 25 - Classificação pontual do IET total.

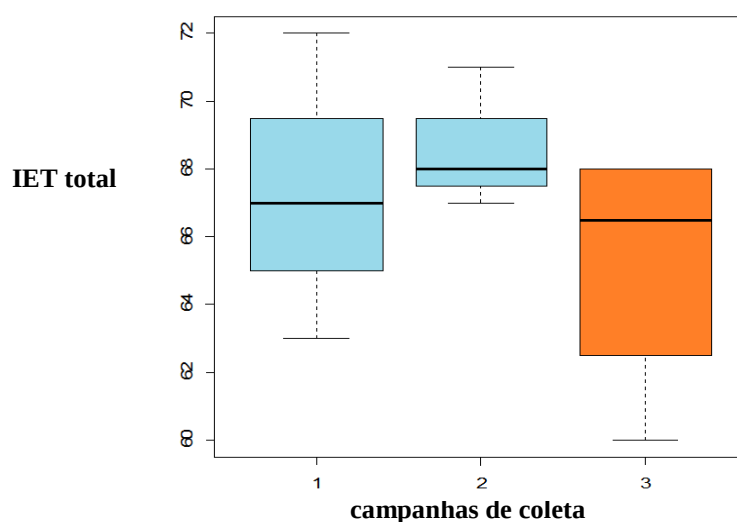
IET TOTAL			
Campanha	Ponto	Resultado	Classificação
ABRIL	1	63	EUTRÓFICO
	2	67	SUPEREUTRÓFICO
	3	72	HIPEREUTRÓFICO
	4	67	SUPEREUTRÓFICO
MAIO	1	68	HIPEREUTRÓFICO
	2	67	SUPEREUTRÓFICO
	3	71	HIPEREUTRÓFICO
	4	68	HIPEREUTRÓFICO
AGOSTO	1	65	SUPEREUTRÓFICO
	2	68	HIPEREUTRÓFICO
	3	68	HIPEREUTRÓFICO
	4	60	EUTRÓFICO

Fonte: Autor (2016).

O menor valor médio do índice encontrados no mês de agosto (65,25) se deu por conta da redução na concentração da clorofila a, bem como o possível consumo do fósforo,

por parte dos microrganismos aquáticos, ou mesmo por macrófitas e plantas que crescem nos sedimentos acumulados no leito do riacho, vide itens 5.1.2 e 5.1.6. Destaca-se que os valores de concentração de fósforo total, bem como as más classificações do IET PT, tenham contribuído para a construção do cenário de classificação do IET total (Figura 41).

Figura 41 - Variação sazonal do IET total.



Fonte: Autor (2016).

Maia (2010) já destacava que a Lagoa do Papicu, bem como os demais corpos hídricos avaliados, apresentavam um considerável crescimento da população de macrófitas nos espelhos d'água. O autor também destacou a natureza dos diferentes níveis tróficos, segundo Mota (2008) (Quadro 26).

Quadro 26 - Níveis de trofia e suas características.

ESTADO DE TROFIA	CARACTERÍSTICAS
Ultraoligotrófico	Corpos de águas limpos, de produtividade muito baixa e concentração insignificante de nutrientes que não acarretam prejuízo ao uso da água.
Oligotrófico	Corpos de águas limpas, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrente da presença de nutrientes.

(continua)

ESTADO DE TROFIA	CARACTERÍSTICAS
Mesotrófico	Corpos de águas com produtividades intermediárias, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos de águas com altas produtividades em relação as condições naturais, com redução da transparência, em geral afetadas por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água, decorrente do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos de águas com altas produtividades em relação as condições naturais, de baixa transparência em geral afetadas por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água, com ocorrência de episódio de floração de alga e interferência nos seus múltiplos usos.
Hipereutrófico	Corpos de água afetada significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios na floração de algas e mortalidade de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Mota (2008, apud Maia, 2010).

5.3. Índice de qualidade da água (IQA)

O IQA-CETESB requer a avaliação de nove parâmetros, que são: pH, temperatura, OD, DBO, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e Coliformes Termotolerantes. No entanto, neste estudo foram monitorados apenas 8 parâmetros, além da adaptação feita ao parâmetro nitrogênio total, logo, avaliou-se: pH, temperatura, OD, DBO, nitrato, fósforo, turbidez e sólidos totais.

Dessa forma, optou-se por simular o cálculo do índice, de maneira que os valores referentes à Coliformes Termotolerantes foram obtidos por meio de trabalhos acadêmicos já realizados na foz do Riacho Maceió, haja vista à continuidade de impactos ambientais negativos que persistem na área, bem como a ausência de mudanças significativas no cenário de poluição encontrado no trecho do corpo hídrico no decorrer dos últimos 15 anos.

Os altos valores obtidos para NMP de coliformes totais e fecais, podem ser explicados devido a utilização destes mananciais como receptores de esgoto (lançados muitas vezes através de galerias pluviais), a pastagem de animais e acúmulo e disposição de lixo de diversas natureza (SILVA 2003). Fator este que ainda é constatado no local.

Optou-se por utilizar os valores encontrados por Silva, Meireles e Pereira (2011), sendo este o estudo encontrado mais recente que monitorou o parâmetro. O grupo de autores monitorou um mesmo número de pontos abordado neste estudo.

Portanto, vale ressaltar que este item se trata de uma simulação de um possível cenário de classificação do índice, o qual, acredita-se estar próximo à realidade, além de permitir uma melhor visibilidade para uma maior gama de públicos, no sentido de que os índices facilitam a compreensão dos resultados.

O cálculo do IQA foi feito com base nos valores dos parâmetros monitorados no período 1. A avaliação da qualidade desses parâmetros seguiu os VMPs estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/2005, para águas doces de classe II, nesta feita, destacou-se em vermelho aqueles que apresentaram concentrações em desconformidade com os valores legais (Quadro 27).

Quadro 27 - Panorama dos valores de concentração dos parâmetros monitorados no período de setembro de 2015 a julho de 2016.

Panorama dos valores de concentração dos parâmetros coletados no período de set/2015 a jul/2016								
PARÂMETRO	PONTO	MESES						VMP (Conama 375/05, águas doces Classe II)
		set/15	dez/15	jan/16	mar/16	mai/16	jul/16	
Temperatura	T1	27	28	28	29	30	28	30 °C
	T2	29	29	29	28	29	28	
	T3	29	29	30	28	30	30	
pH	PH1	7,06	7,42	6,70	5,96	7,32	6,61	6 a 9
	PH2	7,34	7,48	7,14	6,15	7,55	6,61	
	PH3	7,61	7,44	7,28	6,41	7,47	6,48	
OD	OD1	2,4	3,7	5,3	5,2	4,3	2,6	≥ 6 mg.L ⁻¹
	OD2	1,9	3,9	5,6	2,5	3,8	2,6	
	OD3	4,5	4,6	6,6	4,8	3,8	3,8	
DBO	DBO1	36,7	39,2	11,8	16,2	3,8	15,3	≤ 3 mg.L ⁻¹
	DBO2	12,2	13,8	9,8	22,7	4,3	5,0	
	DBO3	36,7	25,0	23,8	23,8	1,8	5,4	
Fósforo	P1	0,5	1,5	1,3	0,7	1,3	0,8	≤ 0,02 mg.L ⁻¹
	P2	0,6	1,3	1,1	0,6	1,1	1,1	
	P3	0,5	1,6	1,0	0,7	1,0	1,0	
Nitrato	N1	1,4	1,5	3,3	0,5	5,0	3,4	≤ 10 mg.L ⁻¹
	N2	1,3	1,5	3,2	0,5	3,8	3,6	
	N3	1,4	1,6	3,1	0,4	3,8	3,6	
ST	ST1	436	426	486	186	381	447	≤ 500 mg.L ⁻¹ (continua)
	ST2	434	732	437	160	355	446	
	ST3	436	541	472	160	322	461	

PARÂMETRO	PONTO	MESES						VMP (Conama 375/05, águas doces Classe II)
		set/15	dez/15	jan/16	mar/16	mai/16	jul/16	
Turbidez	TD1	10,50	10,50	11,05	11,10	38,00	6,30	$\leq 100 \text{ mg.L}^{-1}$
	TD2	9,30	9,15	6,05	32,50	8,00	5,30	
	TD3	10,50	11,10	11,05	38,00	10,50	9,00	

Fonte: Autor (2016).

Nota-se que os parâmetros, OD, DBO e fósforo total apresentam os piores cenários, se levado em conta a não conformidade com os valores estabelecidos por lei, principalmente o PT que apresentou todos os valores em desacordo com a resolução, as correlações e questões referentes a estes parâmetros já foram abordados no item 5.1.

Dentre os parâmetros monitorados, o OD configura o de maior influência negativa, com base em seus baixos valores, bem como pela sua ponderação nos pesos estabelecidos no IQA-CETESB, onde este parâmetro configura o de maior relevância ($w_i = 0,17$), dentre os nove. A DBO está equiparada ao PT, ambos com pesos iguais a “0,10”, mesmo peso de outros parâmetros (temperatura e nitrato).

Os valores adotados para CTT ($P_1 = 1300000$; $P_2 = 140000$, $P_3 = 3300$ NMP/100mL) também exercem influência negativa no cálculo do índice, uma vez que todos estão em desconformidade com os VMPs, bem como por este parâmetro ser o segundo de maior peso para o cálculo do IQA ($w_i = 0,15$).

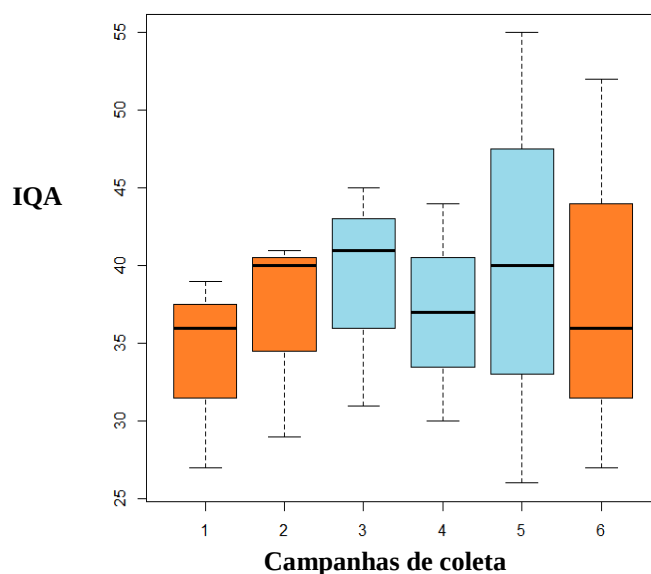
Os pH detêm do terceiro maior peso do índice (0,12), o que pode atenuar a classificação final, já que a maioria dos valores encontrados estão dentro dos limites legais estabelecidos. O quadro atual da qualidade da água do riacho encontra-se distante da ideal, haja vista às legislações vigentes e os diversos usos do recurso hídrico, estes realizados pela população local e até mesmo por turistas.

Ressalta-se também que as duas primeiras campanhas ocorreram no período seco, o que agrava a qualidade de alguns parâmetros, a exemplo do aumento de concentração de PT, DBO, e também a redução na concentração de OD. As campanhas de janeiro, março e maio de 2016, foram realizadas na estação chuvosa, o que pode ter atenuado alguns impactos negativos, com uma maior diluição das cargas poluentes, renovação do aporte de água, maior difusão de oxigênio atmosférico na superfície, devido a um maior movimento de volume dentro da área do leito da foz do riacho.

No entanto, as precipitações, associadas aos problemas de drenagem urbana, acabam por acarretar outros problemas, como: carreamento de sólidos para o interior do riacho, arraste de resíduos sólidos, maior volume de entrada de efluentes de diferentes naturezas, erosão das margens, entre outros danos.

A última campanha, julho de 2016, já demonstrou uma redução no valor do índice, o que leva a crer que o cenário constante de degradação impeça progressos eficazes na qualidade da água. Conforme a avaliação sazonal do IQA (Figura 42 e Quadro 28), o índice apresentou melhores resultados nas campanhas ocorridas na quadra invernos.

Figura 42 - Variação Sazonal do IQA.



Fonte: Autor (2016).

Quadro 28 - Classificação pontual do IQA.

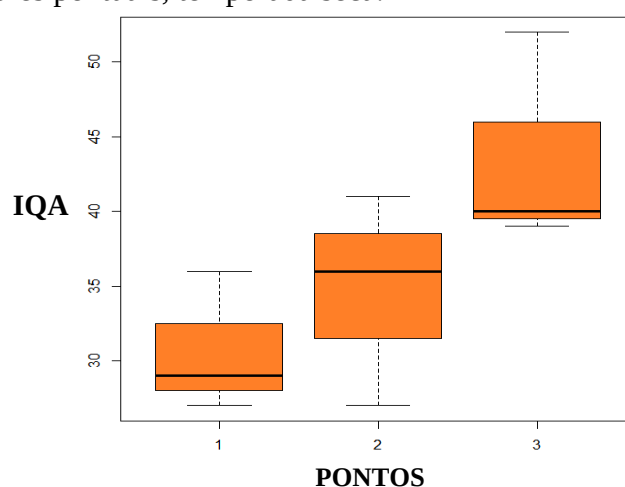
CAMPANHA	PONTO	RESULTADO	CLASSIFICAÇÃO
SETEMBRO	1	27	RUIM
	2	36	RUIM
	3	39	REGULAR
DEZEMBRO	1	29	RUIM
	2	41	REGULAR
	3	40	REGULAR
JANEIRO	1	31	RUIM
	2	45	REGULAR
	3	41	REGULAR
MARÇO	1	30	RUIM
	2	37	REGULAR
	3	44	REGULAR
MAIO	1	26	RUIM
	2	40	REGULAR
	3	55	BOA
JULHO	1	36	RUIM
	2	27	RUIM
	3	52	BOA

Fonte: Autor (2016).

O IQA apresentou melhor classificação média no período chuvoso (IQA = 39, regular), o que pode ser justificado pelo aumento nas concentrações de OD, que favorecem o aumento do valor do índice, bem como a redução nos valores de DBO. A estação seca apresentou valor de IQA médio igual a 36 (classificação ruim), já que apresenta cenário inverso ao outro período, se levado em conta às concentrações de OD e DBO.

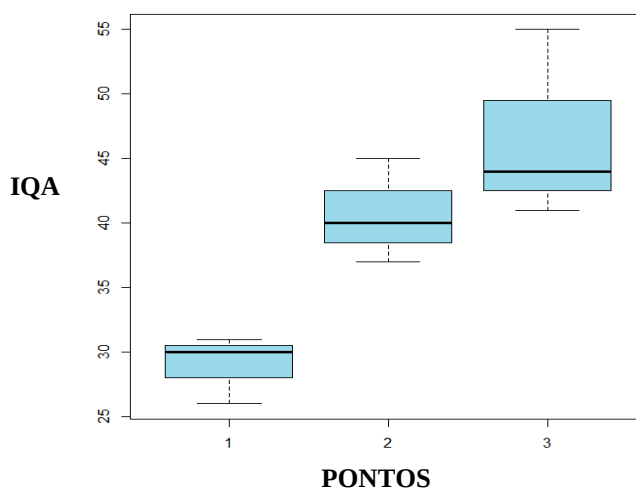
Quanto à classificação pontual, optou-se por avaliar de forma sazonal (Figuras 43 e 44), onde o ponto IQA3 apresentou o melhor cenário de classificação, seguido do IQA2, e por fim o ponto IQA 1 apresentou os piores cenários.

Figura 43 - IQA, valores pontuais, temporada seca.



Fonte: Autor (2016).

Figura 44 - IQA, valores pontuais, temporada chuvosa.



Fonte: Autor (2016).

Os valores de concentração de OD e o valor adotado de CTT para o ponto IQA3 favoreceram uma melhor classificação deste ponto na simulação do cálculo do IQA, uma vez que o valor de CTT adotado (3300 NMP coliformes termotolerantes/100 mL) é bem inferior

ao dos demais pontos. Fato este, que também pode justificar as boas classificações do ponto nos meses de maio e julho de 2016.

A classificação da qualidade em função do índice se torna relativa ao período monitorado, bem como às condições do monitoramento, como a frequência, horários, dinâmica de coleta, métodos, entre outros fatores. No entanto é de suma importância para alertar sobre a degradação da qualidade de água dos recursos hídricos, principalmente nos pólos urbanos, o que se soma ao cenário de escassez enfrentado pelo estado do Ceará, onde se deveriam buscar fontes alternativas, um melhor aproveitamento dos corpos hídricos bem drenados, principalmente aqueles perenizados por lençóis freáticos.

Os índices de qualidade não são um instrumento de avaliação de entendimento à legislação ambiental, mas sim de comunicação para o público das condições ambientais dos corpos d'água. Pelo seu caráter reducionista, em que vários itens de qualidade são convertidos em uma nota ou avaliação única, os índices são bastante polêmicos, uma vez que mascaram a multiplicidade de condições que ocorrem em um curso d'água. Por outro lado, a capacidade de síntese proporcionada por um índice, desde de que entendidas suas limitações intrínsecas, é de grande valia para a comunicação com o público alvo [...](VON SPERLING, 2007).

Maia (2010) encontrou cenário negativo em seu estudo, bem como o posterior, realizado por Silva, Pereira e Vasconcelos (2011), o que reitera a necessidade de se atuar de forma conjunta, onde a academia investiga, produz a informação e a divulga, os devidos órgãos de gerenciamento, atuam sobre as deficiências por meio de medidas mitigadoras, educação ambiental, controle de impactos, entre outros fatores, e a sociedade colabora de forma a não exacerbar os impactos negativos que se somam aos fatores naturais de degradação dos mananciais.

5.4. Impactos ambientais e sugestões de medidas mitigadoras locais.

A foz do Riacho Maceió tem passado por mudanças morfológicas desde o ano de 2012, a partir do qual se iniciaram as obras de construção do parque, bem como com as operações para a revitalização do calçadão da orla em suas proximidades.

No entanto, sabe-se que uma bacia hidrográfica apresenta ligações que fazem com que os impactos à montante sejam propagados, em muitos casos, o que pode danificar todos os afluentes da bacia, bem como gerar uma degradação contínua que pode comprometer a qualidade dos recursos naturais, do ambiente como um todo, além de trazer prejuízos à saúde das populações que residem nas comunidades ribeirinhas e/ou àquelas que fazem uso turístico da área.

O uso desordenado do solo somado à histórica expansão urbana ocorrida na orla de Fortaleza ocasiona uma gama de impactos negativos que incidem sobre o meio ambiente, dentre os recursos afetados, a água.

Como visto, há um processo de especulação imobiliária que se associa às habitações irregulares que se distribuem por toda a bacia, inclusive em sua foz, mesmo após as intervenções dos órgãos governamentais responsáveis, que desapropriou a “Favela Maceió” para que o Parque Bisão, como é comumente chamado pela população local, fosse construído na área.

O saneamento básico urbano deixa a desejar, uma vez que riachos têm de receber impactos de níveis bem superiores àqueles que seu enquadramento suporta, fator já questionável, frente à ausência de enquadramentos específicos para cada corpo hídrico, impactos esses que se centralizam no lançamento de efluentes com altas concentrações de nutrientes, bem como com a presença de organismos patógenos, de efluentes pluviais que carregam lixo e sedimentos para dentro de corpos hídricos, já canalizados, e com comprometimento das estruturas de suas margens e leitos.

Conforme Archela *et al.* (2003) o crescente aumento na demanda dos recursos hídricos, principalmente os superficiais (rios, lagos e lençol freático) provocou, por consequência, a sua crescente deterioração. Essa lógica é verdadeira se considerarmos que as águas residuárias não recebem tratamento adequado, ou que na maioria dos centros urbanizados ele é inexistente. Nesse raciocínio, conclui-se que quanto mais água for utilizada, maior será a quantidade de água residuária devolvida aos mananciais de superfície, e consequentemente, maior e mais rápida sua deterioração.

A diversidade da vegetação original da área foi reduzida de forma visível, o que traz prejuízo à dinâmica natural do transporte de sedimentos, da recarga natural de matéria orgânica na massa líquida, das fontes de alimento a animais (répteis, peixes, aves, entre outros), atenuação dos processos erosivos, pelo amortecimento da energia de fluxo da água, bem como do escoamento superficial.

O local possui uma boa drenagem, mas que ao mesmo tempo recebe galerias pluviais em todo o trecho monitorado riacho. Sistema de drenagem que notadamente recebe efluentes de outra natureza com características físico-químicas desagradáveis.

As margens do riacho, no trecho avaliado, são recobertas por grama e passam por limpeza frequente, bem como as demais áreas do parque. O leito do riacho passa por um crescente nível de assoreamento com crescimento excessivo de plantas e macrófitas em seus

sedimentos e espelho d'água, vegetais esses que não são removidas de forma efetiva com as poucas limpezas corretivas realizadas na área.

Um dos aspectos mais visíveis de degradação do Sistema Hídrico Maceió/Papicú é evidenciado pela retirada da mata ciliar, trazendo, como consequência imediata, o assoreamento dos canais. Esta área é caracterizada no período chuvoso por elevadas precipitações que, na maioria das vezes, produzem enxurradas, somando-se ao lixo carreado pelo escoamento superficial, tem como resultado o bloqueio dos bueiros e o transbordamento dos canais, causando, assim, vários pontos de alagamento, e trazendo caos ao sistema viário local e às comunidades ribeirinhas (MAIA, 2010).

A foz do Riacho Maceió já foi notícia em diferentes fontes jornalísticas, comprovando problemas com carreamento de grande quantidade de matéria orgânica proveniente do lançamento de esgotos nos corpos hídricos da bacia Vertente Marítima, fator este já relatado em estudos realizados no local.

O crescimento desordenado do ambiente urbano, associado ao desenvolvimento das atividades industriais e turísticas locais têm exercido pressões sobre o meio ambiente de forma que a recuperação da qualidade ambiental não suporta o ritmo dos impactos negativos.

Maia (2010) e Silva (2003) bem colocaram que as facilidades de acesso ao local, bem como as atividades portuárias do Porto do Mucuripe, geraram atrativos que levaram a população a se deslocar para esta área, acarretando uma série de mudanças na configuração dos ambientes litorâneos.

Há um visível acúmulo de lixo, orgânico e reciclável, em todo o trecho monitorado, fruto de impactos gerados pela impermeabilização do solo, o que não impede que funcionários responsáveis pela manutenção da área adentrem no riacho sem nenhuma proteção ou medida de segurança.

Maia (2010) relata que os impactos causados ao solo, associado ao desmatamento da mata nativa, tem acarretado instabilidades no sistema geológico da bacia, bem como somado impactos negativos com os processos de assoreamento e eutrofização. Degradação esta já apontada por Silva (2003).

Durante as visitas in loco moradores de rua que residem no parque chegaram a relatar problemas relacionados ao uso da água que acabou por resultar em doenças gastrointestinais, de pele, infecções, dentre outras. Foi possível ver que a população continua a utilizar a água do recurso hídrico para usos diversos, como lazer, higienização, lavagem de veículos, banho em animais de estimação, pesca, entre outros.

Notou-se, na maioria das visitas de campo que os responsáveis pela manutenção do parque se utilizam da água do próprio recurso hídrico para regar a vegetação das margens e as demais estruturas de jardinagem da área, utiliza-se um sistema de aspersão (Figura 45) que

recebe água por dutos instalados nas três pontes instaladas no parque (Figura 46), água esta que é bombeada (Figura 47) em um trecho localizado entre os pontos 02 e 03.

Figura 45 - Irrigação, por aspersão, da vegetação ornamental do Parque Otacílio Teixeira Lima Neto, Fortaleza-CE.



Fonte: Autor (2016).

Figura 46 - Tubulações de irrigação, Riacho Maceió.



Fonte: Autor (2016).

Figura 47 - Bomba de água utilizada no sistema de irrigação do Parque Otacílio Teixeira Lima Neto, Fortaleza-CE.



Fonte: Autor (2016).

É preciso que haja uma conscientização por parte dos responsáveis pela manutenção e administração do parque, uma vez que se utiliza uma água visivelmente poluída, além dos problemas de qualidade já apontados, gerando uma gama de patologias causadas por microrganismos presentes na biota aquática, moradores de rua que vivem no local relataram que se utilizam da água do local para banho e limpeza de suas vestimentas, além da atividade de pesca.

A perda de qualidade da água acarreta em danos a toda a teia alimentar presente no ambiente aquático, uma vez que este recurso natural configura um elemento chave na manutenção da biota. Nos meses iniciais de monitoramento foi possível observar a mortandade de peixes em todo o trecho da foz do Riacho Maceió.

Os corpos hídricos de água doce deveriam configurar uma fonte de abastecimento, lazer, beleza cênica, transporte, dentre outros usos, o que não ocorre na maioria desses ambientes localizados no município de Fortaleza/CE, gerando ambientes hostis, onde não há interesse por parte da população de os frequentar, além da degradação dos recursos naturais e da perda de diversidade biológica.

A biodiversidade é alterada e as espécies menos resistentes a ambientes poluídos e/ou contaminados, passam por um processo de redução de suas populações, aumento da competição com outros organismos, e podem chegar a não existir mais naquele ambiente, restando assim os exemplares de espécies capazes de sobreviver nos piores cenários de degradação.

Segundo indicações da EMBRAPA (2017), as áreas de areias quartzosas que ocorrem junto aos mananciais devem ser obrigatoriamente isoladas e mantidas para a preservação dos recursos hídricos, da flora e da fauna. O reflorestamento de áreas degradadas, sem finalidade comercial, é uma opção recomendável onde a regeneração da vegetação natural é lenta, entretanto, o reflorestamento comercial é uma alternativa para as áreas mais afastadas dos mananciais e da rede de drenagem.

Santos e Romano (2005) pontuam que o processo de desenvolvimento das bacias hidrográficas brasileiras revela que os mais fortes e mais amplos impactos ambientais são muito recentes, tendo como causas de maior repercussão:

- a) a intensa, rápida e desordenada urbanização e início da industrialização a partir da década de 1950;
- b) o desmatamento como fonte de energia para a construção, e, principalmente, para a produção de carvão (insumo básico da siderurgia);

- c) o intensivo uso do solo para a agricultura (grãos), com eliminação da maior parte da cobertura vegetal (Cerrado);
- d) a consequente construção de uma rede ampla de estradas vicinais precárias (fonte de erosão) seja para carvoejamento, para a agropecuária, ou entre comunidades;
- e) a existência de pecuária com superpastoreio e consequente degradação das pastagens (compactação do solo);
- f) a construção de represas para geração de hidroeletricidade, com forte alteração do regime hídrico do rio e suas consequências.

É importante ressaltar que o monitoramento deve ser a peça chave para que se compreenda a dinâmica do ambiente, assim como dos impactos que incidem sobre ele. A partir dos resultados identificar os danos potenciais e as resistências que o ambiente oferece, nesse sentido atrelar as ações de gestão e gerenciamento de forma a garantir que se atue efetivamente sobre os problemas ambientais.

O parque detém de um bom potencial ao desenvolvimento de atividades de educação ambiental, onde há possibilidade de reunir membros das comunidades locais, estudantes de escolas públicas e privadas, turistas, comerciantes, empresários, dentre outros atores sociais. Desse ponto surgiriam novas ideias, sugestões, metas, bem como uma nova posição e conscientização por parte da sociedade, que passaria a enxergar o valor do ambiente, e não apenas degradar sem conhecer a dimensão dos impactos negativos.

Vistos os impactos que recaem sobre o local de estudo, optou-se por criar um quadro de sugestões de medidas mitigadoras cabíveis à área, sugestões estas que já vêm sendo apontadas por outros autores que desenvolveram pesquisas no local, bem como em toda a extensão da bacia Vertente Marítima (Quadro 29).

Quadro 29 - Propostas de medidas mitigadoras cabíveis no manejo da foz do Riacho Maceió.

IMPACTO AMBIENTAL	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS MITIGADORAS SUGERIDAS
Canalização do curso hídrico e ocupação das margens	Alteração topográfica; Diminuição das dimensões dos canais; Aumento da velocidade de escoamento da água por conta da redução da distância a ser percorrida até a calha do riacho e redução da rugosidade; Eventos de cheia no canal e de inundações a montante; Desmatamento da mata ciliar; Perdas consideráveis da biodiversidade; Ocupação e consequente diminuição das áreas de várzeas.	Melhorias nas práticas e tecnologias construtivas de uso e ocupação do solo para aberturas de ruas e avenidas; Manutenção do sistema natural de drenagem e das áreas de várzeas; Recomposição da mata ciliar; Adoção de medidas de controle dos processos erosivos; Desviar a rede de galerias pluviais direto para o oceano; Preservar a porção de mata ciliar ainda existente.
Impermeabilização do solo	Maiores picos de cheias e enchentes Redução dos processos de infiltração e evapotranspiração Diminuição da recarga de aquíferos Aumento da velocidade de escoamento superficial	Aumento de áreas vegetáveis e de infiltração; Implantação de cisternas e poços de infiltração; Substituição de pavimentos tradicionais por pavimentos porosos e de boa permeabilidade; Implementar planos e programas de monitoramento da qualidade ambiental. Manejo e restauração do curso natural ainda existente.
Deficiências nas redes de esgoto e drenagem urbana	Agravamento do processo de assoreamento; Desestabilidade das margens; Aumento do pico de cheias; Contaminação do solo, da água superficial e de aquíferos; Carreamento excessivo de lixo e sedimentos para o leito do canal; Crescimento dos níveis de transmissão de doenças de veiculação hídrica.	Revisão do dimensionamento das redes de efluentes (domésticos, industriais e pluviais); Canalização, tratamento e reuso do esgoto e da água de drenagem urbana; Fiscalizar, impedir e coibir a ligação de redes clandestinas de esgoto no sistema de drenagem urbana; Incentivar o reuso de água no ambiente doméstico; Pesquisar e implantar métodos de reuso de água em indústrias e comércios; Utilizar o parque como ponto fixo de campanhas de conscientização acerca dos impactos negativos causados pela má qualidade da água. (continua)

IMPACTO AMBIENTAL	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS MITIGADORAS SUGERIDAS
Acúmulo de lixo nas margens e leito dos corpos d'água	Contaminação do solo, ar e água; Proliferação de doenças, uma vez que o lixo serve de abrigo que facilita a reprodução de vetores e o acúmulo de microrganismos; Entupimento e obstrução de estruturas de drenagem urbana; Acúmulo no leito dos corpos hídricos lóticos, provocando enchentes; Perca da beleza cênica local e impactos nas atividades turísticas; Prejuízos à saúde ambiental, afetando fauna e flora, bem como as populações locais e os turistas.	Monitoramento ambiental; Controlar endemias, por meio da articulação dos órgãos ligados à saúde pública no desenvolvimento de campanhas e metas; Conscientização da população por meio de instrumentos de educação ambiental (palestras, cursos, visitas de campo, treinamento de funcionários, mobilização dos produtores de resíduos predominantes, etc); Disposição final adequada (aterros sanitários); Incentivo à coleta seletiva, reciclagem e coletas regulares dos resíduos urbanos.
Desrespeito às áreas destinadas à proteção permanente (APPs)	Perca da capacidade suporte dos ambientes naturais; Usos irregulares do solo; Geração de impactos ambientais de grande escala; Desproteção das matas ciliares e dos recursos hídricos; Danos à beleza cênica e à qualidade de vida.	Desapropriar, dentro dos certames legais, edificações que tenham invadido as APPs; Internalizar as externalidades econômicas negativas; Desenvolver pesquisas, junto a universidades, escolas da comunidade, órgãos ambientais, setor privado, órgãos de apoio e incentivo à pesquisa, entre outros; Monitorar a qualidade dos recursos naturais de forma frequente e consistente, de modo a identificar os impactos ambientais e propor as devidas alternativas de reversão dos quadros negativos; Trabalhar a conjuntura entre o Comitê de Bacia e os órgãos políticos administradores, bem como os responsáveis pela gestão ambiental; Criar um banco de dados acerca dos estudos já realizados na área, com objetivo de nortear as ações de gestão e gerenciamento.

Fonte: Autor (2016).

6 CONCLUSÕES

A avaliação individual e/ou agrupada dos parâmetros se mostrou como ferramenta efetiva no reconhecimento das possíveis fontes poluidoras, bem como na caracterização de danos que incidam sobre a qualidade da água do trecho monitorado, que possam ser acarretados por esses parâmetros. As correlações entre os parâmetros possibilitaram uma melhor compreensão da dinâmica do corpo hídrico.

O Fósforo se mostrou como parâmetro de pior qualidade no corpo hídrico, em ambos os períodos de monitoramento, ultrapassando os valores máximos permitidos por lei em todas as amostras coletadas, o que indica uma potencial poluição por esgotos domésticos que incidem sobre a área de estudo.

O OD e a DBO, apresentaram concentrações em desacordo com a legislação vigente, no caso do OD, nos dois períodos de coleta, o que reitera o cenário de degradação da qualidade da água no trecho avaliado. Esses parâmetros representam fatores prioritários no IQA, fator este que os fez influenciar negativamente nos resultados da simulação de cálculo do índice.

O trecho estudado do riacho apresenta um cenário crítico de eutrofização, apresentando más classificações, em linhas gerais, no IET, IET PT e IET Cl, onde o segundo índice configurou os piores cenários de classificação, permeando entre “hipereutrófico” e “supereutrófico”.

O Riacho Maceió apresentou más classificações no cálculo dos valores do IQA-CETESB, entre as faixas de valores “ruim” e “regular”. Os parâmetros que mais tiveram influência negativa sobre o cálculo do parâmetro foram: DBO, OD e Fósforo Total. A simulação de cálculo do índice se mostrou coerente com a realidade de degradação a qual se encontra o riacho. Constatou-se também a influência das precipitações na dinâmica de resultados do índice, com alterações relevantes em parâmetros como sólidos totais, turbidez e macronutrientes.

A qualidade da água do Riacho Maceió tem sido claramente afetada pela influência antrópica, vide fontes poluidoras e pressões exercidas pelas diversas atividades (comerciais, industriais, turismo, etc) presentes na área da microbacia, no local, ocorre à deposição inadequada de resíduos sólidos, assoreamento, eutrofização, poluição por altas cargas de efluentes domésticos, processos estes que podem levar à perda da capacidade de recuperação do ambiente caso não se efetivem as ações de manejo e gestão dos recursos hídricos.

O quadro de degradação do recurso hídrico tem se agravado, frente ao comparativo com outros estudos já realizados na área, o que leva a crer que a efetivação de medidas mitigadoras possa levar a uma melhoria dos cenários negativos, frente à crescente perda de qualidade deste ambiente.

7 SUGESTÕES

- Monitorar um maior número de parâmetros físico-químicos (ex: condutividade elétrica, salinidade, transparência, nitrogênio total, entre outros);
- Estender o monitoramento por um número maior de pontos na extensão da bacia hidrográfica, de forma a abranger a maioria de seus afluentes;
- Realizar um inventário de fauna e flora para que se possa trabalhar com indicadores biológicos que estejam relacionados com a qualidade da água, como os organismos macroinvertebrados bentônicos, por exemplo;
- Analisar estatisticamente os dados de forma multivariada, com intuito de elencar os parâmetros de maior peso na qualidade da água, dentre os já monitorados.

REFERÊNCIAS

- ALEMCAR FILHO, Francisco Mendes; ABREU, Lucijane Monteiro. **METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE COMPANHIAS DE SANEAMENTO BÁSICO: APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL**. In: planejamento e políticas públicas | ppp | n. 28 | jun./dez. 2005;
- ALMEIDA, Caroline Corrêa de. **Evolução histórica da proteção jurídica das águas no Brasil**. In: Jus Navigandi, Teresina, ano 7, n. 60, nov. 2002. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3421>> . Acesso em: 17/07/2016;
- ANACLETO, Alcinda Maria da Costa. **Temperatura e sua medição**. Departamento de Física Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. Porto – PT, 2007;
- ANDRADE, Larice Nogueira. **Autodepuração dos corpos d'água**. In: REVISTA DA BIOLOGIA – www.ib.usp.br/revista – publicado no volume 5 – dezembro de 2010;
- ANDRADE, Paulo Romero Guimarães Serrano de. **ENQUADRAMENTO DE CORPOS DE ÁGUA E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL: vinculações com o planejamento de recursos hídricos**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17392/material/TEXTO%20SOBRE%20ENQUADRAMENTO.pdf>> Acesso em: 17/07/2016;
- ANDRADE, Rony Iglecio Leite de. **Dinâmicas e conflitos na zona costeira de Aquiraz: Porto das Dunas e Prainha em análise**. Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Geografia, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará. — Fortaleza/CE, 2008;
- APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1998;
- ARAÚJO, Marlyete Chagas; OLIVEIRA, Maria Betânia Melo. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. In: Rev. Ambient. Água vol. 8 n. 3 Taubaté - Sep. / Dez. 2013;
- ARCHELA, E.; ADALBERTO, C; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F.; ARCHELA, R. S.. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. In: Geografia - Volume 12 - Número 1 - Jan/Jun. 2003;
- ARMAS, Eduardo Dutra de; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. **Uso de Agrotóxicos em Cana-de-açúcar na Bacia do Rio Corumbataí e o Risco de Poluição Hídrica**. In: Quim. Nova, Vol. 28, No. 6, 975-982, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n6/26824.pdf>> Acesso em: 08/01/2017;
- BARKAY, T. et al. **Bacterial mercury resistance from atoms to ecosystems**. Fems Microbiology Review, v. 27, pp. 355-84. 2003;
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análises em oceanografia química**. Editora da FURG, 132p. Rio Grande-RS, 1996;
- BENTO, V. R. S.. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza-CE, 2011;

BERNICE, A. M. **Evolução da contaminação por nitrato em aquíferos urbanos: Estudo de caso em Urânia (SP)**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia. São Paulo – SP, 2010;

BERTON, R.S. **Fertilizantes e poluição**. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Piracicaba-SP, 1992;

BONILLA, O. H; PORTO, V. B. **Vida e ambiente**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2001;

BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. Birmingham Publishing Co., 482 p., Auburn, 1990;

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, E. M. **Monitoramento de quantidade e qualidade das águas**. In: Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. cap.19, p.635-649.;

BRASIL – Agência Nacional das Águas (ANA). **Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: 20 de novembro de 2016;

_____ – Agência Nacional das Águas (ANA). **Parâmetros de Qualidade de água. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica**, 2011;

_____ – Comissão Interministerial para os recursos do Mar (CIRM). **Plano de ação federal da zona costeira do Brasil**. Disponível em: Acesso em: 29/05/2014;

_____ – **Ministério da Educação (MEC)**, Secretaria de Educação à distância, 2008. **Educação Ambiental no Brasil**. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/se/educacaoambiental/hist01.shtm>> Acesso em: 17/07/2016;

_____ – Ministério do Meio Ambiente (MMA); Gerenciamento Costeiro no Brasil. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>> Acesso em: janeiro de 2017;

_____ – Ministério do Meio Ambiente (MMA); **Gerenciamento Costeiro no Brasil**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>> Acesso em: 26/05/2014;

_____ – Ministério da Cultura, Agropecuária e Abastecimento. **Areia Quartzosa /Neossolo Quartzarênico**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html> Acesso em: 26/03/2017;

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: janeiro de 2017;

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357/2005**. 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;

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 430/2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília-DF, 2011;

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a **Política Nacional do Meio Ambiente**, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos** e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agência de informação EMBRAPA, **Areia Quartzosa**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html> Acesso em: 12 de janeiro de 2017;

_____. Ministério da Saúde – MS. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Brasília – DF, 2011;

_____. Ministério da Saúde. **Avaliação da Vigilância da Qualidade da Água no Estado do Ceará** – Ano base 2011, 2011;

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p;

BRÜSEKE, F. J. **O Problema do desenvolvimento sustentável**. In: CAVALCANTI, C. (org.). Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 2003; p.29-40;

CAÇÃO, R. **Testes Paramétricos e Não paramétricos**. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/rosariocacao/testes-parametricos-e-nao-parametricos-3396639>> Acesso em: janeiro de 2017;

CAMPOS, Nilson. **Gestão de Águas: princípios e práticas**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Fortaleza, 2001;

CANÉPA, Eugênio M.; PEREIRA, Jaildo S.; LANNA, Antônio Eduardo L.. **A Política de Recursos Hídricos e o Princípio Usuário-Pagador**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 4, nº1, janeiro a março de 1999, 103-117;

CARVALHO, Adriana Rosa; SCHLITTLER, Flávio Henrique Mingante; TORNISIELO, Valdemar Luiz. **RELAÇÕES DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA COM PARÂMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DA ÁGUA**. QUÍMICA NOVA, 23(5), 2000;

CARVALHO, José Camapum de; SALES, Maurício Martines; SANTOS JÚNIOR, Olavo Francisco; MAROT, Didier Didier; CAMPOS, Luis Edmundo. **Um paralelo quanto aos mecanismos de surgimento e evolução de erosões continentais, fluviais, de bordo de reservatório e costeiras**. VII Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Goiânia – GO, setembro de 2014;

CEARÁ - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE); **Perfil Básico Municipal – Fortaleza**, Fortaleza – CE, 2016;

_____. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. **Qualidade da Água.** Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/abastecimento-de-agua/qualidade>> Acesso em: 06/01/2017;

_____. **Política Estadual de Recursos Hídricos**, Lei nº 14.844 , de 28 de dezembro de 2010;

_____. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. **Histórico.** Disponível em: <<http://www.srh.ce.gov.br/index.php/a-secretaria/historico>> Acesso em: 11/01/2017;

_____. Superintendência do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE. **Programa de Monitoramento de Balneabilidade das praias.** Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/licenciamento-ambiental/monitoramento/programa-de-monitoramento-das-praias/>> Acesso em: 06/01/2017;

CHAPMAN, Deborah. **WATER QUALITY ASSESSMENTS - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition.** Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf> Acesso em: 11/12/2016;

CNEWS. **Obras de urbanização no Riacho Maceió finalizam neste mês.** Disponível em: <http://cnews.com.br/cnews/noticias/61195/obras_de_urbanizacao_no_riacho_maceio_finalizam_este_mes> Acesso em 23 de setembro de 2015;

CORIOLOANO, Luzia Neide; PARENTE, Karlos Markes. **Espaços de reserva do capital na orla oeste de Fortaleza (Ceará, Brasil): demandas para Lazer e Turismo.** Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo. v.5, n.1, p.63-82, abr. 2011;

CORREIA, N. F.. **Some Considerations on the Water Resources Management Tools and the European Union Experience.** Disponível em: <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23385/InBr02305.pdf>> Acesso em: 11/01/2017;

CPRH-PE. **ÍNDICE E INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA – REVISÃO DA LITERATURA.** Disponível em: <<https://goo.gl/sKq5ns>> Acesso em: 18/12/2016;

DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. **CONSTRUÇÃO DA IMAGEM TURÍSTICA DE FORTALEZA/CEARÁ.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, Fortaleza-CE, 2003;

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** São Paulo: Cetesb, 1992, 210 p.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Mancha negra aparece na Praia do Mucuripe.** Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/mancha-negra-aparece-na-praia-do-mucuripe-1.1224204>> Acesso em: 12 de abr. 2015;

DIÁRIO DO NORDESTE. **Riacho Maceió será requalificado.** Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/riacho-maceio- Sera-requalificado- 1.335707>> Acesso em: 06 de fev. 2015;

DIAS, Rodrigo Zolini. **Papel da wetland do Riacho Fundo no controle da eutrofização do Lago Paranoá, Brasília - Distrito Federal.** Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013;

DIEGUES, A. C. S.. **Desenvolvimento Sustentável ou Sociedades Sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas.** In: São Paulo em Perspectiva, Vol. 6, nº 1/2, págs. 22 – 29, Janeiro/Junho, 1992;

EAGLE, G. H.. **THE ECONOMICS OF REGIONAL WATER QUALITY MANAGEMENT.** *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 55(9), p. 1488–1489, 2011;

EFFTING, T. R.. **Educação Ambiental nas Escolas Públicas: realidade e desafios;** Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR, 2007;

ELMO, Rodrigues da Silva. **Curso da água na historia: simbologia, moralidades e a gestão de recursos hídricos.** Rio de Janeiro - RJ; Fundação Oswaldo Cruz; set. 1998. [201] p.;

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos da Limnologia.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998;

FECHINE, José Alegnabeto Leite. **Alterações no Perfil Natural da Zona Costeira da Cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do Século XX.** Mestrado em Geografia, área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental - Estudo Socioambiental da Zona Costeira, UFC. Fortaleza-CE, 2007;

FEITOSA, Leonardo Schramm. **ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DA PEQUENA AÇUDAGEM NO SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO DOS AÇUDES DO ASSENTAMENTO 25 DE MAIO, MADALENA-CE.** Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2011;

FONSECA, Alberto de Freitas Castro; FILHO, José Francisco do Prado. **Um Importante Episódio na História da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil: O Controle da Coroa Portuguesa Sobre o Uso da Água nas Minas de Ouro Coloniais.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 11 n.3 Jul/Set 2006, 5-14;

FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE CAPTAÇÃO E SANEAMENTO AMBIENTAL EM GOIÁS.** Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás, UFGO. Goiânia-GO, 2014;

FREITAS, Marcelo Bessa; FREITAS, Carlos Machado de. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** *Ciênc. saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 993-1004, Dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232005000400022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 de janeiro de 2017;

GOMES, Fernando Veloso. **A Gestão da Zona Costeira Portuguesa.** In: Revista da Gestão Costeira Integrada 7(2):83-95 (2007);

GOOGLE EARTH. **Programa de Visualização de Imagens de Satélite**, 2017;

GOULART, M; CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental.** Revista da FAPAM, ano 2, nº 1. 2003;

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G. e NICOLODI, J. L.; **Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para a Gestão Integrada da Zona Costeira**. In: GRAVEL, ISSN 1678-5975, nº 1, págs. 81-89, Porto Alegre – RS, Janeiro, 2003;

GUERRA, A.F.S. **A Educação Ambiental em áreas costeiras: O uso da web como ferramenta na formação do oceanógrafo**. In: NOTAS TÉCN. FACIMAR, Vol. 4, 2000, p. 121-134;

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental**. *Água, Taubaté*, v. 7, n. 3, p. 241-260, 2012;

HAASE, J.; KRIEGER, J.A.; POSSOLI, S. **Estudo da viabilidade do uso da técnica fatorial como um instrumento na interpretação de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. In: *Ciência e Cultura*, v.41, p.576-582, 1989;

HARDIN, G.. **The Tragedy of the Commons**. *Science*. December, 1968: Vol. 162. nº. 3859, p. 1243 – 1248. Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/content/162/3859/1243.full> > Acesso em: 17/07/2016;

HESPANHOL, I., (2008), “Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos”, *Rev. de Estudos Avançados da USP*, vol.22. nº 63, pp. 131-158, maio-agosto, São Paulo;

KIST, Anna Christine Ferreira. **CONCEPÇÕES E PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS MATRIZES TEÓRICAS E EPISTEMOLÓGICAS PRESENTES EM ESCOLAS ESTADUAIS DE ENSINO FUNDAMENTAL DE SANTA MARIA-RS**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de PósGraduação em Geografia e Geociências, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria-RS, 2010;

LIMA, G. F. da C.. **Questão ambiental e educação: contribuições para o debate**. In: *Ambiente & Sociedade*, NEPAM/UNICAMP, ano II, nº 5, 135-153; Campinas – SP, 1999;

LINS, Cíntia dos Santos. **GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO CEARÁ: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS**. Fórum Ambiental da alta paulista. ISSN: 1980-0827, volume 7, nº 2. São Paulo – SP, 2011;

LOPES, Rejane Batista. **Metais pesados no caranguejo *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 e ecotoxicologia de sedimentos do estuário dos Rios Jundiá e Potengi/RN**. Natal-RN, 2012;

LOPES, V.C.; LIBÂNIO, M. **Proposição de um índice de estações de tratamento de água (IQETA)**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n.4, p.318- 328, out./dez. 2005;

LOUREIRO, C. F. B.; AZAZIEL, M. e FRANCA, N.. **Educação Ambiental e conselho em unidades de conservação: Aspectos teóricos e metodológicos**; IBASE, Rio de Janeiro, abril de 2007, p. 88;

LUZIA, Anna Paula. **Estrutura organizacional do fitoplâncton nos sistemas lóticos e lênticos da bacia do Tietê-Jacaré (UGRHi-Tietê- Jacaré) em relação à qualidade da água e estado trófico** - São Carlos : UFSCar, 2009;

MACHADO, Carlos José Saldanha. **A Gestão Francesa de Recursos Hídricos: Descrição e Análise dos Princípios Jurídicos**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.4 Out/Dez 2003, 31-47;

MAIA, Edemir Barros. **DINÂMICA GEOAMBIENTAL DO SISTEMA HÍDRICO MACEIÓ/PAPICU, FORTALEZA –CEARÁ**. Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2010;

MARCATTO, C.. **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Porto Alegre - RS, 2010;

MARQUES, Maria N.; DAUDE, Luiz Fernando; DE SOUZA, Roseane M. G. L.; BARBOZA COTRIM, Marycel Elena; PIRES, Maria Aparecida F. **Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento: um estudo de caso**. In: *Exacta*, vol. 5, núm. 1, janeiro-junho, 2007, pp. 47-55 Universidade Nove de Julho São Paulo, Brasil;

MELO, Geórgia Karênia Rodrigues Martins Marsicano de; MARACAJ, Kettrin Farias Bem; DANTAS NETO, José. **Histórico evolutivo legal dos recursos hídricos no Brasil: uma análise da legislação sobre a gestão dos recursos hídricos a partir da história ambiental**. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XV, n. 100, maio 2012. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11606&revista_caderno=5 Acesso em janeiro de 2017;

Merten, Gustavo H.; Minella, Jean P.. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. In: *Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.* Porto Alegre-RS, v.3, n.4, out/dez 2002;

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Limites da Zona Costeira**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/a-zona-costeira-eseus-m%C3%BAltiplos-usos/caracteristicas-da-zona-costeira>>. Acesso em: 17 de julho de 2016;

MMA – Projeto Orla, Fortaleza-CE. **PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DA ORLA MARÍTIMA**. Fortaleza-CE, agosto de 2006;

MONTENEGRO JR., I. R. P.. **Turismo e Urbanização: gestão de impactos no litoral de Aquiraz-CE**; Programa de mestrado em desenvolvimento e meio ambiente – PRODEMA, Pró-Reitoria de Pesquisa e pós-graduação da Universidade Federal Do Ceará – UFC; Fortaleza-CE, 2004;

MORAES, A. C. R.. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: Elementos para uma Geografia do litoral brasileiro**. 1ª Edição; Editora Annablume. São Paulo – SP, 2007;

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDAO, Berenice Quinzani. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana**. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo , v. 36, n. 3, p. 370-374, Junho, 2002 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102002000300018&lng=en&nrm=iso> . Acesso em janeiro de 2017;

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; *et al.* **EROSÃO E PROGRADAÇÃO DO LITORAL BRASILEIRO**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/arquivos/ce_erosao.pdf> Acesso em: 17/07/2016;

NASSER, Vera Lúcia. **Estudo da Qualidade de Água na Baía de Guanabara Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Análise Geoestatística**. Pós-Graduação De Engenharia Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro, UFRJ. Rio de Janeiro – RJ, novembro de 2001;

NETO, Gastão Cerquinha da Fonseca; MELO, Marcos José Vieira de; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira. **Os Impactos da Expansão Urbana no Manejo de Águas Pluviais em Pequenas Cidades: Estudo de Caso em Serra Talhada** (Pernambuco). X ENAU – Encontro Nacional de Águas Urbanas. São Paulo – SP, 2014;

O POVO. **Parque contrasta com situação do Riacho Maceió**. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2014/12/29/noticiasjornalcotidiano,3368969/par-que-contrasta-com-situacao-do-riacho-maceio.shtml>> Acesso em 12 de abr. 2015;

OENEMA, O.; ROESTI, W.J., 1998; **Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters; The effects of policies and measures in the Netherlands**. Water Scienc and Thechnolog. 37(2):19-30, IAWQ;

OLIVEIRA FILHO, Eduardo Cyrino de. **Impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado**. Documentos EMBRAPA Cerrados, ISSN 1517-5111: n. 56. Planaltina-DF, 2002;

OLIVEIRA, G. B. de. **Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento**. In: Revista do Centro Universitário FAE, Curitiba, Vol. 5, nº 2, págs.37-48, Maio/Agosto, pág. 40, 2002;

OLIVEIRA, Wellington; CRUZ, Maria. **Mucuripe: urbanização, favelização e meio ambiente. A especulação imobiliária e as transformações sócioespaciais**. Fortaleza-CE, 2010;

PADOVESE, P.P.. **Movimento e perdas de nitrogênio e potássio num solo com cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988;

PEREIRA, A.A. **Avaliação da qualidade da água: proposta de novo índice alicerçado na Lógica Fuzzy**. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2010;

PEREIRA, R. F.; FEITOSA, A. V.; NUNES, A. I. V.; CASTRO, A. H; PAULINO, W. D. **ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: SBRH, 2013. p. 1-8.;

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. IPH – UFGRS. V.1, n. 1. P. 20-36. 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rrh.pdf>> Acesso em: janeiro de 2017;

PORTAL G1. **Obras de requalificação da Avenida Beira Mar**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ceara/noticia/2016/12/fortaleza-recebe-mais-uma-etapa-da-requalificacao-da-avenida-beira-mar.html>> Acesso em: janeiro de 2017;

- QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aquicultura**. In: ISSN 1516-8638 Jaguariúna, SP, dezembro de 2007. Disponível em:
<http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado_44.pdf> Acesso em: janeiro de 2017;
- QUEIROZ, Júlio Ferraz de; SILVA, Mariana Silveira Guerra Moura; TRIVINHO-STRIXINO, Susana. **Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água** – Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2008;
- QUEVEDO, C.M.G.; PAGANINI, W. S. **Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública**. - Universidade de São Paulo - Departamento de Saúde Ambiental - FSP/HSA. 2011;
- SAAD, Antonio Roberto; VARGAS, Reinaldo Romero; LOPES, João Carlos; ARRUDA, Regina de Oliveira Moraes; QUEIROZ, William de. **ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TANQUE GRANDE, GUARULHOS (SP): ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS ZONAS RURAL E URBANA**. In: *Geociênc. (São Paulo)*, São Paulo, v. 32, n. 4, 2013. Disponível em
<http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822013000400003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso: 18/07/2016;
- SACHS, I.. **Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado**. Editora Garamond, Rio de Janeiro – RJ, 2004;
- SALES, V. C. **Cenários litorâneos lagoa do Papicu: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza**. Mestrado em Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993;
- SANTOS, Devanir Garcia; ROMANO, Paulo Afonso. **Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos**. In: *Revista de Oplítica Agrícola*, Ano XIV – Nº 2 – Abr./Maio/Jun. 2005;
- SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M.R.V.B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L. F.. **Hidrometria Aplicada**. LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba-PR, 2001;
- SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB-SP. **Índice de Qualidade de Água – IQA-CETESB**. Disponível em:
<<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>> Acesso em: 17/07/2016;
- _____. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB-SP. **Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico**. São Paulo, 2014;
- _____. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 013**. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>> São Paulo-SP, junho de 1999;
- _____. PHA-USP. **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS: pH, ACIDEZ, ALCALINIDADE E DUREZA**. Disponível em:
<www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=1801> Acesso em: janeiro de 2017;
- _____. PHA-USP. **NUTRIENTES: COMPOSTOS DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM ÁGUAS**. Disponível em:
<http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=1807> Acesso em: janeiro de 2017;

SCALIZE, P.S.; LEITE, W.C.A.; RODRIGUES, J.M. et al. **Correlação entre os valores de DBO e DQO no afluente e efluente de duas ETEs da cidade de Araraquara**. Disponível em: <<http://www.saneamentobasico.com.br/portal/wp-content/uploads/2013/02/CORRELA%C3%87%C3%83O-ENTRE-OS-VALORES-DE-DBO-E-DQO-NO-AFLUENTE-E-EFLUENTE.pdf>> Acesso em: 17/07/2016;

SEUMA-CE. Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **Monitoramento de corpos hídricos municipais**. Disponível em: <<http://siafor.fortaleza.ce.gov.br/siafor/publico/hidricosOrla.jsf>> Acesso em: janeiro de 2017;

SILVA FILHO, H. A. **Nitrificação em Sistemas de Lodo Ativado**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2009;

SILVA, Ana Elisa Pereira; ANGELIS, Carlos Frederico; MACHADO, Luiz Augusto Toledo; WAICHAMAN, Andrea Viviana. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus**. ACTA-AMAZONICA, vol. 38(4) 2008: 733 – 742;

SILVA, Eliane Cristine da. **Variação do oxigênio dissolvido em gradientes de profundidade no Oceano Ártico e relações com o aquecimento global**. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012;

SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L.; SOUTO, R.F.; COSTA, E.L.; DIAS, M.S.C. **Levantamento do estado nutricional das bananeiras cv. Prata-Anã do Norte de Minas Gerais**. Nova Porteirainha: EPAMIG/PADFIN, 2001. 30 p.;

SILVA, Luiz Artur Clemente da; ARAUJO, Rogério Cesar Pereira De; MAIA, Luiz Parente; CAVALCANTE, Maria Dias. **ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DO CEARÁ**. XLV CONGRESSO DA SOBER "Conhecimentos para Agricultura do Futuro", Londrina – PR, julho de 2007;

SILVA, P. R. F. G.. **Indicadores ambientais do complexo hídrico Papicu/Maceió, Fortaleza-CE**. Dissertação de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFC. Fortaleza-CE, 2003;

SILVA, Paulo Roberto Ferreira Gomes da ; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade, PEREIRA, Juliana Silva. **DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO SISTEMA HÍDRICO PAPICU/MACEIÓ, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL**. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 2011, 44(3): 81 – 86;

SILVA, Raquel Lemos. **Evolução Morfodinâmica e Hidrológica Direcionada ao Manejo de Lagoas Costeiras Tropicais. Estudo De Caso: Lagoa Das Almécegas, Paraipaba-Trairi/CE**. Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais – LABOMAR/UFC. Fortaleza-CE, 2007;

SILVA, V. B. da; CRISPIM, J. de Q.. **Um breve relato sobre a questão ambiental**. In: Revista GEOMAE Campo Mourão, PR Vol.2, nº , págs.163 – 175, 2011;

SILVEIRA, A. A.; RIBEIRO, L. F.; BARZAN, P. J.; DAL PONT, S. C.; ZANIN, V. T. C. **Monitoramento do Sistema Barragem do Rio São Bento (Siderópolis/SC): avaliação da qualidade das águas superficiais utilizando o índice de IET CETESB**. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte-MG, 2007;

SOARES, N. S. C. **DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE BACTÉRIAS INDICADORAS DE CONTAMINAÇÃO e VIRUS NUM RIACHO DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil21/vii-014.pdf>> Acesso em: janeiro de 2017;

SOUSA, V. G. **Análise ambiental da Microbacia hidrográfica do Riacho das Piabas, no trecho que compõe suas nascentes e a Reserva Urbana do Louzeiro, Campina Grande-PB, através de imagens de satélite**. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB.– Campina Grande-PB, 2006;

SOUZA, M. J. N. **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfoestruturais do Estado do Ceará**. In: Revista de Geologia. (2), UFC, 1988;

SOUZA, M. J. N. ; MENELEU NETO, José ; CRUZ, M. L. B. ; OLIVEIRA, Vladia Vidal Pinto de . **Prognóstico da Gestão Ambiental da Área de Influência Direta do Açude Castanhão**. In: MEDEIROS, Cleyber Nascimento de; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S. ; CRUZ, Maria Lúcia Brito da. (Org.). OS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ: INTEGRAÇÃO, GESTÃO E POTENCIALIDADES..1ed.Fortaleza: IPECE, 2011, v. 1000, p. 11-37;

SOUZA, Saulo Bruno Silveira e; FERREIRA, Nilson Clementino; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins. **Índice de Qualidade da Água pela técnica de estatística multivariada para estimar a deterioração temporal dos mananciais do Estado de Goiás**. Goiânia-GO, 2014;

TOLEDO, Luís Gonzaga de; NICOLELLA, Gilberto. **ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM MICROBACIA SOB USO AGRÍCOLA E URBANO**. Revista Scientia Agrícola, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002;

TUCCI, Carlos E. M.. **Águas urbanas**. In: Estud. av. vol.22 no.63. São Paulo-SP, 2008;

TUCCI, Carlos E. M.. **Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Brasil**. Global Water Partnership (South America). Associação Mundial da Água – SAMTAC. Janeiro, 2004;

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro** / José Galizia Tundisi (coordenador). – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.:

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP**. Eclet. Quím., São Paulo , v. 22, p. 49-66, 1997 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=en&nrm=iso> Acesso em 20 de março de 2017;

VARNIER, C.; HIRATA, R.; ARAVENA, R.. **Uso de isótopos estáveis e gases para avaliação de desnitrificação na zona não-saturada do Aquífero Adamantina (Urânia, SP)**. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Natal, 2008. Anais (CD-ROM). Natal – RN, 2008;

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**. In: Revista da Gestão Costeira Integrada 8(2):259-275 (2008);

VASCONCELOS, Vitor Vieira; HADAD, Renato Moreira; JUNIOR, Paulo Pereira Martins. **ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO - Objetivos e Estratégias de Política Ambiental.** Revista Gaia Scientia 2013, 7(1): 119-132;

VASCONCELOS, Vitor Vieira; HADAD, Renato Moreira; MARTINS JUNIOR, Paulo Pereira. **ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO - Objetivos e Estratégias de Política Ambiental.** In: Gaia Scientia 2013, 7(1): 119-132;

VEIGA, J. E. da.. **Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI.** Livro, 3ª Edição; Garamond, Rio de Janeiro – RJ, 2005;

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos* (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005;

VON SPERLING, Marcos; NETO, Cícero Onofre de Andrade; JÚNIOR, Isaac Volschan; FLORÊNCIO, Lourdinha. **Impacto dos Nutrientes do Esgoto Lançado em Corpos de Água.** In: **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** (ABES) Rio de Janeiro-RJ, 2009;

WELSCH, D. J.; SMART, D. L.; BOYER, J. N.; MINKIN, P.; SMITH, H. C.; MCCANDLESS, T. L. **Forested Wetlands Functions, Benefits, and the Use of Management Practices,** Radnor, 1995, 63 p..

APÊNDICE A – Estatística descritiva do período de coleta 1.

Parâmetro	Pontos	Média	Erro padrão	Mediana	Desvio padrão	Variância da amostra	Curtose	Assimetria	Intervalo	Mínimo	Máximo	Soma	Contagem
Temperatura	T1	28,17	0,46	28,00	1,13	1,27	2,05	0,33	3,50	26,50	30,00	169,00	6,00
	T2	28,53	0,25	28,75	0,61	0,37	0,49	-1,13	1,50	27,50	29,00	171,20	6,00
	T3	29,27	0,31	29,30	0,75	0,57	0,64	-0,88	2,00	28,00	30,00	175,60	6,00
pH	PH1	6,85	0,22	6,88	0,54	0,29	0,13	-0,76	1,46	5,96	7,42	41,07	6,00
	PH2	7,05	0,23	7,24	0,55	0,31	-0,38	-0,99	1,40	6,15	7,55	42,27	6,00
	PH3	7,12	0,22	7,36	0,53	0,28	-1,83	-0,81	1,20	6,41	7,61	42,69	6,00
OD	OD1	3,92	0,51	4,00	1,25	1,56	-2,01	-0,15	2,90	2,40	5,30	23,50	6,00
	OD2	3,38	0,55	3,20	1,34	1,79	0,32	0,84	3,70	1,90	5,60	20,30	6,00
	OD3	4,68	0,42	4,55	1,02	1,04	2,90	1,54	2,77	3,80	6,57	28,07	6,00
DBO	DBO1	20,49	5,80	15,74	14,22	202,18	-1,55	0,55	35,34	3,83	39,17	122,94	6,00
	DBO2	11,30	2,76	11,02	6,75	45,56	0,80	0,88	18,40	4,30	22,70	67,79	6,00
	DBO3	19,42	5,41	23,83	13,25	175,58	-1,10	-0,36	34,93	1,77	36,70	116,53	6,00
Fósforo	P1	1,04	0,16	1,06	0,40	0,16	-2,05	-0,03	1,01	0,54	1,54	6,25	6,00
	P2	0,96	0,12	1,08	0,29	0,08	-1,42	-0,60	0,73	0,57	1,30	5,78	6,00
	P3	0,96	0,16	0,98	0,38	0,15	1,57	0,75	1,14	0,47	1,61	5,75	6,00
Nitrato	N1	2,52	0,67	2,43	1,64	2,70	-1,07	0,36	4,42	0,54	4,95	15,12	6,00
	N2	2,32	0,57	2,34	1,40	1,95	-2,39	-0,15	3,33	0,51	3,84	13,91	6,00
	N3	2,33	0,55	2,35	1,36	1,85	-1,81	-0,28	3,35	0,42	3,77	13,97	6,00
ST	ST1	393,38	43,85	430,50	107,41	11537,14	4,03	-1,92	300,75	185,50	486,25	2360,25	6,00
	ST2	427,17	75,33	435,50	184,53	34051,27	2,08	0,42	572,50	159,50	732,00	2563,00	6,00
	ST3	398,42	55,87	448,25	136,86	18730,54	1,17	-1,22	380,50	160,00	540,50	2390,50	6,00
Turbidez	TD1	14,58	4,74	10,78	11,62	134,98	5,53	2,31	31,70	6,30	38,00	87,45	6,00
	TD2	11,72	4,21	8,58	10,31	106,29	5,49	2,31	27,20	5,30	32,50	70,30	6,00
	TD3	15,03	4,61	10,78	11,28	127,26	5,91	2,42	29,00	9,00	38,00	90,15	6,00

APÊNDICE B – Estatística descritiva do período de coleta (2).

Parâmetros	Pontos	Média	Erro padrão	Mediana	Desvio P.	Variância	Curtose	Assimetria	Intervalo	Mín.	Máx.	Soma	Contagem
Oxigênio Dissolvido	OD1	3,4	0,5	3,2	1,1	1,1	-2,4	0,3	2,5	2,3	4,8	17,2	5,0
	OD2	4,4	1,1	3,8	2,4	5,8	3,6	1,8	5,9	2,6	8,5	21,9	5,0
	OD3	3,8	0,2	3,8	0,4	0,2	2,0	-0,6	1,1	3,2	4,3	19,0	5,0
	OD4	4,8	0,4	4,4	0,9	0,9	0,4	1,2	2,2	4,1	6,3	24,1	5,0
Amônia	AM1	0,9	0,4	0,5	0,8	0,7	3,6	1,8	2,0	0,2	2,3	4,3	5,0
	AM2	1,1	0,4	0,6	1,0	1,0	-2,3	0,7	2,2	0,3	2,5	5,7	5,0
	AM3	1,3	0,6	0,6	1,3	1,8	1,8	1,5	3,2	0,4	3,5	6,7	5,0
	AM4	1,5	1,1	0,4	2,5	6,3	4,9	2,2	5,7	0,3	6,0	7,6	5,0
Nitrito	NI1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	-1,8	-0,5	0,3	0,0	0,3	1,0	5,0
	NI2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	-2,4	-0,2	0,3	0,0	0,4	1,0	5,0
	NI3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	-1,3	-0,6	0,3	0,0	0,4	1,1	5,0
	NI4	0,2	0,0	0,3	0,1	0,0	-2,2	-0,8	0,2	0,1	0,3	1,1	5,0
Nitrato	N1	2,9	0,7	3,4	1,6	2,6	-1,8	0,1	3,7	1,2	5,0	14,3	5,0
	N2	2,5	0,6	2,8	1,2	1,6	-2,9	-0,2	2,7	1,1	3,8	12,7	5,0
	N3	2,4	0,6	2,8	1,4	1,9	-2,8	-0,4	3,0	0,8	3,8	12,1	5,0
	N4	2,2	0,8	1,3	1,7	2,9	-2,9	0,5	3,8	0,5	4,3	11,2	5,0
Clorofila a	CL1	3,1	1,0	2,8	2,1	4,5	0,3	-0,6	5,6	0,0	5,6	15,7	5,0
	CL2	3,4	0,9	3,9	2,1	4,3	2,5	-1,4	5,5	0,0	5,5	17,1	5,0
	CL3	6,9	3,2	6,9	7,0	49,6	-2,5	0,1	15,5	0,0	15,5	34,7	5,0
	CL4	3,0	1,7	1,4	3,9	15,2	1,1	1,3	9,2	0,0	9,2	14,9	5,0
Fósforo Total	PT1	0,9	0,2	0,8	0,6	0,3	3,3	1,6	1,5	0,4	1,9	4,7	5,0
	PT2	1,2	0,3	1,3	0,7	0,4	-1,9	-0,3	1,6	0,4	1,9	6,0	5,0
	PT3	0,9	0,3	0,8	0,6	0,4	2,9	1,6	1,5	0,4	1,9	4,7	5,0
	PT4	0,9	0,2	0,8	0,5	0,2	0,8	1,2	1,1	0,5	1,6	4,5	5,0

(continua)

Parâmetros	Pontos	Média	Erro padrão	Mediana	Desvio P.	Variância	Curtose	Assimetria	Intervalo	Mín.	Máx.	Soma	Contagem
pH	<i>PH1</i>	6,8	0,2	6,6	0,5	0,2	-2,2	0,2	1,1	6,2	7,3	33,8	5,0
	<i>PH2</i>	6,8	0,3	6,6	0,6	0,4	-2,2	0,2	1,5	6,1	7,6	34,0	5,0
	<i>PH3</i>	7,0	0,3	6,9	0,7	0,5	-1,4	0,4	1,8	6,2	8,0	35,1	5,0
	<i>PH4</i>	6,4	0,2	6,4	0,5	0,2	-2,2	-0,1	1,2	5,8	6,9	31,8	5,0
Temperatura	<i>T1</i>	29,3	0,4	29,0	1,0	1,0	-0,8	-0,1	2,5	28,0	30,5	146,5	5,0
	<i>T2</i>	29,0	0,4	29,0	1,0	0,9	-2,9	0,0	2,0	28,0	30,0	145,2	5,0
	<i>T3</i>	29,1	0,4	29,5	1,0	0,9	2,6	-1,5	2,5	27,5	30,0	145,5	5,0
	<i>T4</i>	29,1	0,3	29,0	0,6	0,3	-2,3	0,3	1,3	28,5	29,8	145,3	5,0

APÊNDICE C – Fotografias da foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.



Crescimento excessivo de plantas e macrófitas – Foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.



Assoreamento e eutrofização na foz do
Riacho Maceió, Fortaleza-CE.



Deposição inadequada de resíduos sólidos, foz do Riacho Maceió, Fortaleza-CE.