

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ-
IFPI
CAMPUS TERESINA CENTRAL
DIRETORIA DE ENSINO
DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO, AMBIENTE, SAÚDE E PRODUÇÃO
ALIMENTÍCIA CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO
ENQUADRAMENTO (ICE) EM TRECHOS DOS RIOS POTI E PARNAÍBA
LOCALIZADOS EM TERESINA-PIAUÍ**

TANNA NUNES DO BOMFIM

TERESINA-PI

2019

TANNA NUNES DO BOMFIM

**AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO
ENQUADRAMENTO (ICE) EM TRECHOS DOS RIOS POTI E PARNAÍBA
LOCALIZADOS EM TERESINA-PIAUÍ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal do Piauí como requisito para
obtenção do título de Tecnólogo em Gestão
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Mauro de César Brito

TERESINA-PI

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Bomfim, Tanna Nunes do

B695a Avaliação da aplicabilidade do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) em trechos dos rios Poti e Parnaíba localizados em Teresina-Piauí / Tanna Nunes do Bomfim. - 2019.
29 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2019.

Orientador : Prof. Dr. Mauro de César Brito.

1. Água - Indicadores. 2. Qualidade da água. 3. Recursos hídricos. I.Título.

CDD - 577

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

TERMO DE APROVAÇÃO

TANNA NUNES DO BOMFIM

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE) EM TRECHOS DOS RIOS POTI E PARNAÍBA LOCALIZADOS EM TERESINA-PIAUÍ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal do Piauí como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Data de Aprovação: Teresina-PI, 18 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Dr. Mauro de César Brito
(Orientador – Instituto Federal do Piauí)

Me. Ana Carolina Chaves Fortes
(Avaliador – Instituto Federal do Piauí)

Dr. Érico Gomes Rodrigues
(Avaliador – Instituto Federal do Piauí)

RESUMO

Á água é um bem de domínio público e tem participação fundamental para que haja vida na forma pela qual conhecemos. Entretanto o mau uso desses recursos e as diversas destinações a quais são submetidos os levam a cada dia sofrerem quedas significativas em relação a sua qualidade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido pela CCME- *Canadian Council of Ministers of the Environmental* (2001), em dois trechos dos Rios Poti e Parnaíba, a partir de análises de qualidade de água realizadas pela fundação S.O.S Mata Atlântica. O ICE, de ambos os pontos analisados (Rios Poti e Parnaíba), apresentaram resultado “mediano”, sugerindo que a qualidade da água é geralmente protegida, mas ocasionalmente é ameaçada ou prejudicada. Como consequência, os resultados apontam que se faz necessária a fiscalização dos pontos de lançamento de efluentes nos recursos hídricos de forma mais eficiente, bem como deve-se aumentar o nível de cobertura de esgotamento sanitário, que infelizmente é um dos maiores problemas em relação à qualidade dos corpos d’água em estudo.

Palavras-Chave: indicadores, qualidade da água, recursos hídricos

ABSTRACT

Water is a property of the public domain and has a fundamental role to play in the way we know it. However, the misuse of these resources and the different destinations to which they are subjected cause them to suffer significant falls each day in relation to their quality. The objective of this study was to verify the Framework Conformity Index (ICE), developed by the CCME (Canadian Council of Ministers of the Environmental) (2001), in the analyzes carried out by the SOS Mata Atlântica Foundation in stretches of the Poti and Parnaíba Rivers within the state of Piauí and to identify if these are in agreement with what the Ordinance of the Conama nº 357/2005. The ICE, from both analyzed points (Rios Poti and Parnaíba), presented "median" result. It is recommended that monitoring of water quality should be regular and effective, especially by public environmental agencies. The monitoring of effluent release points in water resources should also be frequent, as well as the level of sanitary sewage coverage, which unfortunately is one of the biggest problems with water quality.

Key words: indicators, water quality, water resource.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 OBSJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1 ÍNDICES E INDICADORES AMBIENTAIS.....	12
3.2 CONSEQUÊNCIAS DO LANÇAMENTO <i>IN NATURA</i> DE ESGOTO NOS MANANCIAS.....	13
3.3 ENQUADRAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	13
3.4 ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO.....	15
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
5. METODOLOGIA.....	22
5.1 COLETA DE DADOS.....	22
5.2 OBTENÇÃO DO ICE E DIAGNÓSTICO DOS RESULTADOS.....	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
6.1 ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO.....	24
6.1.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	24
6.1.2 RESULTADO DO CÁLCULO DO ICE PARA O P02- RIO POTI.....	25
6.1.3 RESULTADO DO CÁLCULO DO ICE PARA O P01- RIO PARNAÍBA.....	27
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Á água é um bem de domínio público e tem participação fundamental para que haja vida na forma pela qual conhecemos. Com isso, é de suma importância avaliar a qualidade de um corpo hídrico, pois a água é indispensável para os seres, mas pode ser altamente prejudicial se não possuir a devida qualidade para o uso a que será destinada, seja para consumo, lazer, navegação, ou qualquer outro uso. Por tal motivo, existem normas a serem seguidas para que haja a preservação dos recursos naturais, em especial os recursos hídricos.

A utilização da água pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins. A qualidade da água é aspecto indispensável, quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. Este uso tem sofrido restrições significativas em função de prejuízos nos rios provenientes das ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o uso humano (Souza et al;.2014).

Entre os usos múltiplos dos corpos hídricos, o lançamento e a diluição de efluentes merecem atenção e acompanhamento adequado por parte dos órgãos gestores, por meio do monitoramento dos efluentes e do impacto na qualidade da água do corpo receptor. A capacidade de diluição de um corpo receptor deve considerar as condições iniciais da qualidade da água e a variação do regime hidrológico, impedindo o lançamento de cargas poluidoras que ultrapassem a sua capacidade de autodepuração (MARÇAL; SILVA, 2017).

Segundo Libanio (2016) o surgimento de índices de qualidade de água se deve à necessidade de informar de forma mais compreensível ao público leigo o estado qualitativo de corpos hídricos a partir de dados e parâmetros de qualidade de água nem sempre palatáveis ao entendimento comum da população.

O índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), por exemplo, desenvolvido pelo *Canadian Council of Ministers of the Environmental* no Canadá, é um método fundamentado na excedência de padrões de qualidade da água previamente definidos, apropriados para o caso brasileiro, pois permite além da avaliação, a inclusão de novas variáveis e padrões de

qualidade de água para os diversos usos hídricos. Sendo de suma importância para o acompanhamento sistemático da situação do enquadramento e consequente planejamento da bacia hidrográfica (AMARO, 2009).

O objetivo do ICE baseia-se na simplificação e concatenação de dados de qualidade de água para o adequado boletim informativo que assessorar tanto os tomadores de decisão e gestores de recursos hídricos, quanto a população leiga que necessita de maiores informações sobre o estado dos mananciais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE em trechos dos Rios Poti e Parnaíba localizados na área urbana da cidade de Teresina - Piauí. Os resultados obtidos podem indicar tanto a condição de conformidade da qualidade da água dos rios avaliados ao enquadramento estabelecido pela legislação, quanto balizar quais agentes antrópicos merecem especial atenção na prevenção da possível queda de qualidade dos corpos hídricos em estudo.

Os dados de qualidade de água foram coletados na plataforma do SOS Mata Atlântica, fundação que investiga sistematicamente a qualidade dos rios avaliados, posteriormente inseridos à marcha de cálculos do ICE e analisados conforme as resoluções CONAMA 357/05 para ajuizar o índice de conformidade ao enquadramento do manancial.

Os resultados desta análise levantarão pontos importantes no que diz respeito a atual realidade do saneamento básico na cidade de Teresina, bem como as consequências deste para a saúde pública e para o meio ambiente. É de suma importância que os mananciais não percam a qualidade em virtude do excesso de poluição e da má administração do saneamento público, para isso uma das ferramentas essenciais é o monitoramento e o controle da qualidade destes cursos d'água, pois somente com o monitoramento é possível detectar possíveis danos que estejam ocorrendo no meio. Além do mais, é de responsabilidade dos gestores garantir que a qualidade dos mananciais esteja em conformidade ao seu enquadramento.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento- ICE representa seus resultados de forma clara e objetiva, com o intuito de levar a todas as pessoas a informação sobre as condições do rio analisado da melhor maneira possível, pois conceitos altamente técnicos nem sempre são acessíveis para todos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicabilidade do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) em trechos dos Rios Poti e Parnaíba localizados na cidade de Teresina-PI.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Calcular e avaliar o ICE resultante para os rios Parnaíba e Poti nos pontos analisados
- Avaliar à luz de valores normativos de resoluções vigentes (CONAMA 357/05), como os parâmetros em desconformidade podem impactar os recursos hídricos estudados e como podem ser mitigados.

3 REFERÊNCIAL TEORICO

3.1 ÍNDICES E INDICADORES AMBIENTAIS

A importância dos indicadores ambientais está associada à sua utilização como um instrumento que a sociedade terá para avaliar seu progresso, sua evolução ou ainda um instrumento de planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais. O conjunto de indicadores ambientais servirá para propiciar um melhor aproveitamento dos recursos naturais e também para indicação de medidas preventivas de degradação ambiental e consequentes prejuízos econômicos para a sua reparação. A informação que liga fatores socioeconômicos e ambientais oferece uma sólida base empírica para construir indicadores de sustentabilidade e, dessa maneira, medir os impactos e avaliar a eficiência sob vários pontos de vista dos processos de desenvolvimento (MATTAR NETO; et al, 2009).

Os indicadores podem fornecer orientações cruciais para a tomada de decisões de várias maneiras. Podendo traduzir o conhecimento das ciências físicas e sociais em unidades gerenciáveis de informação que facilitarão o processo de tomada de decisão. Além disso, ajudam a medir e calibrar o progresso rumo a metas de desenvolvimento sustentável e podem fornecer um aviso antecipado, soando como um alarme a tempo de prevenir danos econômicos, sociais e ambientais. Os indicadores ambientais também são ferramentas importantes para comunicar idéias, pensamentos e valores (CSD, 2001).

Os índices de qualidade não são um instrumento de avaliação de atendimento a 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 que entendidas suas limitação intrínsecas, é de grande valia para a comunicação com o público. Os índices não devem ser supervalorizados, nem se abstrair da avaliação individualizada de cada um de seus componentes, mas, desde que bem empregados, podem ser de grande utilidade (Von Sperling, 2017).

3.2 CONSEQUÊNCIAS DO LANÇAMENTO *IN NATURA* DE ESGOTO NOS MANANCIAIS SUPERFICIAIS

Teresina (capital do estado do Piauí) possui uma situação privilegiada em relação à disponibilidade de recursos hídricos, pois se apresenta margeada por dois rios (Parnaíba e Poti) além de uma quantidade significativa de lagoas e riachos. No entanto, a cidade passa nas últimas décadas (1970-2010) por um intenso processo de urbanização e ascensão industrial, contribuindo com a degradação dos recursos hídricos, principalmente pela falta de planejamento urbano e ambiental (LIMA et al., 2017).

De acordo com Monteiro (2004) a composição do esgoto é de, em média, 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos, em que cerca de 75% desses sólidos são constituídos de matéria orgânica em processo de decomposição. Nesses sólidos proliferam microrganismos, podendo ocorrer organismos patogênicos, dependendo da saúde da população contribuinte. Esses microrganismos são oriundos das fezes humanas. Podem, ainda, ocorrer poluentes tóxicos, em especial fenóis e os chamados “metais pesados”, da mistura com efluentes industriais.

Pimenta et al. (2002) ressalta que o lançamento de efluentes *in natura* nos recursos hídricos resulta além de vários problemas socioambientais, em impactos significativos sobre a vida aquática e o meio ambiente como um todo. Por exemplo, a matéria orgânica presente nos dejetos ao entrar em um sistema aquático, leva a uma grande proliferação de bactérias aeróbicas provocando o consumo de oxigênio dissolvido que pode reduzir a valores muito baixos, ou mesmo extinguir, gerando impactos a vida aquática aeróbica. Têm-se como outros exemplos de impactos a eutrofização, a disseminação de doenças de veiculação hídrica, agravamento do problema de escassez de água de boa qualidade, desequilíbrio ecológico, entre outros. E ainda destaca que para que isso seja evitado é grande importância que haja pleno funcionamento do sistema de coleta e tratamento do esgoto gerado.

3.3 ENQUADRAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina seja este para balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. Para cada um dos usos existe um padrão de qualidade especificado pela legislação. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na resolução do

CONAMA nº 357, procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os seus diferentes usos (SOUZA et al., 2014).

De acordo com a PNRH, o enquadramento dos corpos d'água em classes tem por finalidade assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas (Calmon, 2015).

Quadro 1- Enquadramento dos Rios de acordo com a Resolução do CONAMA Nº357/2005

Classe	Destinação
Classe I	1. abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; 2. Proteção das comunidades aquáticas; 3. Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 4. Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e 5. Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe II	1. Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; 2. Proteção das comunidades aquáticas; 3. Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 4. Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e 5. Aquicultura e à atividade de pesca.
Classe III	1. Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; 2. Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; 3. Pesca amadora; 4. Recreação de contato secundário; e 5. Dessedentação de animais.
Classe IV	1. Navegação; e 2. À harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2005

Quadro-2 Variáveis e limites de qualidade

Parâmetros	Classificação (Conama N°357/2005)			
	Classe- I	Classe- II	Classe- III	Classe- IV
Demanda Bioquímica de Oxigênio- DBO	5 dias a 20°C até 3 mg/L O ₂	DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂	DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O ₂	Não definido
Oxigênio Dissolvido- OD	Não inferior a 6 mg/L O ₂	Não inferior a 5 mg/L	Não inferior a 4 mg/L	superior a 2,0 mg/L
Potencial Hidrogeniônico- Ph	6,0 a 9,0.	6,0 a 9,0.	6,0 a 9,0.	6,0 a 9,0.
Nitrogênio Amoniacal	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L N, para pH > 8,5	Não definido

Fonte: Adaptado de Brasil, 2005

3.4 ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO

O índice desenvolvido pela CCME (2001) é composto por 3 fatores:

Fator 1- Abrangência: Representa o número de variáveis que estão em desconformidade com o enquadramento exigido:

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \quad (1)$$

Fator 2- Frequência: Representa a frequência de valores em não conformidade:

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \right) * \quad (2)$$

Fator 3- Amplitude: Representa o montante pelo qual os objetivos não foram atingidos. A amplitude é mais complexa e é calculada em 3 partes:

- I. O número de vezes em que uma concentração individual é maior que (ou menor que, quando o objetivo é mínimo) ou seja, quando o valor do teste não deve exceder o objetivo:

$$\Delta V = \text{variação} = \left(\frac{\text{Valor testado que falhou}}{\text{Objetivo}} \right) \quad (3)$$

Para os casos em que o valor do teste não deve ser abaixo do objetivo, a equação é representada da seguinte maneira:

$$\Delta V = \text{variação} = \left(\frac{\text{Objetivo}}{\text{Valor testado que falhou}} \right) \quad (4)$$

- II. O montante dos testes individuais que estão fora de conformidade é calculado somando as variações dos testes individuais de seus objetivos e dividindo pelo número total de testes (tanto aqueles que atingiram os objetivos como aqueles que não atingiram). Esta variável, referida como a Soma Normalizada de Variações, ou *snv*, é calculada como:

$$snv = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_i}{\text{Número total de testes}} \quad (5)$$

O Fator 3 é então calculado por uma função assintótica que escala a soma normalizada das excursões dos objetivos (*snv*) para produzir um intervalo entre 0 e 100:

$$F_3 = \left(\frac{snv}{0,01 \times snv + 0,01} \right) \quad (6)$$

O cálculo é realizado da seguinte maneira:

$$CCME.WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (7)$$

O divisor 1.732 é uma variável que normaliza os valores resultantes para um intervalo entre 0 e 100, ou seja, os resultados obtidos não excederão a esse valor.

Uma vez determinado o valor do ICE, o índice de conformidade é definido de acordo com as seguintes categorias:

- 1) **Excelente: (95 - 100)** - Qualidade da água é protegida com uma virtual ausência de ameaça ou impacto. Condições muito próximas aos níveis naturais;
- 2) **Bom: (80 - 94)** - Qualidade da água é protegida apenas com um grau menor de ameaça ou deficiência;
- 3) **Mediano: (65 - 79)** - Qualidade da água geralmente é protegido, mas ocasionalmente é ameaçado ou prejudicado;
- 4) **Marginal: (45 - 64)** - Qualidade da água é frequentemente ameaçada ou prejudicada; e
- 5) **Ruim: (0 - 44)** - A qualidade da água é quase sempre ameaçado ou prejudicado;

Os resultados finais serão representados em tabelas para melhor compreensão.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo é a cidade de Teresina, capital do Piauí, fica localizada no Centro-Norte do Estado, a 366 km do litoral. Com uma história particular, foi a primeira capital brasileira planejada, ainda durante o reinado de D. Pedro II. A cidade possui 1.392 km² de extensão e 830 mil habitantes (PRODATER, 2013).

Em Teresina 97% da população urbana é atendida pelo abastecimento de água que é feita tanto pela captação e tratamento de água de mananciais superficiais, no caso de Teresina o rio, e por captação de água subterrânea através de poços (Gerência de Dados Estatísticos – GEDES, 2016).

O município é banhado por dois grandes rios: o Parnaíba e o Poti, que percorrem, respectivamente, 55,57 km e 53,73 km de sua superfície, sendo que, na zona rural, o total é de 58,81 km. Quanto aos mananciais hídricos subterrâneos, estes são também consideráveis, com excelentes condições de aproveitamento e água em geral de muito boa qualidade (SEMPLAN, 2015).

Teresina se encontra numa situação privilegiada em recursos hídricos, pois está situada na grande bacia do Parnaíba, permanentemente alimentada por águas subterrâneas oriundas de excelentes aquíferos. O rio Parnaíba é perene, pois recebe contribuições de vários afluentes e do lençol subterrâneo em todo o seu percurso. No período chuvoso sua vazão pode chegar a 433 milhões de metros cúbicos de água por dia. O rio Poti, um dos grandes afluentes do Parnaíba, mesmo tendo regime intermitente, no trecho que corta o município de Teresina, permanece com água durante todo o ano. Apresenta uma vazão média anual de 121 metros cúbicos por segundo de volume de água (SEMPLAN, 2015).

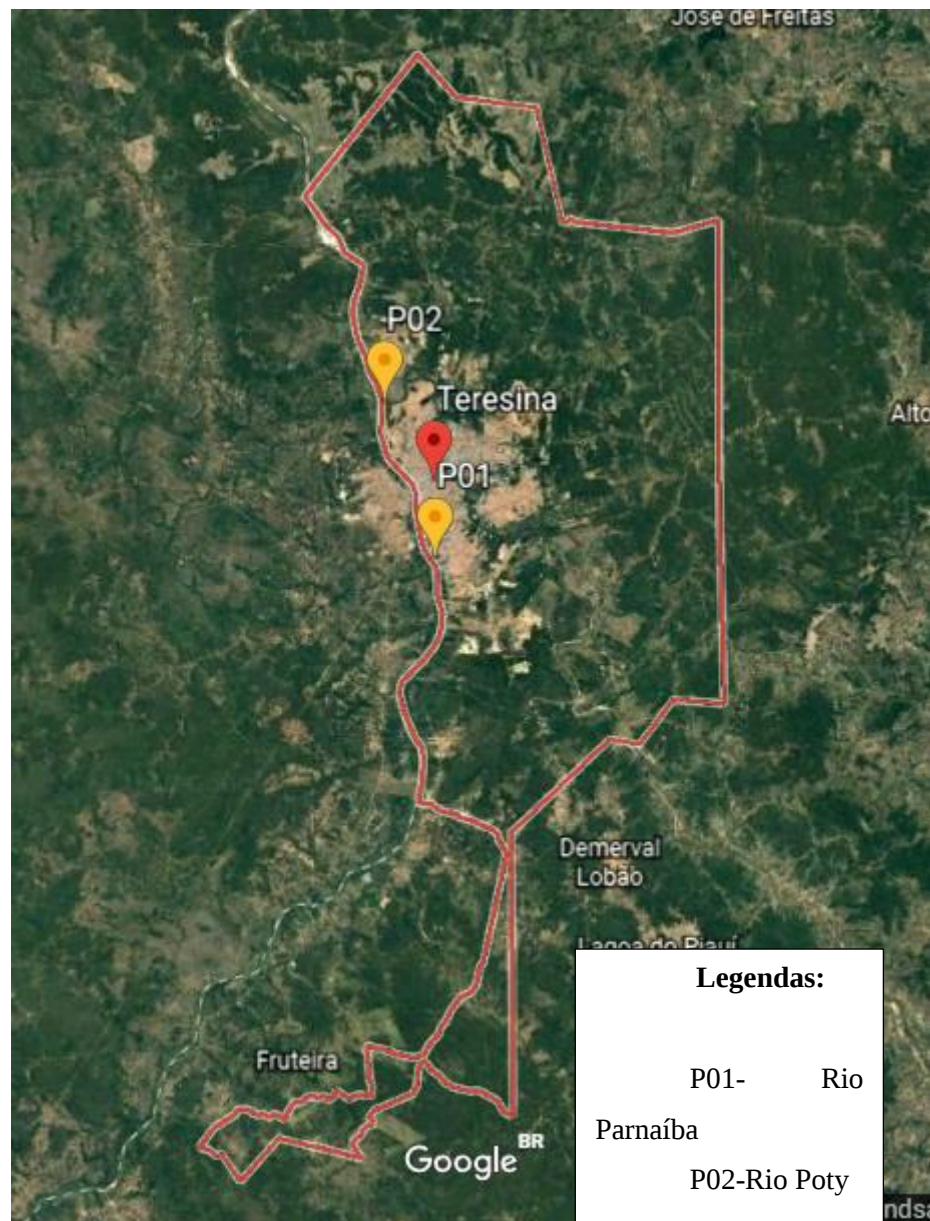
Para realizar o presente estudo foram selecionados dois pontos de análise do Projeto Observando Rios. O primeiro ponto (P01) é de uma amostra coletada no Rio Parnaíba, próximo à Estação de Tratamento de Água da capital. E o segundo ponto (P02) é localizado no Rio Poti, próximo ao encontro dos rios. O site da Fundação S.O.S não disponibiliza as coordenadas dos pontos analisados, apenas o ponto de referência e também a localização em mapa, mas que não é uma localização precisa.

No que concerne o enquadramento dos rios a serem estudados nesse trabalho, têm-se que o estabelecimento de uma classe de qualidade para determinado rio requer o adequado diagnóstico das suas condições físico-químicas e biológicas. Entretanto, dada a precariedade de informações sobre os rios brasileiros, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, estabelece-se que na ausência de maiores informações, estes serão consideradas classe 2, como forma de garantir as condições de qualidades frente aos usos mais exigentes (BRASIL, 2005).

Isso posto, considerou-se os rios Parnaíba e Poti como Classe 2, para fins de averiguação da aplicabilidade do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE).

Com o auxílio do ponto de referência indicado pelo projeto temos a aproximada localização:

Figura 1: Localização aproximada da Área de estudo (P01 e P02)



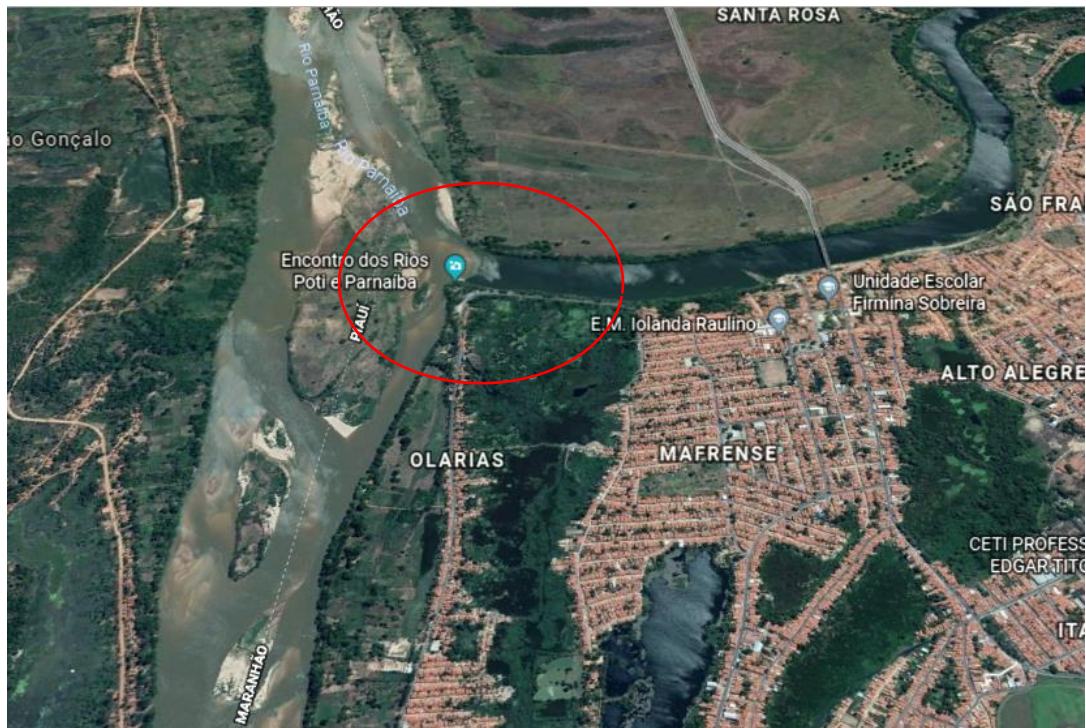
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

Figura 2: Localização aproximada da Área de estudo (P01)- Rio Parnaíba nas proximidades da ETA- SUL



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

Figura 3: Localização aproximada da Área de estudo (P02)- Rio Poti nas proximidades do Encontro dos Rios.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

5 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como experimental, onde será avaliado o Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE, a partir de análises realizadas pelo projeto “Observando Rios” fundação S.O.S Mata Atlântica, com o intuito de avaliar se estas encontram-se dentro dos padrões preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2. A pesquisa é de natureza aplicada e os métodos a serem utilizados são de caráter quali-quantitativos. Todos os cálculos serão realizados por meio de planilhas no Excel.

5.1 COLETA DE DADOS

Os dados foram obtidos através de pesquisa exploratória no site oficial da Fundação S.O.S Mata Atlântica, onde são disponibilizados os relatórios de todas as análises realizadas pelo projeto Observando Rios.

O método do ICE não estabelece os parâmetros a serem necessariamente utilizados na metodologia do cálculo, porém indica que tais parâmetros devem apresentar-se em no mínimo 4 (quatro) variáveis e no mínimo 4 (quatro) ocorrências ou resultados de monitoramento durante o período de análise (SILVA, 2017).

Analizando-se os dados disponíveis na plataforma da fundação SOS Mata Atlântica, somente os pontos de coleta localizados nas proximidades do Encontro dos Rios (P02 – referência para o rio Poti) e nas proximidades da Estação de Tratamento de Água da Zona Sul (P01 – referência para o rio Parnaíba) apresentam os critérios básicos para a escolha de parâmetros para o cálculo do ICE. Assim, foram selecionados 4 parâmetros, sendo eles: DQO, Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal e Potencial Hidrogeniônico (pH).

A DQO foi posteriormente transformada em DBO por ser este o valor referenciado pela Resolução CONAMA 357/2018. Segundo (MARA, 1976) a DBO pode ser obtida como sendo aproximadamente 0,5 (metade) do valor encontrado para a DQO em estudos de esgoto doméstico.

Através de consultas à Resolução N°357-CONAMA foi possível obter os valores permitidos para cada parâmetro analisado em relação ao seu enquadramento e então aplicar o índice.

Os quadros 1 e 2 abaixo apresentam os dados selecionados para os dois pontos em estudo, considerando os critérios básicos de mínimo de variáveis e ocorrências.

QUADRO 1 – Parâmetros de qualidade de água selecionados para o P01 – Rio Parnaíba

Parâmetros	Periodicidade
DQO	01/06/2017 – 25/08/2017 – 24/10/2017 – 20/12/2017 – 09/02/2018 – 24/04/2018
OD	
Nitrogênio	
Amoniacal	
Ph	

QUADRO 2 – Parâmetros de qualidade de água selecionados para o P02 – Rio Poti

Parâmetros	Periodicidade
DQO	25/05/2018 – 21/07/2018 – 28/09/2018 – 17/11/2018
OD	
Nitrogênio	
Amoniacal	
Ph	

5.2 OBTENÇÃO DO ICE E DIAGNÓSTICO DOS RESULTADOS:

Os parâmetros elencados serão inseridos na marcha de cálculo descrita no Item 3.4 desse trabalho de forma e os resultados propostos indicaram as condições de enquadramento em que se encontram os mananciais avaliados pela metodologia descrita.

Posteriormente, parâmetros desconformes serão avaliados separadamente segundo os valores normativos da CONAMA 357/2005, para que haja o entendimento de qual fator antrópico oriundo da bacia hidrográfica pode comprometer a qualidade das águas estudadas.

Por fim, espera-se avaliar se o método do ICE é válido como um indicativo satisfatório das condições dos mananciais estudados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO

6.1.1 Resultados das análises de qualidade de água

No Quadro 3 seguem os resultados das análises elencadas para a realização do ICE no rio Poti, ponto P02.

QUADRO 3 – Resultados das análises P02 (Poti) e valores normativos

Parâmetros	Data	Resultados	VMP CONAMA 357/2005
			(Classe II)
DBO (*)	26/05/2018	0,5 mg/L	5 mg/L
DBO	21/07/2018	1,0 mg/L	5 mg/L
DBO	28/09/2018	0,5 mg/L	5 mg/L
DBO	17/11/2018	0,5 mg/L	5 mg/L
OD (**)	26/05/2018	2 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	21/07/2018	4 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	28/09/2018	2 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	17/11/2018	3 mg/L	≥ 5 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	26/05/2018	2 mg/L	13,3mg/L para pH ≤ 7,5
Nitrogênio Amoniacal	21/07/2018	5 mg/L	5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0
Nitrogênio Amoniacal	28/09/2018	2 mg/L	2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5
Nitrogênio Amoniacal	17/11/2018	4 mg/L	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
pH	26/05/2018	7	6,0 a 9,0
pH	21/07/2018	7	6,0 a 9,0
pH	28/09/2018	7	6,0 a 9,0
pH	17/11/2018	7	6,0 a 9,0

(*) Valor já convertido para DBO segundo informações constantes no Item 5.1 desse trabalho.

(**) Parâmetro desconforme.

A seguir, no Quadro 4, os resultados das análises disponibilizadas pela Fundação SOS Mata Atlântica para o Ponto P01, localizado no rio Parnaíba, e elencadas para a realização do ICE.

QUADRO 4 - Resultados das análises P01 (Parnaíba) e valores normativos

Parâmetros	Data	Resultados	VMP CONAMA 357/2005
			(Classe II)
DBO (*)	01/06/2017	1,0 mg/L	5 mg/L
DBO	25/08/2017	1,5 mg/L	5 mg/L
DBO	24/10/2017	1,0 mg/L	5 mg/L
DBO	20/12/2017	1,0 mg/L	5 mg/L
DBO	09/02/2018	2,5 mg/L	5 mg/L
DBO	24/04/2018	1,5 mg/L	5 mg/L
OD	01/06/2007	6 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	25/08/2017	2 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	24/10/2017	2 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	20/12/2017	2 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	09/02/2018	4 mg/L	≥ 5 mg/L
OD (**)	24/04/2018	3 mg/L	≥ 5 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	01/06/2007	3 mg/L	13,3mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$ 5,6 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 2,2 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$
Nitrogênio Amoniacal	25/08/2017	3 mg/L	
Nitrogênio Amoniacal	24/10/2017	4 mg/L	
Nitrogênio Amoniacal	20/12/2017	3 mg/L	
Nitrogênio Amoniacal	09/02/2018	2,5 mg/L	
Nitrogênio Amoniacal	24/04/2018	4 mg/L	
pH	01/06/2007	7	6,0 a 9,0
pH	25/08/2017	7	6,0 a 9,0
pH	24/10/2017	6,9	6,0 a 9,0
pH	20/12/2017	6,9	6,0 a 9,0
pH	09/02/2018	7	6,0 a 9,0
pH	24/04/2018	7	6,0 a 9,0

(*) Valor já convertido para DBO segundo informações constantes no Item 5.1 desse trabalho.

(**) Parâmetro desconforme.

6.1.2 RESULTADO DO CÁLCULO DO ICE PARA O P2- RIO POTI

O Quadro 5 a seguir sumariza as principais informações para o cálculo do ICE no ponto P01 referente ao rio Poti. O Quadro 6 indica o resultado referenciado pela escala qualitativa do método ICE.

Quadro 5 – Informações para o cálculo do ICE

Ano	Parâmetros Analisados	Testes	Desconformidades	Parâmetros Desconformes	F1	F2	F3	ICE
2018	4	16	4	1	25	25	19,66	76,64

Quadro 6 – Resultado ICE

Ponto Analisado	Rio	Resultado	ICE
P02	Poti	76,64	Mediano

O resultado obtido indica uma condição **Mediana** para o Índice de Conformidade ao Enquadramento no P02 localizado no Rio Poti. Segundo o método, o resultado sugere que para valores variando de 65 a 79, as condições do rio, às vezes afastam-se dos níveis naturais ou desejados ou enquadramento pretendido (Classe II). Este resultado pode facilmente ser corroborado pela não conformidade dos dados de OD (oxigênio dissolvido) que estão abaixo dos valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 em 4 oportunidades avaliadas (Vide Quadro 3).

Segundo Libânio (2016) a concentração de oxigênio dissolvido (OD) é reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de ambientes aquáticos. Valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica, provavelmente esgoto doméstico. Embora a Resolução CONAMA 357/2005 indique valores de conformidade para o OD em torno de 5 mg/L, segundo Von Sperling (2017), com OD em torno de 4 – 5 mg/L os peixes mais exigentes não sobrevivem, e com OD igual a 2 mg/L praticamente todos os peixes não sobrevivem.

Observando-se de forma mais atenta, percebe-se que a qualidade das águas do rio Poti está em desconformidade para o oxigênio dissolvido justamente a partir do fim do período chuvoso (maio/2018) até meados do fim do período mais quente e seco da capital piauiense (novembro/2018).

Pelos dados dispostos e disponíveis para o estudo, fica-se impossibilitado avaliar qual seria o comportamento das águas do rio Poti quando iniciam-se as chuvas na cidade de Teresina. Contudo, é possível admitir que durante o período mais seco, a recarga do rio Poti torna-se menos eficaz, dificultando-se a diluição do excesso de material orgânico que adentra às águas superficiais do manancial por vias clandestinas de disposição de efluentes domésticos não tratados. Tal peculiaridade, de depleção dos níveis de oxigênio dissolvido no rio Poti por aporte de matéria orgânica, foi também observada por Oliveira Filho e Lima Neto (2017) em estudo de modelagem da qualidade das águas no manancial estudado.

Como agravante para a depleção do oxigênio dissolvido observada, têm-se que a baixa velocidade das águas do rio Poti na zona urbana de Teresina, particularmente no período mais quente e seco, dificulta a recuperação de oxigênio do corpo de água. Segundo Silva e Aquino (2015) em seu estudo de qualidade das águas do rio Poti, a baixa velocidade do corpo hídrico é um dos fatores determinantes para o declínio da sua qualidade na faixa que atravessa a capital piauiense.

Isto posto, entende-se que a indicação mediana de não conformidade ao enquadramento, com características de às vezes se afastar do enquadramento pretendido deve ser complementada pela importante informação do parâmetro que foge ao padrão esperado, o OD. O registro deve ser enfatizado devido a sua importância determinante para a sobrevivência do meio e por revelar a existências de contribuições antrópicas na bacia hidrográfica que depreciam a qualidade do manancial analisado.

6.1.3 RESULTADO DO CÁLCULO DO ICE PARA O P01- RIO PARNAÍBA

O Quadro 7 a seguir sumariza as principais informações para o cálculo do ICE no ponto P01 referente ao rio Parnaíba. O Quadro 8 indica o resultado referenciado pela escala qualitativa do método ICE.

Quadro 7 – Informações para o cálculo do ICE

Ano	Parâmetros Analisados	Testes	Desconformidades	Parâmetros Desconformes	F1	F2	F3	ICE
17/18	4	24	4	1	25	16,6	18,4	79,7

Quadro 8 – Resultado ICE

Ponto Analisado	Rio	Resultado	ICE
P01	Parnaíba	79,7	Mediano

O resultado uma condição também mediana para o Índice de Conformidade ao Enquadramento no P01 localizado no Rio Parnaíba. Conforme já abordado anteriormente, no item 6.1.2 desse trabalho, valores variando de 65 a 79 apontam para qualidade da água

geralmente protegida, mas ocasionalmente ameaçada ou prejudicada, afastando-se do enquadramento pretendido (Classe II).

Os dados dispostos, dessa vez, permitem uma análise mais distribuída no ano hidrológico ao observar, por exemplo, meses do ano em que há ocorrências de chuvas na cidade teresinense.

Percebe-se que o OD é mais uma vez, assim como foi para o caso do rio Poti, o parâmetro em que se constata a desconformidade ao enquadramento. Porém, a presença de desconformidade em meses considerados chuvosos da capital piauiense evidencia questões importantes que devem ser abordadas.

Primeiramente, a não conformidade do oxigênio dissolvido em meses chuvosos de grande aporte de recarga ao rio Parnaíba é preocupante. Isso indica que a degradação da bacia hidrográfica no entorno da cidade teresinense, que serve de recarga ao rio, está comprometendo drasticamente as condições naturais do maior manancial de águas superficiais da região.

Certamente, a ausência de esgotamento sanitário com níveis elevados de matéria orgânica e nutrientes sendo despejados no rio Parnaíba a partir de pontos clandestinos de descarga de efluentes, conforme observado por Rocha (2016), indicam que a contaminação por esgotos domésticos no Rio Parnaíba está acontecendo de forma constante e continuada.

Dessa forma, assim como destacado para o rio Poti (item 6.1.2), a indicação de conformidade mediana para o ponto analisado no rio Parnaíba deve vir acompanhada da informação de que OD apresenta níveis preocupantes de concentração, a fim de deixar claro que a vida aquática está comprometida durante todo o ano hidrológico analisado e que o gerenciamento da bacia hidrográfica deve ser realizado de forma corretiva para sanar os impactos apresentados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Através do presente estudo conclui-se que os Índices de Conformidade ao Enquadramento, de ambos os pontos analisados (Rios Poti e Parnaíba), apresentaram resultado “mediano” referente aos padrões definidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, sugerindo que a qualidade da água é geralmente protegida, mas ocasionalmente é ameaçada ou prejudicada.

O OD foi o parâmetro limitante da qualidade das águas observadas e as baixas concentrações observadas indicam que existe um aporte considerável de matéria orgânica sendo lançada nos mananciais, provavelmente por descargas clandestinas de efluentes não tratados.

Os demais parâmetros analisados, DBO, Nitrogênio Amoniacal e pH, conforme visto nos quadros 3 e 4, apresentaram-se dentro dos padrões norteadores da CONAMA 357/2005 para o enquadramento Classe II. Entretanto somente para o rio Parnaíba foi possível ter uma clara percepção do comportamento do manancial ao longo de um ano hidrológico, devido a maior disponibilidade de dados para o estudo.

Nesse ponto, destaca-se a dificuldade de encontrar dados confiáveis ou simplesmente disponíveis para a realização de estudos que informem à população sobre a qualidade dos rios da capital piauiense. Este entrave foi parcialmente resolvido graças aos dados disponibilizados pela Fundação SOS Mata Atlântica, mas a pequena janela de tempo de amostragens ou dados nem sempre consistidos da forma adequada impedem um estudo mais amplo e apurado por parte de gestores e tomadores de decisão em recursos hídricos.

Finalmente, avalia-se que o ICE é uma ferramenta bastante útil para representar, principalmente à comunidade em geral, a qualidade dos nossos rios, mas é de suma importância que os parâmetros sejam avaliados de forma individual para identificar possíveis causas e tentar mitigar qualquer tipo de problema que possa estar afetando a qualidade desses mananciais. Para tanto, o monitoramento da qualidade da água deve ser regular e efetivo, principalmente por parte dos órgãos ambientais públicos. A fiscalização dos pontos de lançamento de efluentes nos recursos hídricos também deve ser frequente, bem como deve-se

aumentar o nível de cobertura de esgotamento sanitário, que infelizmente é um dos maiores problemas em relação à qualidade dos corpos d'água.

REFERÊNCIAS

- AMARO, C.A. **Proposta de um Índice de Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento**. 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- ANA- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 18 ago. 2018
- Calmon, Ana Paula Santos, 1971- C164m **Metodologia para suporte ao processo de enquadramento dos cursos d'água superficiais considerando curvas de permanência de qualidade e processo de autodepuração** / Ana Paula Santos Calmon. – 2015. 207 f.: il.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life**: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório do Índice de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Apêndice D.São Paulo, Brasil. 2017.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2009. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso Janeiro de 2019.
- CSD - Commission on Sustainable Development. **Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies** - Background Paper Nº 3. Division for Sustainable Development, Department of Economic and Social Affairs. 2001.
- EMBRAPA. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**/ Álvaro Vilela de Resende. –Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29p. – (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n.57). 2002.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>>. Acesso em: julho .2017.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4ª ed. Campinas: Editora Átomo, 2016.
- LIMA, Tiago Caminha; VIANA, Albert; NUNES, Hikaro; SOUSA, Sara. Políticas públicas e gerenciamento dos recursos hídricos na cidade de Teresina/PI. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [s.l.], p.335-346, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1804>> Acesso em agosto de 2017.
- MARA, D. D. **Sewage treatment in hot climates**. Dundee, Scotland, Wiley – Interscience. 1976.

MATTAR NETO, Jorge; KRUGER, Cláudio Marchand and DZIEDZIC, Maurício. **Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna**. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2009, vol.14, n.2, pp.205-213. ISSN 1413-4152. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000200008>>. Acesso em 16 de agosto de 2018

MARÇAL, Daniel Araújo; SILVA, Carlos Ernando. **Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI)**. *Eng Sanit Ambient, Brasil*, v. 22, n. 4, p.761-772, ago. 2017.

MONTEIRO, Cleto Augusto Baratta. **Caracterização do Esgotamento Sanitário de Teresina: Eficiência, Restrições e Aspectos Condicionantes**. 2004. 236 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.

OLIVEIRA FILHO, A. A. de and LIMA NETO, I. E. **Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI)**. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2018, vol.23, n.1, pp.3-14. Epub July 06, 2017.

PIMENTA, Handson et al. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **O ESGOTO: A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO E AS OPÇÕES TECNOLÓGICAS**. Curitiba: Enegep, 2002. p. 1 - 8.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. **História de Teresina**. Disponível em: <<http://www.portalpmt.teresina.pi.gov.br/pagina/Teresina/1>>. Acesso em: 01 de março .2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Teresina**. Disponível em: <<http://semplan.35.193.186.134.xip.io/wp-content/uploads/sites/39/2018/04/PRODUTO-FINAL-PMSB-28.03-.pdf>>. Acesso em: 10 de março .2018.

ROCHA, A. I. **Avaliação da qualidade da água no Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI usando os métodos IQA Clássico e Lógica Fuzzy**. Dissertação (Mestrado). Programa regional de pós-graduação e desenvolvimento e meio ambiente. UFPI, Teresina, 2016.

SEMPPLAN-Secretaria Municipal Planejamento. **Caracterização do Município** / prefeitura Municipal de Teresina, 2015.

SILVA, M. T. L. **Adaptação e aplicação do índice de conformidade ao enquadramento (ICE) de cursos d'água**. [manuscrito] / Marcela Teixeira Lopes Silva. 2017.

SILVA, F. R; AQUINO, C. S. **Análise da Qualidade da Água do Rio Poti, entre a Ponte da Primavera e a Ponte Leonel Brizola, Teresina, Piauí**. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v.9, n.1, p. 72-89, 2015.

S.O.S MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios**. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/observando-os-rios/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

SOUZA, Juliana et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Rede - Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p.26-45, jan. 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v.01. 4ed. Minas Gerais: ABES, 2017.