

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
CAMPUS VII – CODÓ
COORDENAÇÃO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS – BIOLOGIA

MARIA DANYELLE VIEIRA LEAL

**ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO ITAPECURU
NA CIDADE DE CODÓ-MA**

CODÓ – MA

2022

MARIA DANYELLE VIEIRA LEAL

**ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO ITAPECURU
NA CIDADE DE CODÓ-MA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como requisito para obtenção do título de Licenciada em Ciências Naturais com especificidade em Biologia.

ORIENTADOR: Professor Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques

CODÓ – MA

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Leal, Maria Danyelle Vieira.

ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO
ITAPECURU NA CIDADE DE CODÓ-MA / Maria Danyelle Vieira
Leal. - 2022.

65 f.

Orientador(a): Paulo Roberto Brasil de Oliveira
Marques.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais -
Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó - MA,
2022.

1. Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru. 2. Parâmetros
físico-químicos. 3. Qualidade da água. I. Marques, Paulo
Roberto Brasil de Oliveira. II. Título.

MARIA DANYELLE VIEIRA LEAL

**ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO ITAPECURU
NA CIDADE DE CODÓ-MA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como
requisito para obtenção do título de Licenciada em
Ciências Naturais com especificidade em Biologia.

ORIENTADOR: Professor Dr. Paulo Roberto Brasil
de Oliveira Marques

Codó – MA, 31 de janeiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques -Orientador
LCN/Bio - Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Alex de Sousa Lima – 1º membro
LCH/His - Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof.^a Dr.^a Clara Virgínia Vieira Carvalho Oliveira Marques – 2º membro
LCN/Bio - Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Dedico este trabalho aos meus pais, como prova do esforço que eles tiveram ao longo da minha jornada acadêmica, aos meus avós, Maria da Conceição e Francisco Fernandes pelo apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela sabedoria e resiliência.

A Universidade Federal do Maranhão pela mediação e construção dos saberes que fundamentam o exercício da minha profissão e que integram minha função para com a sociedade.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão - FAPEMA pelo financiamento que subsidiou a produção deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques, pelos ensinamentos que conduziram a produção deste trabalho e que me guiou neste momento e durante a graduação na construção do meu perfil profissional.

Aos meus pais, Francisca Magna e Antonio Edivan pelo apoio e por serem meu alicerce nessa jornada, pois se não fosse pelo esforço e dedicação diária dos mesmos não teria realizado este grande sonho.

Aos familiares que me apoiaram nessa trajetória, principalmente meus avós, Maria da Conceição e Francisco Fernandes por alimentarem em meu coração o desejo de ser melhor a cada dia.

Aos amigos e colegas, em especial a minha amiga do coração Maria Eduarda, ao qual compartilhei nestes quatro anos de graduação medos, mas também conquistas. Agradeço também aos amigos, Cláudio de Sousa, que foi muito importante para a concretização da parte prática deste trabalho, a José Gerson e Antônio Moisés, com quem compartilhei as experiências do desenvolvimento de nossos trabalhos de conclusão de curso.

E por fim, mas não menos importantes, deixo meus agradecimentos a todas as pessoas envolvidas direta e indiretamente na realização deste trabalho.

“É necessário hidratar a cultura, mudando a percepção sobre a água, reduzir a hidroalienação e tornar a sociedade e os indivíduos hidroconscientes.”

Maurício Andrés Ribeiro

RESUMO

A qualidade dos recursos hídricos está entre os assuntos mais discutidos na atualidade, visto a grande pressão exercida pelo homem sobre este bem finito, que coloca em risco a saúde e o bem-estar de todos. Desse modo, sabendo-se da relevância do rio Itapecuru para o Estado do Maranhão o presente trabalho teve por objetivo analisar as condições da qualidade da água deste rio a partir da avaliação de seis parâmetros físico-químicos de qualidade da água com base na legislação vigente, a fim de estabelecer um diagnóstico inicial desta qualidade. A metodologia seguiu os preceitos da análise quantitativa a partir do monitoramento dos parâmetros pH, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, condutividade e cor aparente, com as análises efetuadas com aparelhos multiparâmetros. Para tais análises foram realizadas três campanhas de coleta de água do rio Itapecuru entre os meses de julho e setembro de 2021, período de transição sazonal na região, em quatro pontos específicos do curso do rio situados na cidade de Codó – MA. Todos os parâmetros apresentaram estabilidade espacial dentro das oscilações da média. Dentre os achados, os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, salinidade e condutividade apresentaram leve queda temporal, já os valores de temperatura sofreram incremento. Os dados de cor apresentaram oscilações. No geral todos os parâmetros apresentaram dados quantitativos dentro do que preconiza a legislação para o tipo de água analisada. Estes dados servirão de base para trabalhos futuros que auxiliem no monitoramento da qualidade da água do rio Itapecuru.

Palavras – chave: Qualidade da água; Parâmetros físico-químicos; Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru.

ABSTRACT

The quality of water resources is among the most discussed issues today, given the great pressure exerted by man on this finite good, which jeopardizes the health and well-being of all. Thus, knowing the relevance of the Itapecuru River to the State of Maranhão, the present work aimed to analyze the water quality conditions of this river from the evaluation of six physico-chemical parameters of water quality based on the current legislation, in order to establish an initial diagnosis of this quality. The methodology followed the precepts of quantitative analysis from the monitoring of parameters pH, dissolved oxygen, temperature, salinity, conductivity and apparent color, with the analyzes carried out with multiparameter devices. For such analyzes, three campaigns were carried out to collect water from the Itapecuru River between July and September 2021, a seasonal transition period in the region, at four specific points of the river course located in the city of Codó - MA. All parameters showed spatial stability within the average oscillations. Among the findings, the pH, dissolved oxygen, salinity and conductivity parameters showed a slight temporal decrease, while the temperature values increased. The color data showed oscillations. In general, all parameters presented quantitative data within what the legislation recommends for the type of water analyzed. These data will serve as a basis for future work to help monitor the water quality of the Itapecuru River.

Keywords: Water quality; Physico-chemical parameters; Itapecuru River Hydrographic Basin.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | Distribuição da água no planeta..... | 18 |
| Figura 2. | Mapa das Bacias e Sistemas Hidrográficos do Estado do Maranhão..... | 23 |
| Figura 3. | Localização espacial da Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru..... | 24 |
| Figura 4. | A) aparelho multiparâmetro AK88; B) aparelho medidor de cor AK530..... | 35 |
| Figura 5. | Pontos de coleta das amostras de água do rio Itapecuru na cidade de Codó-MA..... | 36 |
| Figura 6. | A) Aferição da temperatura do ar; B) Aferição da temperatura da água; C) Coleta da amostra de água; D) Anotação dos dados referentes às medidas de temperatura in loco..... | 38 |
| Figura 7. | A) Bancada laboratorial de realização das medidas ex situ; B) Preparação para início da análise das amostras..... | 39 |
| Figura 8. | Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos quatro pontos de coleta na campanha 1..... | 40 |
| Figura 9. | Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos quatro pontos de coleta na campanha 2..... | 43 |
| Figura 10. | Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos quatro pontos de coleta na campanha 3..... | 45 |
| Figura 11. | Dados comparativos para o parâmetro pH para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru..... | 47 |
| Figura 12. | Dados comparativos para o parâmetro condutividade para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru..... | 48 |
| Figura 13. | Dados comparativos para o parâmetro salinidade para as três campanhas de coleta e análise da água do rio..... | 49 |
| Figura 14. | Dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru..... | 50 |
| Figura 15. | Dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru..... | 51 |
| Figura 16. | Dados comparativos para o parâmetro temperatura da água para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru..... | 52 |

Figura 17. Dados comparativos para o parâmetro temperatura do ar para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru..... 52

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabela 1. | Dados aferidos na primeira campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo..... | 40 |
| Tabela 2. | Dados aferidos na segunda campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo..... | 43 |
| Tabela 3. | Dados aferidos na terceira campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo..... | 45 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------------|---|
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| CNRH | Conselho Nacional de Recursos Hídricos |
| OD | Oxigênio dissolvido |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| PNMA | Política Nacional de Meio Ambiente |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos |
| PNQA | Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas |
| QUALIÁGUA | Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade da Água |
| SINGREH | Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos |
| SISNAMA | Sistema Nacional do Meio Ambiente |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 17 |
| 2.1 | Água e Qualidade de Vida | 17 |
| 2.2 | Distribuição Espacial da Água no Planeta | 18 |
| 2.3 | Águas no Brasil | 20 |
| 2.4 | Águas no Maranhão | 22 |
| 2.5 | Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru..... | 24 |
| 2.6 | Legislação sobre a Água no Brasil | 26 |
| 2.7 | Legislação sobre Água no Estado do Maranhão | 29 |
| 2.8 | Monitoramento: Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade da Água..... | 29 |
| 3 | OBJETIVOS | 34 |
| 3.1 | Objetivo geral..... | 34 |
| 3.2 | Objetivos Específicos..... | 34 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 35 |
| 5 | PONTOS DE COLETA E AMOSTRAGEM | 36 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 40 |
| 6.1 | Campanha 1..... | 40 |
| 6.2 | Campanha 2..... | 43 |
| 6.3 | Campanha 3..... | 45 |
| 6.4 | Comparação entre as Campanhas de Coleta..... | 46 |
| 7 | CONCLUSÃO | 54 |
| 8 | PERSPECTIVA DE CONTINUIDADE OU DESDOBRAMENTO DO TRABALHO | |
| | 55 | |
| | REFERÊNCIAS | 56 |
| | APÊNDICE A – Ficha de coleta usada nas campanhas de coleta e análise de água do rio | |
| | Itapecuru. | 63 |

1 INTRODUÇÃO

A história nos revela de maneira explícita como o homem se desenvolveu em função da água e de sua abundância, dando origem às grandes civilizações que por meio da construção dos sistemas de irrigação tornaram o solo mais produtivo e prosperaram (BRUNI, 1993). Tais civilizações progrediram em sociedades de maior dinamismo como as da atualidade, com necessidades altas a serem supridas que exigem cada dia mais dos recursos hídricos, em especial da água doce, que como consequência vem se tornando escassa e de baixa qualidade, um fator que interfere diretamente no equilíbrio aquático, na saúde, assim como no bem-estar humano, visto sua importância na manutenção da vida e de atividades associadas a ela (TUNDISI, 2008).

O ser humano depende principalmente da água doce encontrada no continente, armazenada em rios, lagos, lagoas e aquíferos subterrâneos, que embora instaure um ciclo para o seu contínuo reabastecimento nesses ambientes sua disponibilidade não é ilimitada, fato esse que se choca com a ideia alimentada durante séculos pela humanidade de que a natureza é uma fonte inesgotável de bens de consumo que pode ser explorada sem limites (SIMÕES, *et al.* 2007; JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

Embora se saiba como este pensamento é retrógrado e conflitante com os ideais do desenvolvimento sustentável difundindo nas últimas décadas, não diminui o fato de como os recursos hídricos foram e são diariamente impactados em prol do progresso humano.

Diferentes atividades antrópicas dentre elas, a agricultura, a indústria, a mineração, o descarte de resíduos humanos, o crescimento demográfico e a urbanização têm ocasionado problemas a qualidade dos recursos hídricos, problemas estes que podem apresentar níveis de consequências ambientais distintas em âmbito local, regional e continental dependendo da intensidade que são realizadas (ANA, 2012).

Logo, o status de desenvolvimento econômico e social é um aspecto relevante a ser considerado quando pensamos sobre as problemáticas ambientais, excepcionalmente na qualidade e quantidade da água (BORDALO, 2012).

Países desenvolvidos apresentam níveis de industrialização e urbanização elevados, o que torna as condições de vida melhores e como reflexo faz crescer a utilização per capita de água a níveis que em breve serão inviáveis (JACOBI; GRANDISOLI, 2017). Nos países emergentes, por outro lado, os processos de urbanização e industrialização enquanto geram desenvolvimento econômico são fontes das principais complicações sociais, que consigo levam

a formação de centros urbanos sem planejamento, com problemas exacerbados, fomentando bases quase que inexaurível de tribulações ambientais (ALMEIDA, 2019).

Neste contexto, Barros e Amin (2008) pontuam que à medida que as condições de crescimento econômico e populacional se torna "prósperas", menos se respeita o ciclo natural da água, e como consequência esta é degradada, confirmando que com o aumento da dinâmica de produção e distribuição também há aceleração da degradação ambiental, que no caso dos recursos hídricos se caracterizam no seu mau uso, fato este observado no cotidiano das sociedades.

No Brasil não é diferente, as péssimas condições sanitárias confirmadas em muitas das bacias hidrográficas consistente e desordenadamente ocupadas, resultam na degradação generalizada dos elementos naturais e obviamente, dos recursos hídricos, reafirmando a importância do status de desenvolvimento, que no caso do país encontra-se em plenitude emergencial (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005).

Faz parte da realidade comum o lançamento de esgotos sanitários não tratados, a disposição inadequada de resíduos sólidos nas mediações de cursos d'água ou em locais sem infraestrutura adequada, isso porque o processo de urbanização não foi acompanhado pelo sistema de serviço de coletas e tratamento dos esgotos domésticos, que com o aumento da industrialização a partir dos anos 70, aumentou a carga de degradação do meio ambiente e consecutivamente dos recursos hídricos, principalmente dos corpos hídricos inseridos em áreas urbanas (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005; ANA, 2012).

Outros desafios enfrentados pelas águas brasileiras de acordo com a Agência Nacional de Águas-ANA (2012), envolvem a poluição industrial, o desmatamento, o manejo inadequado do solo, o uso de fertilizantes e agrotóxicos, a aquicultura, a criação intensiva de animais, a mineração e os acidentes ambientais. Juntos, estes fazem parte dos principais problemas presentes nos ambientes urbanos e rurais que exercem ou são potenciais pressões para a qualidade da água superficial do país.

Nessa conjuntura, o Estado do Maranhão também enfrenta os mesmos problemas, o que reflete significativamente na qualidade dos recursos hídricos desta unidade federativa, que são potencializados pelo crescimento das cidades e pelas atividades econômicas (SOARES, 2016). No caso específico da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, além das complicações decorrentes da sua poluição por esgotos domésticos e por possíveis impactos de resíduos/rejeitos gerados por pequenas fábricas e indústrias que carrega matéria orgânica, fezes e muitas vezes

nitrogênio, fósforo, entre outros compostos que podem afetar a qualidade da água, ainda há a destruição das matas de galeria e assoreamento, que estão presentes em todo o seu curso, sendo agravados nos trechos urbanos (MARTINS, 2019).

Por ser o principal rio dessa bacia, o rio Itapecuru acaba por apresentar todos esses problemas supracitados e na cidade de Codó, local de realização deste estudo e onde o rio passa em seu baixo curso, observa-se intensa descarga de esgotos domésticos não tratados lançados diretamente no mesmo, desmatamento e atividades de dragagem, ações que podem comprometer significativamente a qualidade da água, e conseqüentemente os múltiplos usos empregados as águas da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, dos quais se podem destacar: o abastecimento humano, a recreação, a dessedentação de animais, a agricultura de vazante e a irrigação, bem como o meio ambiente que necessita da qualidade da água integral para o desenvolvimento seguro e sustentável de seus processos naturais (SANTOS, 2010; ALMEIDA, 2019).

Em tais circunstâncias, para que a água de qualidade seja assegurada a todos, é necessário o uso de instrumentos que permitam a verificação e a mensuração dessa qualidade. Uma ferramenta pertinente nesse quesito é o monitoramento, que consiste no acompanhamento da qualidade da água a partir da análise de seus parâmetros físico-químicos e biológicos, que resulta na identificação do possível nível de degradação do corpo hídrico ao longo do tempo (MENEZES, *et al.* 2010).

Esses parâmetros são então aferidos através de concentrações, teores e valores numéricos, sendo regidos e estipulados no território nacional pela resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA em consonância com a finalidade de uso da água (BRASIL, 2005; BRASIL, 2006).

Ocasionalmente, aqui se aplica a relevância e os objetos definidos neste trabalho, visto que o presente estudo tem como premissa central estabelecer um diagnóstico sazonal da qualidade físico-química da água do rio Itapecuru na cidade de Codó-MA a partir da legislação vigente, constituindo bases iniciais de monitoramento local, de modo a contribuir mediante, ações futuras de monitoramento deste rio na área de estudo. A partir disto foram analisados seis parâmetros físico-químicos que incidem sobre a qualidade da água, sendo eles pH, temperatura, oxigênio dissolvido, cor aparente, salinidade e condutividade, em três campanhas de coleta e análise da água do rio supracitado, realizadas durante o período de transição das estações de chuva e estiagem na região dos cocais no ano de 2021.

Cabe ainda ressaltar que o trabalho é fruto do projeto de pesquisa denominado “A água no município de Codó-MA: afluentes do rio Itapecuru como cerne de ações sustentáveis para qualidade de vida local”, desenvolvido por equipe multidisciplinar e fomentado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão-FAPEMA por meio do edital nº 032/2018-CIDADES.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Água e Qualidade de Vida

A água é essencial para a existência da vida no planeta terra, principalmente quando se considera que, segundo teorias, a vida se originou nesta substância. Não há um só ser vivo que não dependa da água para viver, visto que todas as funções orgânicas e até mesmo o próprio corpo se constituem em grande parte por água (BRUNI, 1993).

Pensar sobre a qualidade de vida, exige, portanto, uma percepção apurada sobre a dependência dos seres vivos em relação à água, dado todas as condições que ela propicia para a existência do que chamamos de vida. Nesse sentido, observamos no nosso dia a dia a preocupação constante da sociedade em fazer com que o uso deste recurso seja feito de maneira sustentável, sobretudo porque sua falta ou escassez colocará em risco todo o ecossistema e, conseqüentemente, a vida humana (CAPELLARI; CAPELLARI, 2018).

Por mencionar a vida humana, para além da sobrevivência biológica, o *Homo sapiens* é o ser vivo que mais se beneficia deste recurso, de modo que o emprega no contexto social e econômico em que vive. Antes mesmo de se fixar e dar origem às primeiras civilizações, os primeiros homens em sua qualidade de nômades traçaram suas rotas em consonância com a água, já que dependiam dela para viver (GIACHETTO, 2014).

Desde então, o homem passou a usar a água para as mais diversas finalidades de subsistência, inicialmente em processos agrícolas, fazendo com que as comunidades se consolidassem próximas a rios e outros sistemas hídricos, e que atualmente tomam proporções maiores (ALMEIDA, 2019). Tem-se, pois, bem o uso da água no abastecimento das residências, na higiene, no lazer, na indústria, no comércio, na agricultura, e em todos os setores vinculados ao fornecimento de produtos e serviços. Lembrando ainda o uso e a importância da água na produção da energia elétrica, pelas usinas hidrelétricas, e dos rios e mares como meios de locomoção (BRUNI, 1993; JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

Cabe ressaltar ainda, que a qualidade da água é elemento central de todos os papéis que este recurso desempenha, principalmente no que tange à dignidade humana. Logo, a baixa qualidade das águas torna-se uma ameaça para qualidade de vida, em virtude que ocasiona transtornos à economia, à saúde e ao bem-estar como todo (ANA, 2013; TUNDISI, 2008). Como exemplo, a Organização Mundial da Saúde-OMS (*apud* ANA, 2013), aponta que a cada ano a água insegura ou de baixa qualidade e a falta de saneamento e higiene causam a morte de aproximadamente 1,7 milhão de pessoas em todo o mundo.

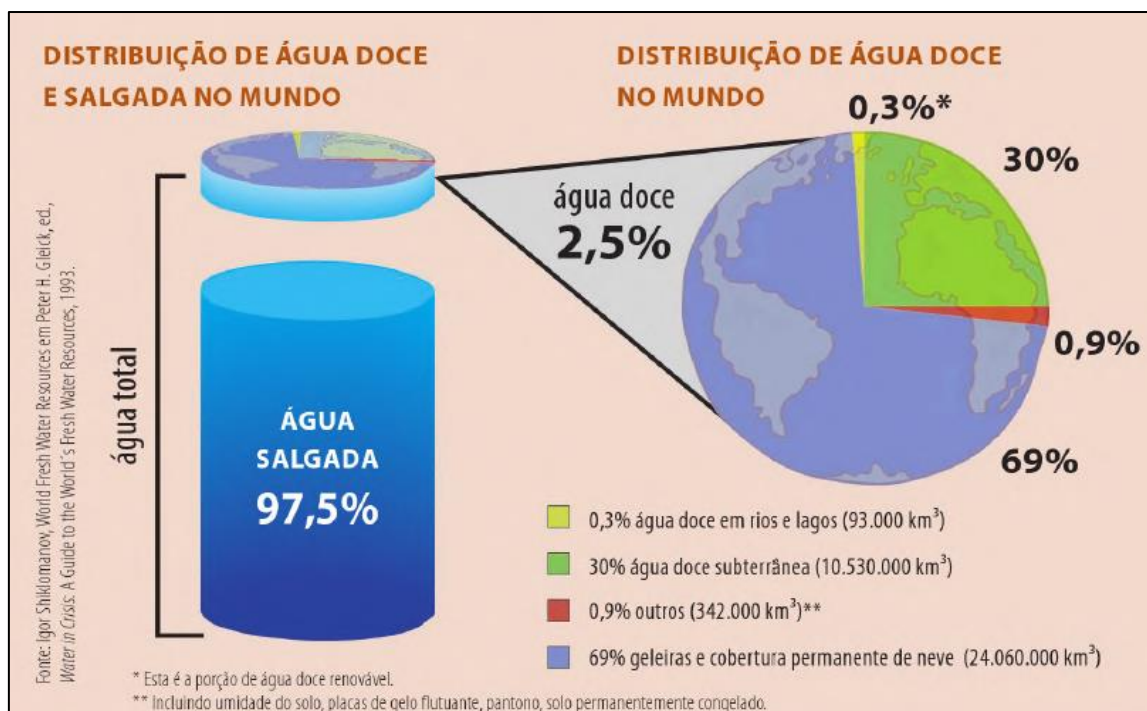
No Brasil cerca de 65% das internações hospitalares, principalmente por crianças, se dá pelo consumo de água não potável (BRANCO, 2008; ALMENDROS, 2018). Sendo assim, para que ofereça condições de vida apropriadas a água deve ser dotada fundamentalmente de boa qualidade.

2.2 Distribuição Espacial da Água no Planeta

A água é o recurso natural de maior abundância do planeta terra, sendo o ciclo hidrológico o responsável pelo movimento das enormes quantidades de água ao redor do mundo, fazendo com que ela se recicle. Contudo, inerente a esse ponto, está a sua distribuição, que é cercada de desigualdades, o que gera muitas discussões a respeito do tema (LIMA, 2001).

Naturalmente, observa-se que a maior porção de água é salgada, ocupando aproximadamente 97,5% da água disponível, e que devido à grande concentração de sal não é potável para consumo, a não ser que seja realizado processo de dessalinização, o que requer alto investimento. Os 2,5% restantes correspondem à água doce, onde 2,38% desta água doce estão armazenadas nas grandes geleiras e 0,42% são encontrados em rios, lagos, aquíferos subterrâneos e na atmosfera, na forma líquida e de vapor (VITORINO, 2007). A Figura 1 apresenta a distribuição percentual de água no planeta.

Figura 1. Distribuição da água no planeta.



Fonte: Ricardo e Campanili, (2008).

A água doce líquida é usada então no abastecimento e nas atividades múltiplas que dependem da água e é sobre elas que os principais problemas e desigualdades incidem, isso porque dá fração considerada doce, somente 1% é passível de ser utilizada pelo homem de forma economicamente viável e sem grandes impactos negativos ao meio ambiente, algo que não se faz presente no modelo econômico atual (GOMES, *et al.* 2008).

As maiores reservas de água doce do planeta estão concentradas nas Américas (41%), seguidas da Ásia (30%), África (10%), Europa (7%), Oceania (5%) e Antártida (5%), nas quais se concentram de maneira desigual nas áreas habitadas, onde cerca de 60% dela é encontrada em nove nações (Estados Unidos, Canadá, Colômbia, Brasil, República Democrática do Congo, Rússia, Índia, China e Indonésia), enquanto as outras passam por estresse hídrico (JACOBI; GRANDISOLI, 2017; GRASSI, 2013). Com relação às regiões do planeta, percebe-se também uma distribuição heterogênea dos recursos hídricos, onde 50% estão nas regiões intertropicais, 48%, nas zonas temperadas, e 2%, nas zonas áridas e semiáridas (GRASSI, 2013).

Arelado a essa distribuição, vê-se também heterogeneidade na distribuição temporal e espacial das precipitações, fator importante para o abastecimento dos mananciais. A precipitação, assim como evapotranspiração, percolação, infiltração e a drenagem constitui um dos principais componentes do ciclo hidrológico, que devido não apresentar características homogêneas influencia na distribuição desigual da água no planeta (TUNDISI, 2003; FERREIRA; SILVA; PINHEIRO, 2008).

Segundo dados geológicos, esse ciclo vem sofrendo alterações naturais ao longo do tempo, especialmente no que se diz respeito aos volumes de água estocados nos reservatórios (oceanos, geleiras, rios, lagos, águas subterrâneas e atmosfera). Apesar de ser uma condição natural, nas últimas décadas, a interferência do homem por meio das inúmeras atividades desenvolvidas no contexto econômico e social, tem afetado substancialmente o ciclo, reconfigurando a distribuição da água no planeta, gerando crises e conflitos em torno desta substância que a cada dia torna-se mais valiosa (PINTO, 2017; FRANÇA; CALLISTO, 2019).

A poluição, o crescimento populacional e as mudanças no clima estão entre os principais fatores que mais agravam a crise hídrica. Só no século passado a população mundial triplicou, o que ocasionou na degradação da qualidade dos corpos hídricos e no aumento da demanda de água para suprimento dos setores de produção agrícola, industrial e vários outros (VITORINO, 2007; JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

Associados a isso, a distribuição da população e a área da bacia de drenagem afetam diretamente a relação entre a utilização da água e as necessidades de uso deste recurso pela população. O continente Asiático, por exemplo, apesar da alta porcentagem de água disponível em relação aos demais continentes, apresenta disponibilidade por pessoa reduzida em função do número de habitantes (a Ásia possui 60% da população mundial). Em contraponto, a Oceania, apesar de possuir reduzida disponibilidade de água em relação aos demais continentes, apresenta baixa densidade populacional (FRANÇA; CALLISTO, 2019). Nessa perspectiva é possível elencar que a alocação da água, assim como da população é um aspecto relevante no suprimento do desenvolvimento humano e inclusive pode ser apontado como limitante.

2.3 Águas no Brasil

O Brasil tem posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos. O país detém um significativo volume de água doce, com uma totalidade de 12% das reservas mundiais e 28% da disponibilidade sul-americana, sendo mais de 73% dela concentrada na região amazônica (LIMA, 2001; VITORINO, 2007).

Tal privilégio, se deve em suma, a influência de uma grande variedade de processos climatológicos que o país sofre e que regulam a distribuição e a disponibilidade da água. Esses processos se dão em virtude da configuração geográfica, altitude, extensão territorial, relevo e dinâmica das massas de ar, que como consequência, faz com que o mesmo receba uma abundância pluviométrica que varia, sobre mais de 90% do território, entre 1,000 e mais de 3,000 mm/ano (REBOLÇAS, 2003; TUNDISI, 2014). Além disso, somado a este fato, o país conta com uma vasta rede de drenagem que nunca seca em grande parte da extensão territorial, condição que contribui para caracterização e reconhecimento da riqueza hídrica que o país possui frente ao mundo (REBOLÇAS, 2003).

Apesar disso, observa-se que o Brasil enfrenta sérios problemas relacionados a má distribuição desse recurso em seu território, isso porque o país apresenta uma distribuição e qualidade de águas cada vez mais preocupantes, principalmente considerando-se as grandes aglomerações urbanas (FRANÇA; CALLISTO, 2019). Essa questão passa a ser marcante quando se pensa que a maior concentração de água (mais de 73%) está abrigada na parte Norte no país, região pouco habitada e desenvolvida industrialmente, enquanto as demais regiões dispõe de uma parcela ínfima de água (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001).

A exemplo, verifica-se a situação da região Nordeste, que apresenta uma distribuição total de cerca de 3% dos recursos hídricos do Brasil e, ao mesmo tempo é a segunda região mais populosa, perdendo apenas para a região Sudeste (BORSOI; TORRES, 1997). O desfavorecimento hídrico dessa região combina taxas de evapotranspiração altas durante todo ano, baixa precipitação, subsolo desfavorável em muitas áreas (água salobra ou formação cristalina) e baixo desenvolvimento econômico-social. A falta de água em grande parte do ano compromete seriamente as condições de vida da população (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000).

Todavia, não só no Nordeste que a população sofre com falta de água, a baixa disponibilidade de água atinge áreas de alta densidade demográfica e intensa atividade industrial das regiões sudeste e sul do país. Associado a isto temos as transformações econômicas e o grau de urbanização sofridos no país, que ocasionou grande pressão sobre o uso da água e de sua qualidade (LIMA, 2001; JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

Em um país onde 80% da população está concentrada nas áreas urbanas é de se esperar que os problemas ambientais, especialmente relacionados à água acontecessem. Entretanto, a proporção tomada é preocupante, dado que as grandes concentrações urbanas brasileiras têm apresentado condições críticas de sustentabilidade devido ao excesso de cargas de poluição doméstica, industrial e uma forte demanda de água. A tendência de redução de disponibilidade hídrica dessas áreas é significativa, sendo possível observar em algumas cidades, como Recife e São Paulo frequentes racionamentos (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000). Nesta perspectiva, Rebouças (2003) pontua:

Num dos países mais ricos em água doce do planeta, as cidades enfrentam crises de abastecimento, das quais não escapam nem mesmo as localizadas na região Norte, onde estão perto de 80% das descargas de água dos rios do Brasil. (REBOUÇAS, 2003, p. 342)

O que nos remete a pensar que nem mesmo a abundância de água pode garantir que todas as necessidades e demandas sejam atendidas, se não existir planejamento e bom gerenciamento dos recursos naturais. Nesta concepção, chama-se atenção a forma como foi pensado o gerenciamento dos recursos hídricos no território nacional, que está ancorado ao conceito de gestão integrada e de bacia hidrográfica como unidade de planejamento (BRASIL, 1997).

Desta forma, para melhor gerenciamento, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH, a partir da Resolução n.º 32 de 2003, estabelece 12 regiões hidrográficas brasileiras

(Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Paraná, Paraguai, Uruguai e Atlântico Sul), sendo divididas por três critérios: características naturais, sociais e econômicas similares (BRASIL, 2003).

As doze regiões hidrográficas representam uma ou mais bacias hidrográficas e são utilizadas para analisar a conjuntura dos seus recursos hídricos, não coincidindo com os limites geopolíticos dos Estados (JACOBI; GRANDISOLI, 2017). Três bacias hidrográficas têm um papel relevante do ponto de vista de disponibilidade de recursos hídricos, reserva estratégica de águas e de economia regional e nacional: a Bacia Amazônica; a bacia do Rio da Prata; e a bacia do Rio São Francisco (TUNDISI, 2014).

2.4 Águas no Maranhão

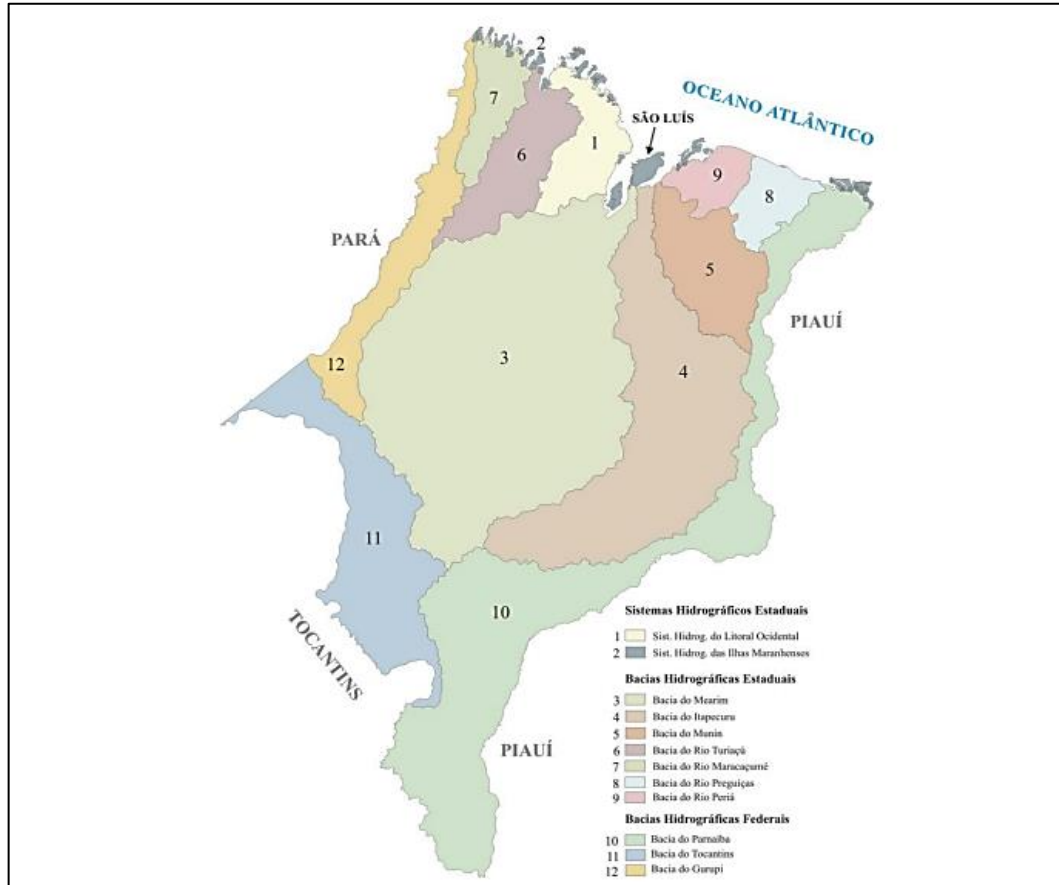
O Maranhão detém um grande potencial hídrico do país, especialmente da região Nordeste (UEMA, 2016). Essa condição decorre devido à influência da Amazônia Oriental, que oferece grande contribuição em umidade para a atmosfera favorecendo a formação das nuvens, elevando os índices pluviométricos (SILVA, *et al.* 2010). Além disso, as bacias hidrográficas e rios do Estado se distinguem dos demais por serem permanentes e manterem expressivo volume de água durante todo o ano, característica importante que permitiu a expansão das fronteiras agrícolas, pecuária e de produção mineral, atribuindo destaque nacional e internacional a unidade federativa (FEITOSA; ALMEIDA, 2002; PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019).

O Estado acolhe três das doze regiões hidrográficas listadas pelo CNRH (Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental e Parnaíba), onde a região hidrográfica, Atlântico Nordeste Ocidental abrange a maior área do Estado, com disponibilidade hídrica superficial de 328,22 m³/s (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019).

Para o cumprimento do que é estabelecido na Política Estadual de Recursos Hídricos, o decreto n.º 34.847/2019 divide a unidade federativa em doze bacias hidrográficas, sendo três de domínio federal (Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins, Bacia Hidrográfica do Rio Gurupi), e sete de domínio estadual (Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças, Bacia Hidrográfica do Rio Peria, Bacia Hidrográfica do Rio Munim, Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu, Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé), sendo também dividido em dois sistemas hidrográficos estaduais (Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental e Sistema Hidrográfico das

Ilhas Maranhenses) (MARANHÃO, 2019). A Figura 2 apresenta um mapa com a distribuição espacial dessas bacias e dos sistemas hidrográficos.

Figura 2. Mapa das Bacias e Sistemas Hidrográficos do Estado do Maranhão.



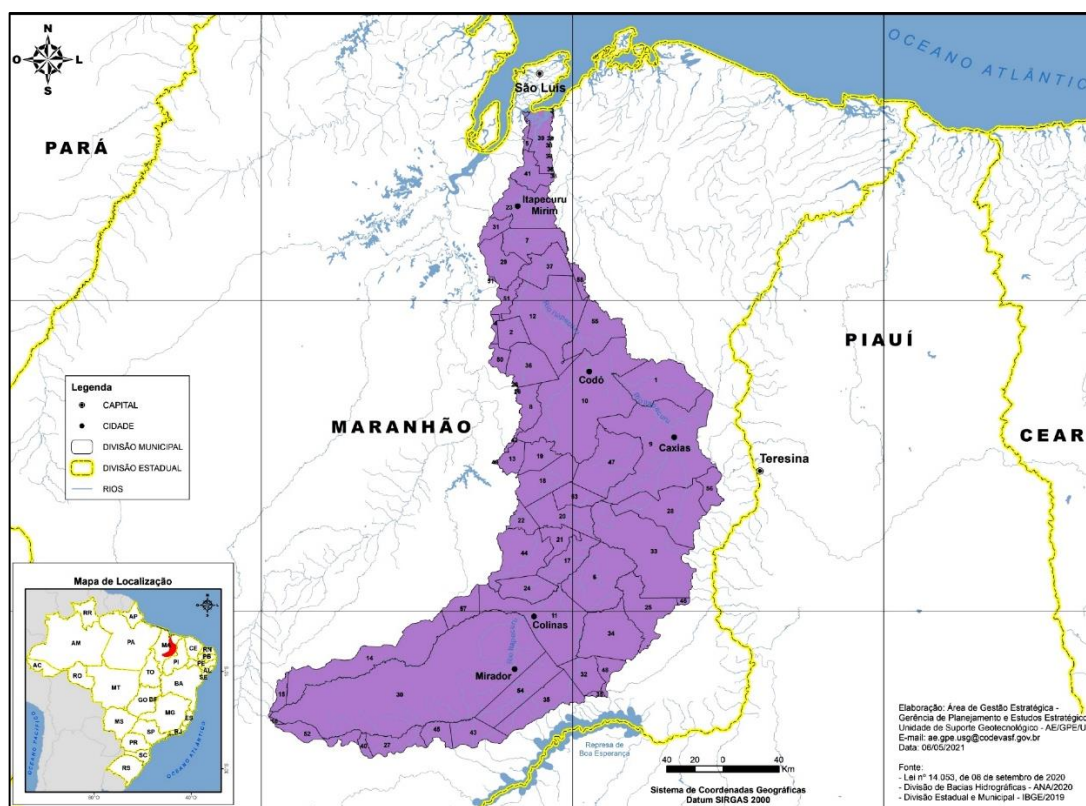
Fonte: Núcleo Geoambiental (UEMA/NUGEO, 2010).

A região hidrográfica, Atlântico Nordeste Ocidental por compreender boa parte territorial do Estado, comporta todas as bacias hidrográficas estaduais, uma das bacias hidrográficas federais (bacia hidrográfica do Gurupi) e os dois sistemas hidrográficos. As bacias hidrográficas maranhenses drenam em torno de 202.203,50 km² (60,90%) da área do Estado, por meio dos rios Mearim, Itapecuru, Munim, Turiaçu, Maracaçumé, Preguiças e Periaí, cuja denominação foi estendida às bacias, considerando ser esses rios os principais cursos d'água das respectivas bacias, enquanto os sistemas hidrográficos correspondem a 4,17% da área total do Maranhão (UEMA, 2016).

2.5 Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru está inserida na região hidrográfica, Atlântico Nordeste Ocidental, que compreende uma área territorial significativa do Estado do Maranhão. É uma das principais bacias estaduais, e seus limites se iniciam e terminam exclusivamente dentro dos limites do Maranhão, ocupando uma extensa área da região central do Estado com superfície total de aproximadamente 52.970 km² (BRASIL, 2006; PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019; SOARES, 2016). A Figura 3 apresenta um mapa que corresponde a localização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru.

Figura 3. Localização espacial da Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru.



Fonte: CODEVASF, 2019.

A bacia situa-se em uma zona de transição dos climas semiáridos do interior do Nordeste para os úmidos equatoriais da Amazônia, o que é refletido nas formações vegetais que transacionam de Cerrado, no sul, para Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, na parte norte (IBGE, 1998).

O rio Itapecuru, principal rio da bacia e que dá nome a mesma, tem denominação de origem indígena, que significa “Caminhos da Pedra Grande” (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019). O rio corta o Estado do Maranhão de sul para o norte em forma de arco, nascendo no

sistema formado pelas serras de Cruzeiras, Itapecuru e Alpercatas, a cerca de 530 m de altitude, percorrendo cerca de 852,71 km, até desaguardo na baía do Arraial, a sudeste da Ilha do Maranhão, por dois braços denominados Tucha e Mojó (BRASIL, 2006).

Partindo de suas nascentes, o rio corre inicialmente na direção oeste-leste até Várzea do Cerco, onde toma rumo norte até a barra do rio Alpercatas. Desse ponto à frente, muda de direção para nordeste, rumo que persiste até encontrar o rio Correntes, quando, subitamente, inflete para noroeste. Nas proximidades da cidade de Caxias assume direção geral noroeste (BRASIL, 2006). Nesse trajeto, até chegar ao seu destino, este é alimentado por diferentes afluentes, sendo então seus principais afluentes da margem direita os rios: Correntes, Pirapemas, Itapecuruzinho e os riachos Seco, do Ouro, Gameleira, Cachimbo e Guariba; e da margem esquerda os rios: Alpercatas, Peritoró, Pucumã, Baixão do Vigia, Baixão da Bandeira, Douradinho, Olho D'água, Codozinho, dos Porcos, e Igarapé Grande, além dos riachos, São Felinha, da Prata e dos Cocos (UEMA, 2016).

A bacia detém de ecossistemas de grande diversidade biológica e de recursos hídricos utilizados para a expansão do agronegócio no âmbito da região de expansão agrícola denominada MATOPIBA e na preservação social e cultural de povos e comunidades tradicionais (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019).

Muitos complexos urbanos e rurais são contemplados pela bacia. Segundo o IBGE (2010 *apud* UEMA, 2016) 57 municípios a integram, dos quais 37 têm suas sedes dentro da bacia e 20 fora dela. O número de habitantes é de 1.019.398 (15,5%) da população maranhense, destes, 640.909 (62,9%) estão na área urbana e 378.489 (37,1%) na zona rural, determinando uma densidade demográfica de 37,1%, equivalente à do Estado.

O desenvolvimento dos municípios inseridos na bacia se configura desde a época colonial, principalmente por causa do rio Itapecuru, que constituiu vias mais acessíveis para o interior do Estado, que como consequência do desenvolvimento econômico dessa região deu origem a cidades importantes em suas margens, como Mirador, Colinas, Codó, Caxias e Rosário, além de outras (FEITOSA; ALMEIDA, 2002).

Observa-se principalmente nas últimas três décadas a ampliação das atividades econômicas nas localidades englobadas pela bacia hidrográfica do rio Itapecuru, que impulsiona o avanço da urbanização das cidades em suas margens, que sem o devido ordenamento territorial e planejamento hídrico, ocasionam a supressão das áreas verdes, redução da biodiversidade, processos erosivos, a ocorrência de inundações e o assoreamento do

rio e de seus afluentes, ampliação das áreas de risco, além da deterioração da qualidade da água que propiciou um estado de degradação em ampla esfera ambiental (SANTOS, 2010; MASULLO, *et al.* 2019).

Em algumas cidades como Codó e Caxias por onde o rio Itapecuru passa em seu baixo curso as principais formas de degradação advém da poluição causada por esgotos domésticos, disposição dos resíduos sólidos, poluição difusa de origem agrícola, eutrofização de lagos, córregos e riachos, desmatamento desordenado, falta de proteção do manancial superficial e subterrâneo, irrigação e extração de areia (VALE, *et al.* 2014; ALMEIDA, 2019).

2.6 Legislação sobre a Água no Brasil

O primeiro marco legal básico referente ao uso da água no país, data de 1934, foi estabelecido pelo Decreto Federal 24.643, o ovacionado Código de Águas. O Código de Águas introduziu os principais conceitos de dominialidade e da relação pública e privada para a água, sendo também considerado o primeiro documento a abordar especificamente a proteção da qualidade da água no Brasil (COSTA; PERIN, 2004; PAGNOCCHESCHI, 2016).

Por se tratar do primeiro documento, o código de Águas estabeleceu a partir de sua modificação por meio do Decreto lei n.º 852, de 11 de novembro de 1938, uma divisão das águas, com base em expressões hoje consideradas equivocadas para sua classificação como, “águas públicas”, “águas comuns” e “águas particulares”, que logo com o advento da Constituição Federal de 1988 tornaram-se impróprias tendo em vista o conceito de propriedade pública inerente às águas (COSTA; PERIN, 2004). A Constituição em seu art. 20, inciso III, determina que:

São bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União incluem-se como bens do Estado. (BRASIL, 1988)

Embora o Código de Águas tenha fundamentado pontos importantes para a administração dos recursos hídricos no Estado maior, o mesmo não foi capaz de incorporar meios para combater o desconforto hídrico, a contaminação das águas e os conflitos de uso, tampouco desencadear uma gestão descentralizada e participativa (LIMA, 2001). Assim, para suprimento das demandas, e que contemplasse todos os aspectos vigentes, foi promulgada a Lei

n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997, lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos-PNRH e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGREH (BRASIL, 1997).

Nesta conjuntura, a Política Nacional de Recursos Hídricos que é implementada pelo SINGREH, desempenha papel fundamental sobre a governança da água e dos recursos hídricos no país, introduzindo pontos importantes acerca de sua gestão, que deve ser pautada na unidade territorial da bacia hidrográfica, sistemática e dissociada dos aspectos de quantidade e qualidade da água e integrada com a gestão ambiental e uso do solo (BRASIL, 1997).

Desta forma, cabe, portanto, ao SINGREH através de seus objetivos, planejar, regular, controlar o uso, a preservação, a recuperação, promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, coordenar a gestão integrada das águas e arbitrar administrativamente os conflitos relacionados a tais recursos (BRASIL, 1997).

Logo, para que isso aconteça, ao SINGREH estão integrados órgãos de diferentes esferas públicas, como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), colegiado consultivo, normativo e deliberativo de instância mais alta na hierarquia do SINGREH, a Agência Nacional de Águas-ANA, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacias Hidrográficas, os órgãos do poder público federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos, e as Agências de Água (BRASIL, 1997; ANA, 2019).

Nesse domínio, compete ao CNRH a elaboração de resoluções, decisões, moções, recomendações e proposições que intervenham sobre os recursos hídricos. Duas ações significativas no âmbito da qualidade da água, pontuados por esse órgão está em atividade por meio das resoluções (ALMEIDA, 2021):

- Resolução CNRH nº 91, de 05 de novembro de 2008 - Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos (BRASIL, 2008).
- Resolução CNRH nº 92, de 05 de novembro de 2008 - Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro (BRASIL, 2008).

Ademais, como o gerenciamento dos recursos hídricos está integrada à gestão ambiental, a água está sujeita às ações da Política Nacional de Meio Ambiente-PNMA e ao

Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, sancionados pela lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. A política tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, e conta com a participação dos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público (BRASIL, 1981).

A exemplo, tem-se o Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, órgão consultivo e deliberativo, que tem por finalidade assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo (Órgão superior do SISNAMA), diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais, assim como deliberar, no âmbito de sua competência, normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1981).

Dessa forma, assim como o CNRH, o regimento interno do CONAMA se dá por meio de resoluções, moções, recomendações e proposições, cada um deles aplicáveis às diferentes atuações do órgão. As resoluções são utilizadas para deliberação vinculada a diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos ambientais. Três resoluções são importantes para as definições de padrões aceitáveis de qualidade de água (ALMEIDA, 2021):

- Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005).
- Resolução CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências (BRASIL, 2008).
- Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 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 (BRASIL, 2011).

2.7 Legislação sobre Água no Estado do Maranhão

Os marcos legais do Estado do Maranhão a respeito da água são compostos primordialmente pela Constituição Federal de 1988 e Constituição do Estado do Maranhão de 1989. Além dessas, legalmente superintendem a Lei Federal nº 9.433/97 mencionada na sessão anterior e a Lei Estadual nº 8.149 de 15 de julho de 2004, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, regulamentados pelo Decreto Estadual 34.847 de 14 de maio de 2019 e geridos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais-SEMA (MARANHÃO, 2019; SANTOS; LEAL, 2013).

Os critérios e princípios estabelecidos na Lei Estadual nº 8.149, ao qual estão dispostos a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos estão em consonância com a Constituição Federal, a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Constituição Estadual e o Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão, instituído pela Lei Estadual nº 5.405/92 que também configura bases legais para a proteção dos recursos hídricos no Estado, como é exposto em seu art. 16, precisamente em seu inciso V e VI, onde aponta a responsabilidade e competência da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais, bem como às entidades a ela vinculadas, conforme as atribuições legais pertinentes, dentre outras coisas (MARANHÃO, 1992):

V - informar a população sobre os níveis de poluição, a qualidade do meio ambiente, as situações de risco de acidentes, a presença de substâncias potencialmente nocivas à saúde, na água potável e nos alimentos, bem como os resultados dos monitoramentos e auditorias a que se refere o inciso IV deste artigo;

XIX - incentivar a pesquisa, o desenvolvimento e a capacitação tecnológica para a resolução dos problemas ambientais e promover a informação sobre essas questões;

2.8 Monitoramento: Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade da Água

O monitoramento ambiental consiste no estudo, na coleta de dados e acompanhamento sistemático da situação de recursos naturais nos meios abiótico e biótico, visando à recuperação, à melhoria ou à manutenção da qualidade ambiental. Neste contexto, a qualidade ambiental está relacionada ao controle de variáveis ambientais que se alteram, seja em função de atividades humanas, seja em função de transformações naturais (FRANÇA; CALLISTO, 2019).

No caso da qualidade da água, sua avaliação acontece por meio das variáveis físicas, químicas e biológicas, também chamados de parâmetros, que são expressas por concentrações,

teores e valores numéricos, que refletem a interação e a associação desses parâmetros entre si e no meio aquático (BRASIL, 2006).

No Brasil, as iniciativas de monitoramento da qualidade das águas superficiais só tiveram início nos anos 70, quando foram implantadas as primeiras redes de monitoramento estaduais. Desde então, as unidades federativas têm adotado diferentes estratégias para o monitoramento da qualidade das águas, sendo responsáveis pela estipulação dos critérios próprios de localização dos pontos de coleta de dados, frequência de amostragem e parâmetros analisados. Situação essa que desencadeia problemas acerca do monitoramento da qualidade da água no Brasil, ainda mais que até o ano de 2012 apenas 17 dos 27 Estados do país realizavam monitoramento de suas águas (ANA, 2012).

O monitoramento da qualidade das águas no Estado do Maranhão só iniciou oficialmente no ano de 2016, quando o Estado aderiu ao Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade da Água-QUALIÁGUA, da Agência Nacional de Águas (MARTINS, 2019).

Além do programa supracitado, a ANA diante da necessidade de ampliar e integrar o monitoramento da qualidade de água do Brasil, lançou em 2010 o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas-PNQA, que tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais do Brasil, de forma a orientar a elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'águas interiores, contribuindo com a gestão sustentável dos recursos hídricos (ANA, 2012).

Na perspectiva da qualidade ambiental, especificamente da água, a análise dos parâmetros físico-químicos fornece subsídios para o conhecimento dos ambientes aquáticos e dos padrões de variação das condições ambientais que interferem sobre qualidade das águas e respectivamente no desenvolvimento da vida e atividades aos quais estão articulados o seu uso (ANA, 2020).

A Temperatura, por exemplo, é um parâmetro físico de qualidade que desempenha papel importante na sinalização de funções biológicas, como desova e migração. Além do mais, este parâmetro afeta a velocidade das reações químicas, e como consequência pode influenciar a solubilidade do oxigênio dissolvido (OD) e de outros materiais na coluna de água. Quanto mais quente a água, menor seu conteúdo de oxigênio, o que prejudica funções metabólicas e condições de saúde (CARR; NEARY, 2008; ANA, 2013).

Esses impactos podem ser especialmente graves a jusante de usinas de geração de energias térmicas e nucleares, fábricas ou unidades industriais, nas quais as águas retornadas aos fluxos podem estar numa temperatura substancialmente mais elevada do que os ecossistemas são capazes de absorver. Fora da intervenção direta do homem, a temperatura da água pode variar sazonalmente com a temperatura do ar (CARR; NEARY, 2008; ANA, 2013).

O oxigênio dissolvido, supracitado, também se trata de um parâmetro frequentemente usado como um indicador da qualidade da água, no qual as altas concentrações desse gás geralmente indicam boa qualidade deste fluido. Como já mencionado os baixos níveis dessa molécula causam transtornos, visto que dentre os gases dissolvidos na água, o mesmo é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo indispensável para as atividades metabólicas dos organismos aeróbicos (CARR; NEARY, 2008).

As principais fontes de tal elemento para a água são a atmosfera e a fotossíntese, por outro lado, suas perdas estão relacionadas ao consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, ferro e manganês (ESTEVES, 1998; CARR; NEARY, 2008).

A solubilidade de OD, como já mencionado, depende da temperatura, mas também depende da pressão atmosférica. Outro fator que pode vir a influenciar também as concentrações de oxigênio dissolvido, é a salinidade, de modo que o oxigênio é baixo em águas altamente salinas e vice-versa (ESTEVES, 1998; CARR; NEARY, 2008).

A salinidade é um outro parâmetro de qualidade da água. Este apresenta importância para a caracterização das massas de água, já que determina diversas propriedades físico-químicas, entre elas a densidade da água, o tipo de fauna, flora e os potenciais usos da água. Os íons sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloro, sulfato e bicarbonato são os maiores contribuintes para a salinidade da água, exercendo um importante papel nos movimentos e na mistura das massas de água, devido ao seu efeito na densidade (ANA, 2020).

Existe uma relação direta da salinidade com a condutividade elétrica, parâmetro físico que é determinado pela quantidade de íons e cátions dissolvidos na água, partículas essas carregadas eletricamente, mostrando assim a capacidade da água de conduzir eletricidade. Ambos os parâmetros tendem a mudar dependendo da recarga do sistema, assim durante os períodos de chuva, a salinidade e a condutividade diminuem conforme a concentração de sais torna-se mais diluída, enquanto em períodos de seca observam-se maiores valores de salinidade

e condutividade. Essas mudanças podem ocorrer ao longo de uma temporada, ou ao longo de muitas décadas (BRASIL, 2006; CARR; NEARY, 2008).

Um outro parâmetro que exerce papel fundamental nos cursos d'água é o potencial hidrogeniônico-pH. O indicador representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+), sendo calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14. Seu valor influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2006).

Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e em consequência, alterações abruptas do pH de uma água podem resultar no desaparecimento dos organismos presentes na mesma. Geralmente, a alteração desta medida pode ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais) (BRASIL, 2006; NASCENTES; COSTA, 2011).

A cor da água é um parâmetro físico de baixa relevância e está normalmente associada aos ácidos húmicos e taninos, originados da decomposição de matéria orgânica. Além disso, pode-se ter cor devido a presença de íons metálicos dissolvidos, plâncton, macrófitas e despejos de esgotos domésticos e industriais (PATERNIANI; PINTO, 2001).

A cor pode ser classificada como verdadeira, quando é devida à matéria dissolvida, e aparente, quando se leva em consideração a presença de materiais em suspensão (turbidez). Na maioria dos casos, observa-se nas águas naturais a cor aparente. Um bom exemplo é a cor marrom das águas que drenam material humificado, havendo inclusive uma correlação positiva entre este tipo de coloração e a concentração de carbono orgânico dissolvido. Colorações azul-esverdeadas, marrons e vermelhas podem ser observadas conforme a densidade populacional de algas e bactérias, podendo ser um indício do fenômeno de eutrofização (KOWATA; RIBEIRO; TELLES, 2000; PATERNIANI; PINTO, 2001).

Cabe ressaltar que, como o emprego da água e de sua qualidade dependem da atividade a qual será destinada, a água que pode ser considerada adequada a determinado uso, pode ser insatisfatória ou não indicada para outra atividade (ALMEIDA, 2021). Neste sentido, o nível exigido para os parâmetros de qualidade da água varia internacionalmente, cabendo a cada entidade federativa estabelecer padrões que regem a qualidade de seus recursos.

No Brasil, compete a resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de 2005 e suas modificações nas resoluções 410 de 2009 e 430 de 2011 estipular os padrões de qualidade da água, definindo os limites aceitáveis dos elementos nos corpos hídricos, de acordo com a finalidade de uso (MERTEN; MINELLA, 2002; PIRATOBA, et al. 2017).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Estabelecer um diagnóstico da qualidade da água no período de transição sazonal através dos parâmetros físico-químicos com base na legislação para subsidiar ações futuras de monitoramento do rio Itapecuru na região de Codó-MA.

3.2 Objetivos Específicos

- Mapear pontos de coleta para a análise de água no rio Itapecuru na região de Codó.
- Efetuar campanhas de coletas de amostras de água no período de transição sazonal na cidade de Codó-MA
- Analisar os parâmetros físico-químicos pH, salinidade, condutividade, cor, temperatura e oxigênio dissolvido.
- Inferir, a partir dos dados, sobre a qualidade da água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para as análises físico-químicas dos parâmetros de pH, condutividade, oxigênio dissolvido e salinidade utilizou-se o aparelho multiparâmetro AK88 e para medidas de cor aparente da água, o medidor AK530, ambos da empresa AKSO. Para a medição da temperatura do ar e da água, utilizou-se um termômetro de vidro com variação de escala entre 0 e 100 °C. O aparelho AK88 é equipado com sondas (eletrodos e termopar) específicas de medidas e soluções de calibração. O aparelho AK530 trabalha com medição a partir de interação com luz ultravioleta e visível (UV-Vis) em comprimentos de onda específicos. A Figura 4 apresenta as imagens dos equipamentos da empresa AKSO utilizados.

Figura 4. A) aparelho multiparâmetro AK88; B) aparelho medidor de cor AK530.



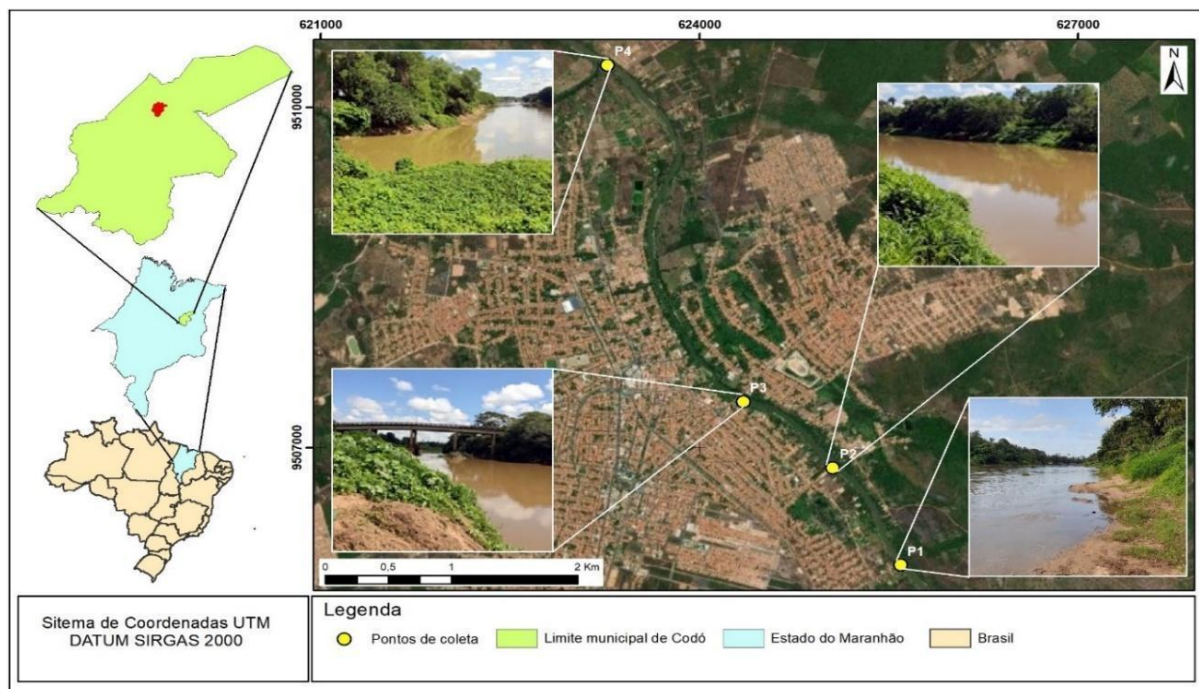
Fonte: AKSO, 2021.

Foram utilizadas vidrarias específicas do tipo béquer (também de teflon), de volumes variados, suporte universal e garras metálicas. Para limpeza da cubeta de vidro do AK530 utilizou-se lenços de papel comercial. Para as coletas foram utilizados frascos de polietileno de 500 ml, na cor branca, com tampa, que foram lavados com detergente líquido, seguida da rinsagem com água destilada e secagem à temperatura ambiente. Utilizou-se uma caixa de isopor com tampa para transporte dos frascos de coleta. Utilizou-se água destilada em sistema destilador simples (laboratório de química-UFMA, Campus VII) para as atividades de lavagem das sondas e vidrarias.

5 PONTOS DE COLETA E AMOSTRAGEM

A determinação dos pontos de coleta foi efetuada com base em um trabalho já realizado pelo grupo de pesquisa ao qual o estudo está vinculado, bem como pelo perfil de possíveis impactos antrópicos sobre as águas do rio Itapecuru (ALMEIDA, 2019). A área definida para o trabalho compreendeu a faixa do rio na região dos Cocais-MA, mais precisamente na cidade de Codó. Foram então definidos quatro pontos de coleta, a partir da geolocalização espacial via plataforma de internet Google Earth, como apresentado na Figura 5.

Figura 5. Pontos de coleta das amostras de água do rio Itapecuru na cidade de Codó-MA.



Fonte: elaborado no ArcGis 10.5 com imagens do basemap Imagery a partir das malhas territoriais do IBGE (2020) e trabalho de campo (2021).

Esses quatro pontos foram definidos numericamente como: 1) montante perimetral urbano; 2) montante perimetral urbano; 3) centro perimetral urbano; 4) jusante perimetral urbano. Os pontos 1 e 2 objetivaram avaliar a qualidade da água a partir da entrada do fluxo do rio na cidade de Codó, com baixa e média interferência da urbanização. O ponto 3 objetivou avaliar a influência da urbanização sobre a qualidade da água, no centro da cidade e por fim o ponto 4, toda a influência da passagem do fluxo da água do rio pela cidade, visto que se localizou em um ponto logo após as áreas urbanas, na saída da cidade de Codó.

Primeiramente foram efetuados treinamentos de forma remota, on-line, síncronos, na plataforma Google Meet, para familiaridade com os equipamentos e medidas. Para tal,

utilizaram-se água de torneira e uma amostra de água do próprio rio Itapecuru como amostra de laboratório bruta.

Aqui cabe ressaltar que as atividades foram efetuadas durante o período da pandemia da COVID-19, período esse em que as instituições estiveram fechadas, com acesso restrito, o que também foi determinado para as dependências dos laboratórios da UFMA no Campus VII, onde a pesquisa foi efetuada. Informa-se que todos os cuidados relativos às indicações de uso de máscara, higienização e distanciamento social foram atendidos.

Após seleção e identificação dos pontos foram definidas três campanhas para coleta das amostras de água para o período de transição entre as estações de estiagem e chuva na região dos cocais, realizadas nos meses de julho, agosto e setembro do ano de 2021, nos quatro pontos específicos do curso do rio situados na cidade de Codó – MA, como já indicados na Figura 5.

Foram preparadas fichas de coleta elaboradas com a finalidade de abrigar de forma segura e apropriada os dados das medidas efetuadas para cada parâmetro, além das condições meteorológicas observadas no dia da atividade de campo e georreferenciamento para cada ponto demarcado no rio (Apêndice A).

As coletas das amostras de água para análise foram realizadas no período da manhã, geralmente entre os horários das 08:30 às 10:00h na margem do rio em estudo. Para cada ponto foram recolhidos 1000 ml de amostra bruta sendo então armazenadas nos frascos de polietileno e estes frascos guardados imediatamente em caixa de isopor.

As medidas de temperatura do ar e da água foram realizadas *in loco* com o auxílio do termômetro de vidro convencional de laboratório nos quatro pontos de coleta. A Figura 6 apresenta imagens de aferição de temperatura, coleta de água e preenchimento de ficha de amostragem.

Figura 6. A) Aferição da temperatura do ar; B) Aferição da temperatura da água; C) Coleta da amostra de água; D) Anotação dos dados referentes às medidas de temperatura in loco.



Fonte: Autoria própria, 2021.

As amostras foram então transportadas para o Laboratório de Química da Universidade Federal do Maranhão-Campus VII, onde foram imediatamente analisadas para aferição dos demais parâmetros físico-químicos.

Para tal análise foi montada uma bancada com os materiais e equipamentos necessários para a verificação dos dados, sendo está sempre organizada um dia antes da atividade da coleta, junto com a calibração dos equipamentos supracitados, com exceção da sonda de oxigênio dissolvido pertencente ao aparelho AK88, visto que a recomendação do fabricante foi de calibração no dia de uso.

A análise de cada parâmetro foi feita no mesmo dia da coleta, iniciando-se sempre pelas medidas do parâmetro oxigênio dissolvido, visto a atividade microbológica que levaria ao consumo do oxigênio da amostra no frasco de polietileno. Os demais parâmetros foram analisados em ordem aleatória.

As medidas foram realizadas em triplicata, sendo usado 50 ml da amostra em cada análise. Após a aferição de cada parâmetro específico, a mostra foi descartada e os materiais de análise (béquer e sonda) lavados com água destilada, para que assim pudesse receber uma nova parcela amostral de água. A Figura 7 apresenta imagens das atividades de análise dos parâmetros físico-químicos em laboratório.

Figura 7. A) Bancada laboratorial de realização das medidas *ex situ*; B) Preparação para início da análise das amostras.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Os dados obtidos na análise *ex situ* foram adicionadas as fichas de coleta em conformidade com seus respectivos pontos, em seguida tabulados em planilha Excel para análises estatísticas da média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação das triplicadas e construção de gráficos e tabelas específicas. Esses dados foram então trabalhados e analisados a partir do comportamento de cada parâmetro por ponto de coleta, por campanha e entre campanhas, sendo comparados com a literatura.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Campanha 1

Os resultados numéricos obtidos para a primeira campanha de coleta e análise da água do rio Itapecuru que ocorreu no mês de julho encontram-se dispostos na Tabela 1, que apresenta os valores dos parâmetros em estudo para cada ponto de coleta, a média aritmética para estes pontos, o desvio padrão e o coeficiente de variação para o sistema de dados da campanha 1. A Figura 8 a seguir apresenta o comportamento espacial para os parâmetros em análise da campanha 1.

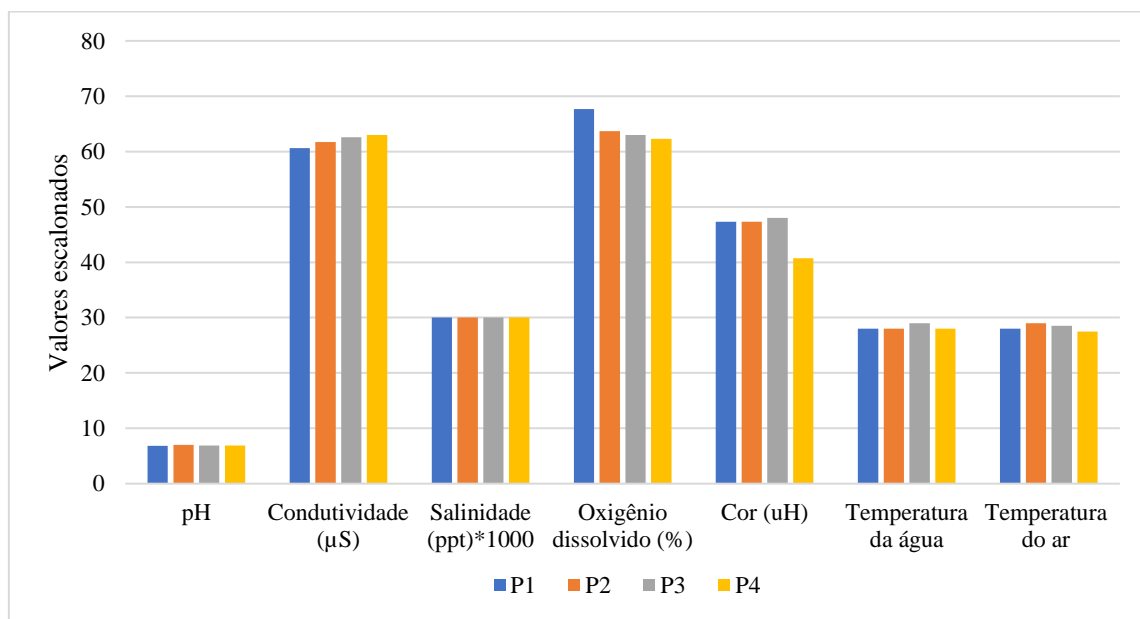
Tabela 1. Dados aferidos na primeira campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo.

| Parâmetro | P1 | P2 | P3 | P4 | Pmédio | Dp | CV/% |
|---------------------------------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| pH | 6,85 | 7,00 | 6,90 | 6,92 | 6,92 | 0,054 | 0,78 |
| Condutividade (μS) | 60,6 | 61,7 | 62,6 | 63,0 | 62,0 | 0,923 | 1,49 |
| Salinidade (ppt) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,000 | 0,00 |
| Oxigênio dissolvido (%) | 67,7 | 63,7 | 63,0 | 62,3 | 64,2 | 2,094 | 3,26 |
| Cor (uH) | 47,3 | 47,3 | 48,0 | 40,7 | 45,8 | 2,973 | 6,49 |
| Temperatura da água | 28,0 | 28,0 | 29,0 | 28,0 | 28,3 | 0,433 | 1,53 |
| Temperatura do ar | 28,0 | 29,0 | 28,5 | 27,5 | 28,3 | 0,559 | 1,98 |

* P = Ponto; Pmédio = média geral do parâmetro; Dp=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 8. Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos quatro pontos de coleta na campanha 1.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir dos dados descritos é possível observar pequenas variações para os valores encontrados para cada ponto em detrimento de um mesmo parâmetro, onde apenas a salinidade manteve-se igual para todos os pontos. A Resolução CONAMA nº 357/05 por meio de suas definições estabelece que as águas doces apresentam teor de sais inferior a 0,5% (BRASIL, 2005).

A concentração de íons hidrogênio no meio, relacionada às medidas de pH, apresentou-se com caráter levemente ácido, bem perto da neutralidade, levando em consideração a média geral da campanha e o desvio ($\text{pH}=6,92\pm 0,054$). Pode-se afirmar que existe uma estabilidade na variação espacial do pH, visto que os valores entre os pontos de coleta estão bem próximos da média, sem oscilações significativas, o que evidencia que a concentração de íons hidrogênios no meio aquático do rio não tem sofrido impactos antrópicos que possam desestabilizar o equilíbrio deste íon, no período da Campanha 1.

Deste modo, levando-se em consideração o enquadramento das águas do Estado do Maranhão em águas doces de classe II a legislação brasileira mediante a resolução CONAMA nº 357/05 estipula pH entre 6,0 e 9,0 para esse tipo de classificação de corpos d'água, logo o valor encontrado para a campanha mantém-se dentro do aceitável (BRASIL, 2005; MARTINS, 2019).

O parâmetro condutividade apresentou uma média de campanha de $62,0\pm 0,923\mu\text{S}$ ($\text{CV}=1,49\%$), com leve tendência para um incremento de valor entre os pontos 1 até o 4, o que pode ter sido ocasionado pelos impactos antrópicos da urbanização da cidade de Codó, principalmente por descargas de esgoto *in natura* direto no leito do rio Itapecuru. Almeida (2019) estudando o rio Itapecuru na cidade de Codó apresentou registros de impactos antrópicos no curso do rio a partir de dragagem, esgotos e poluição, ações que impactam a qualidade da água.

A legislação não faz alusão a este indicador, embora a literatura aponte que águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e ambientes altamente poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (BRASIL, 2006). Baseado nisso, a condutividade elétrica para todos os pontos encontrou-se enquadrada em caráter aceitável.

O oxigênio dissolvido foi analisado para essa primeira campanha de coleta a partir dos valores de porcentagem de saturação e apresentou valor médio por ponto de coletas de $62,4\pm 2,094\%$, com $\text{CV}=3,26\%$. A legislação abrange tal parâmetro em seus critérios de qualidade,

mas apresenta tal dado em mg. l^{-1} , onde o oxigênio disposto no corpo hídrico não deve ser inferior a 5 mg. l^{-1} para águas doces de classe II (BRASIL, 2005).

Observou-se que o valor mais elevado foi denotado para o ponto de coleta 1, a montante da área urbana, indicando maior nível de saturação de oxigênio dissolvido nas águas ainda não impactadas de forma antrópica pela urbanização da cidade.

Novamente considera-se que as cargas de esgotos podem estar influenciando a qualidade das águas do rio Itapecuru, pois quanto maior carga de esgoto, maior o consumo de oxigênio dissolvido para oxidação da matéria orgânica despejada no leito do rio (SILVA, 2016).

O parâmetro cor aparente apresentou média de $45,8 \pm 2,973$ uH, tendo o maior desvio padrão para os dados coletados na campanha ($CV=6,49\%$), evidenciando menor semelhança entre os valores obtidos a partir das medidas aferidas por pontos de coleta. Os valores foram semelhantes para os pontos 1, 2 e 3, tendo uma queda para o valor do ponto 4. Aqui cabe ressaltar que esse ponto apresenta uma característica peculiar que é a confluência com o rio Codozinho, ou seja, recebe águas deste outro rio, o que pode influenciar na coloração das águas para esse ponto de coleta.

A legislação não faz menção sobre a cor aparente, mas indica que a cor verdadeira seja de no máximo 75 mg Pt/L para os corpos hídricos de água doce classe II (BRASIL, 2005). A relação entre as unidades de Hanzen (uH) e mg Pt/L é de 1:1, ou seja, $1\text{uH}=1 \text{ mg Pt/L}$. Logo, os dados aferidos não ultrapassam o estabelecido para esse tipo de cor. As águas naturais apresentam valores entre 0 e 200 uH, assim todos os dados coletados apresentam-se dentro da faixa de cor considerada adequada (BRASIL, 2006).

Ressalta-se que para medidas de cor aparente (com turbidez) deve-se considerar os sólidos em suspensão, (silte, argila, sílica e coloides), enquanto que para a cor verdadeira geralmente considera-se apenas a matéria orgânica (húmus e plânctons) e os metais (geralmente ferro e manganês) dissolvidos.

Os valores de temperatura, tanto do ar, quanto da água, se mantiveram estáveis, tendo média $28,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ambos, com baixos desvios padrão e coeficientes de variação. Cabe ressaltar que à média anual da temperatura do ar registrada para a bacia do Itapecuru é de $25,6 \text{ }^\circ\text{C}$, onde a cidade de Codó possui menores registros na faixa de $21,1^\circ\text{C}$ e $21,2^\circ\text{C}$ (UEMA, 2016).

No geral, pode-se observar pequenas variações nos valores encontrados para os parâmetros em estudo nessa campanha 1, mas estes estão bem próximos da média e dentro dos intervalos

numéricos preconizados pela legislação vigente e pelo que se tem encontrado para águas naturais continentais.

6.2 Campanha 2

A Tabela 2 que segue apresenta os dados numéricos para os parâmetros em estudo analisados na campanha 2 que aconteceu no mês de agosto. A Figura 9 a seguir apresenta um gráfico para o comportamento espacial dos parâmetros por pontos de coleta.

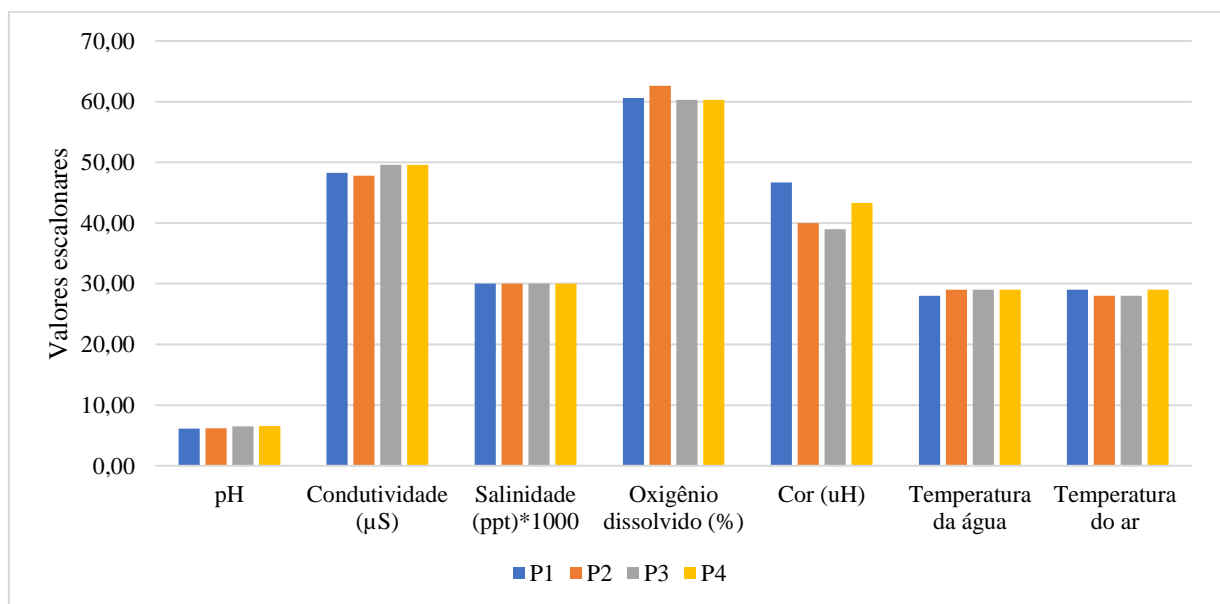
Tabela 2. Dados aferidos na segunda campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo.

| Parâmetros | P1 | P2 | P3 | P4 | Pmédio | Dp | CV/% |
|---------------------------------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| pH | 6,10 | 6,19 | 6,47 | 6,53 | 6,32 | 0,182 | 2,87 |
| Condutividade (μS) | 48,3 | 47,8 | 49,6 | 49,6 | 48,8 | 0,795 | 1,63 |
| Salinidade (ppt) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,000 | 0,00 |
| Oxigênio dissolvido (%) | 60,6 | 62,6 | 60,3 | 60,3 | 61,0 | 0,960 | 1,58 |
| Cor (uH) | 46,7 | 40,0 | 39,0 | 43,3 | 42,3 | 3,022 | 7,15 |
| Temperatura da água | 28,0 | 29,0 | 29,0 | 29,0 | 28,8 | 0,433 | 1,51 |
| Temperatura do ar | 29,0 | 28,0 | 28,0 | 29,0 | 28,5 | 0,500 | 1,75 |

* P = Ponto; Pmédio = média geral do parâmetro; Dp=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 9. Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos quatro pontos de coleta na campanha 2.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Pode-se observar que o pH apresentou valor médio de $6,32 \pm 0,182$, o que atribui um caráter levemente ácido às amostras analisadas. O valor obtido não variou muito com relação aos pontos, visto que o coeficiente de variação foi de 2,87%, colocando os dados dentro do padrão disposto para o potencial hidrogeniônico na legislação brasileira (BRASIL, 2005).

A condutividade elétrica registrou valor médio para a campanha de $48,8 \pm 0,795 \mu\text{S}$, com baixo coeficiente de variação ($CV=1,63\%$) e valores bem similares para a média das triplicatas para cada ponto de coleta, enquanto a salinidade manteve-se constante em todos os pontos de estudo, com o teor de soluto em nível característico de água doce mediante os parâmetros legais de classificação das águas (BRASIL, 2005).

O parâmetro oxigênio dissolvido se apresentou bem estável, com valor médio de saturação de $61,0 \pm 0,96\%$. Merece destaque o ponto 2, que ainda representa uma área de baixa urbanização, visto que os pontos seguintes apresentam leve diminuição na saturação. O parâmetro cor, apresenta o maior desvio padrão da campanha e $CV=7,15\%$, com valor médio de $42,3 \pm 3,022 \text{ uH}$, o que evidencia uma significativa variação entre os dados encontrados, possivelmente pelas influências antrópicas.

As temperaturas da água, por outro lado, apresentaram constância para as medidas na água a partir do segundo ponto de coleta, enquanto a temperatura do ar apresentou igualdade de temperatura para o segundo e terceiro ponto de coleta, diferenciando dos demais pontos, que dispunha de 1°C a mais que os pontos supracitados.

A campanha 2 apresentou dados de monitoramento com médias bem representativas e pouca variação de sinal na distribuição espacial dos pontos para todos os parâmetros, comportamento este parecido com o da campanha 1.

6.3 Campanha 3

Os dados identificados para a terceira campanha de coleta e análise da água do rio Itapecuru que foi realizada no mês de setembro foram comportados na Tabela 3 que segue. A Figura 10 a seguir apresenta a variação dos parâmetros em conformidade com os pontos de coleta, denotando a alta e baixa dos valores descritos na Tabela 3.

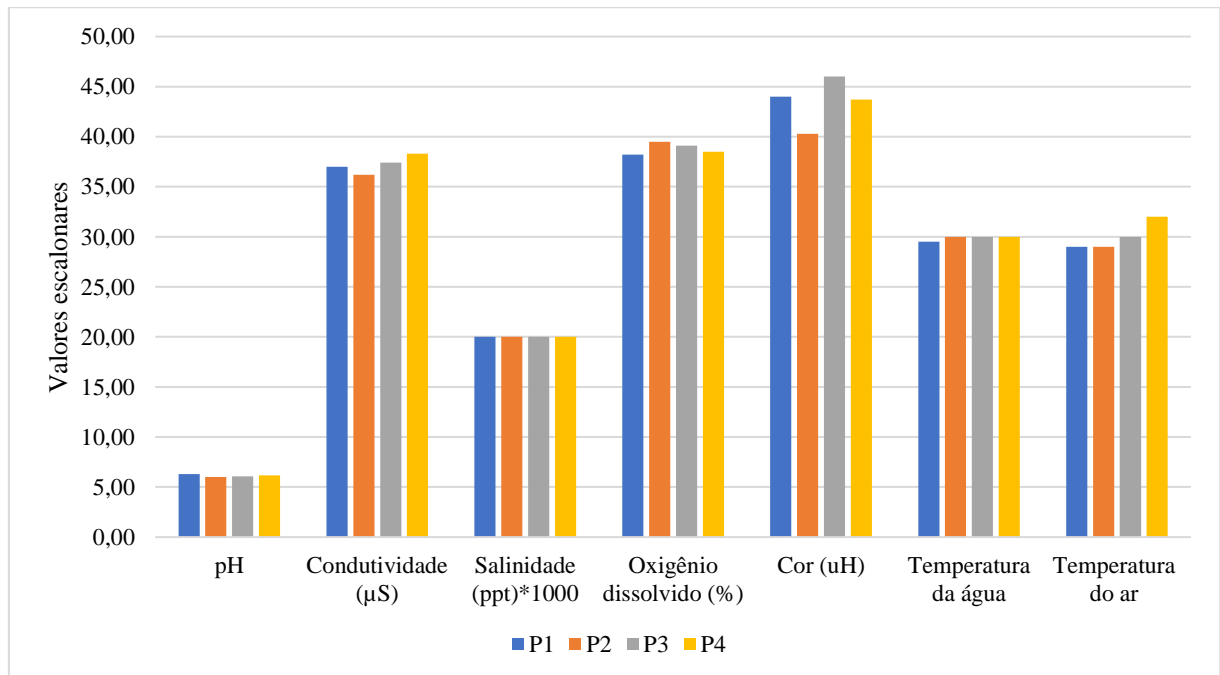
Tabela 3. Dados aferidos na terceira campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo.

| Parâmetros | P1 | P2 | P3 | P4 | Pmédio | Dp | CV |
|-------------------------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| pH | 6,28 | 6,02 | 6,08 | 6,17 | 6,14 | 0,098 | 1,60 |
| Condutividade (µS) | 37,0 | 36,2 | 37,4 | 38,3 | 37,2 | 0,756 | 2,03 |
| Salinidade (ppt)*1000 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,000 | 0,00 |
| Oxigênio dissolvido (%) | 38,2 | 39,5 | 39,1 | 38,5 | 38,8 | 0,507 | 1,31 |
| Cor (uH) | 44 | 40,3 | 46,0 | 43,7 | 43,5 | 2,048 | 4,71 |
| Temperatura da água | 29,5 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 29,8 | 0,217 | 0,73 |
| Temperatura do ar | 29,0 | 29,0 | 30,0 | 32,0 | 29,3 | 1,225 | 4,18 |

*P = Ponto; Pmédio = média geral do parâmetro; Dp=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 10. Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos quatro pontos de coleta na campanha 3.



Fonte: Autoria própria, 2021.

As informações transparecem o caráter ácido das amostras mediante aos valores de pH, onde a média da campanha foi de $6,14 \pm 0,098$ ($CV=1,60\%$). Por intermédio do que é apontado pela legislação, os dados se mantêm em adesão aos padrões estipulados pela Resolução CONAMA 357/05 para o potencial hidrogeniônico (BRASIL, 2005).

A condutividade apresentou dados com valor médio de $37,2 \pm 0,756$ μS , com leve desvio da média. Observou-se uma tendência a valores mais elevados para os pontos mais impactados pela urbanização.

A salinidade novamente estabelece valores equalitários para todos os pontos, atribuindo as amostras a classificação de águas do tipo doce, visto o percentual da concentração de soluto que não ultrapassa a porcentagem exigida pela resolução CONAMA 357 de 0,5% para o enquadramento nessa tipagem (BRASIL, 2005).

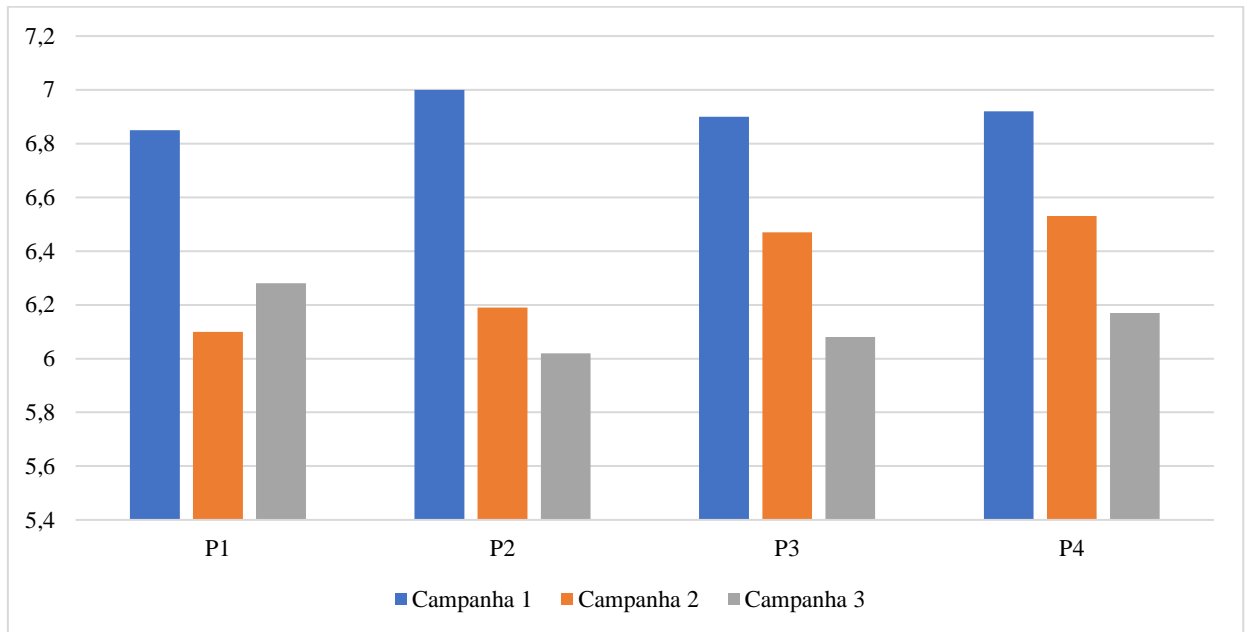
O oxigênio dissolvido apresentou média geral para a campanha de $38,8 \pm 0,507\%$, com baixo CV (1,31%), onde o maior valor obtido para as triplicatas foi aferido no P2. A cor delibera o maior desvio padrão da campanha, configurando a maior variação entre os dados apresentados, registrando valor médio de $43,5 \pm 2,048$ uH.

A temperatura da água apresentou comportamento com tendência ao crescimento entre os pontos 1 e 4. A temperatura do ar manteve a característica de crescimento, apresentando valores iguais para os primeiros pontos, com pequena variação de temperatura para os seguintes. Esse parâmetro apresentou o segundo desvio padrão mais alto da campanha de coleta 3.

6.4 Comparação entre as Campanhas de Coleta

Após a efetuação da análise isolada dos dados obtidos para as campanhas de coleta de água do rio Itapecuru, os mesmos foram comparados entre si. A partir dessa comparação foi possível observar o comportamento exercido pelos parâmetros nos meses ao qual se deu a execução do trabalho, bem como com relação a sua distribuição espacial ao longo do curso do rio na cidade. A Figura 11 apresenta o comportamento do parâmetro pH entre os pontos de coleta, para as três campanhas.

Figura 11. Dados comparativos para o parâmetro pH para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



Fonte: Autoria própria, 2021.

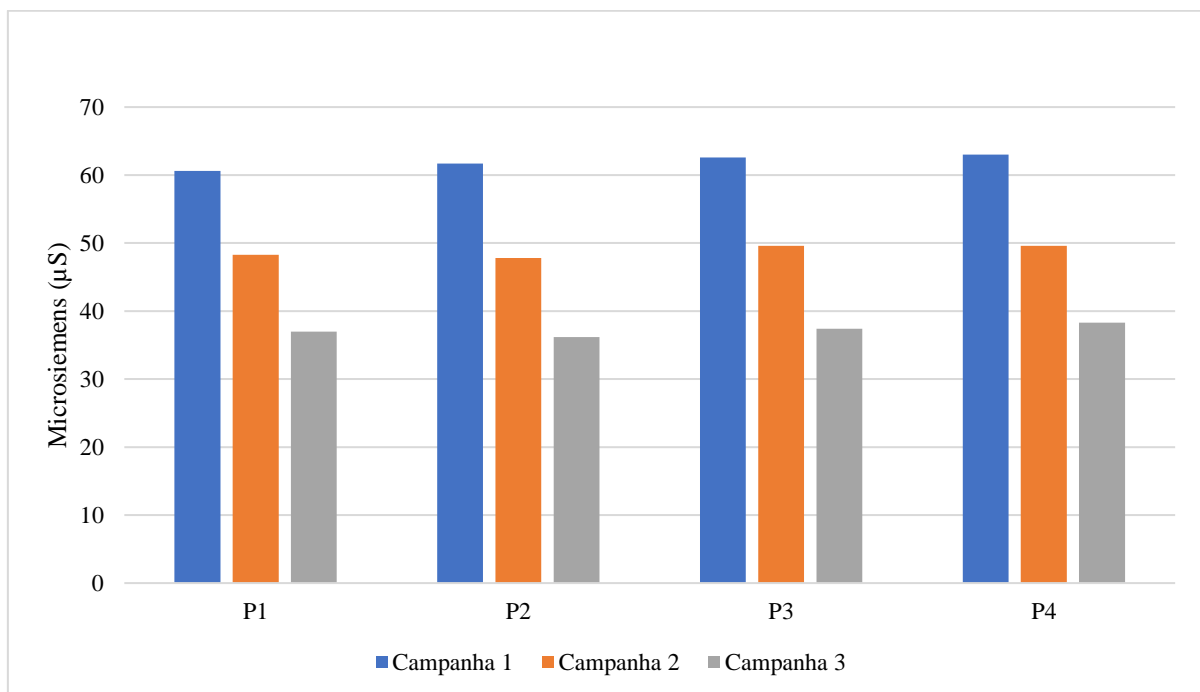
Os valores mais aproximados da neutralidade na escala de pH foram encontrados na primeira campanha de coleta, que corresponde ao mês de julho/2021, período que ocorre a diminuição significativa das chuvas na cidade de Codó, porém, ainda sob a influência final desse período. As demais campanhas apresentam um incremento na acidez quando comparado com a primeira campanha, porém, os valores para as três campanhas se encontraram todos entre 6 e 7, estando em conformidade com a legislação vigente.

A variação sofrida pelo pH pode ser decorrente da variação natural deste parâmetro, em detrimento da dissolução de matéria orgânica, diminuição do volume de água do rio, por conta do período de transição para o período de estiagem e oscilações de radiação solar (atividade fotossintética), mas também deve ser considerada a influência do despejo de esgoto *in natura* no rio (LOPES; MAGALHÃES JUNIOR, 2010).

Em estudo realizado por Almeida (2019) no rio Itapecuru no ano de 2019, na mesma área de estudo deste trabalho, os valores encontrados para o pH não sofreram alterações, mantendo-se em 6,0 para os pontos analisados, o que corrobora com os dados desta pesquisa, que embora mantenham-se na faixa de 6,0, sofrem pequenas variações para os quatro pontos de coleta das amostras e nas campanhas.

A partir da Figura 12 é possível observar que a condutividade elétrica apresentou variação dos dados coletados entre as campanhas, com diminuição de valores a cada campanha. Segundo Esteves (1998), quanto maior a quantidade de sais dissolvidos em água, maior será a condutividade, deste modo o comportamento de redução desse parâmetro entre as campanhas pode estar relacionado a redução da concentração da salinidade, fato este comprovado e observado na Figura 13 que apresenta a atividade da salinidade no período de realização do presente estudo. Deve-se considerar também a influência que a condutividade tem do pH e da temperatura, que determina a atividade iônica das reações químicas (MARTINS, 2019).

Figura 12. Dados comparativos para o parâmetro condutividade para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



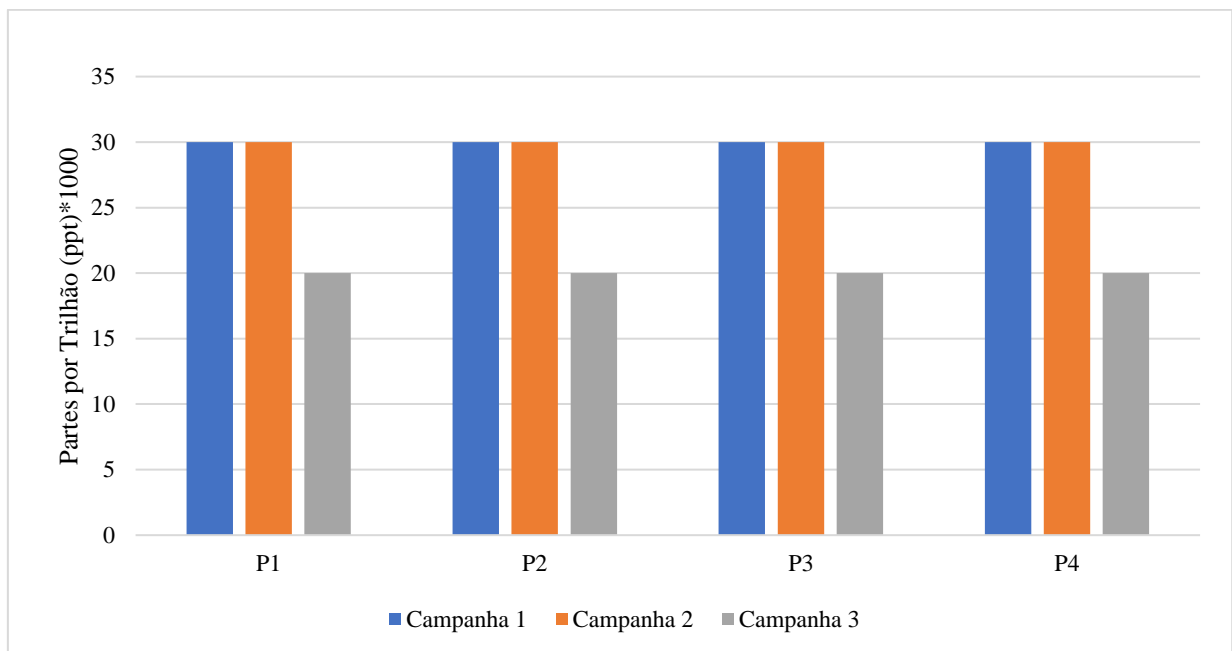
Fonte: Autoria própria, 2021.

Para este parâmetro Almeida (2019) também registrou decaimento dos valores de condutividade em seu estudo, embora os dados referentes a condutividade encontrados para os meses ao qual seu trabalho foi desenvolvido ultrapassaram 100 µS para a primeira campanha, realizada no mês maio, período com maior concentração de chuvas, e no mês de junho uma redução de cerca de 29 µS para alguns pontos de coleta.

A Figura 13 apresenta os dados comparativos para o parâmetro salinidade, que sofreu alteração em valor somente para a campanha 3. De acordo com Carr e Neary (2008) a salinidade tende a mudar dependendo da recarga do sistema, onde geralmente se encontra em maior

concentração em períodos de seca, enquanto em períodos de maior intensidade de chuvas apresenta tendência a diminuir já que os sais tornam-se mais diluídos, comportamento não observado para a terceira campanha de coleta, visto que com a diminuição da chuva para o mês de setembro, característica comum para a área de estudo, a salinidade apresentou redução de teor numérico ao invés de crescimento.

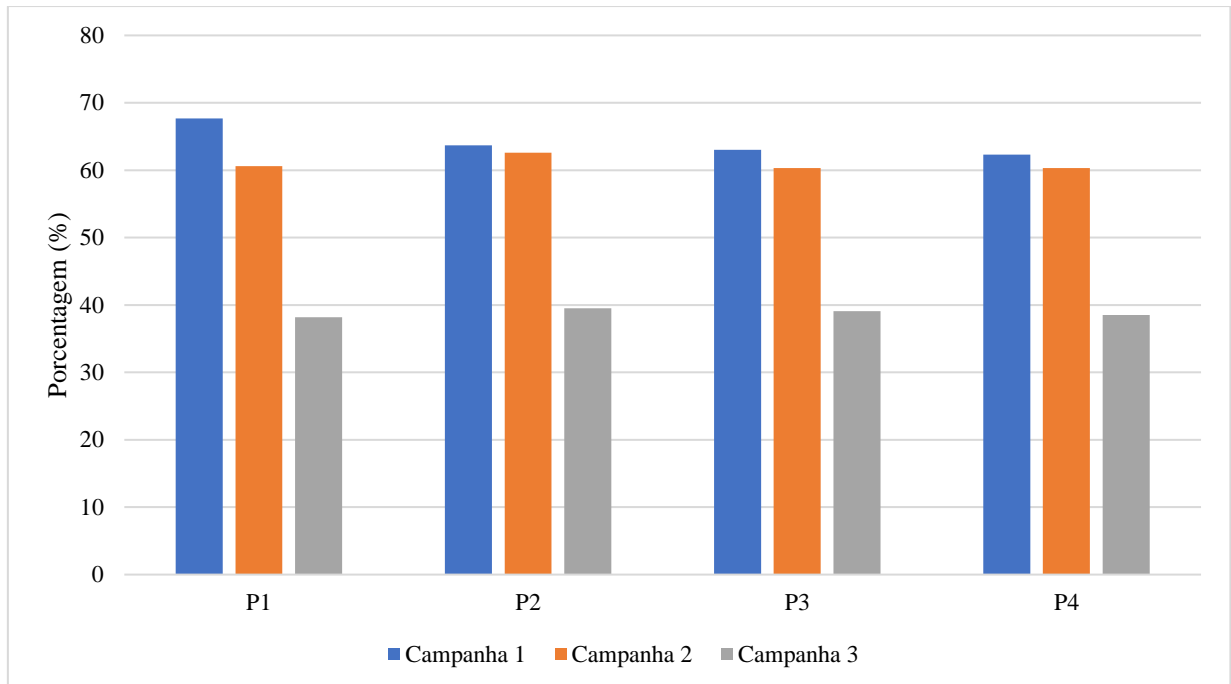
Figura 13. Dados comparativos para o parâmetro salinidade para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A Figura 14 apresenta o gráfico para as variações do parâmetro oxigênio dissolvido, que apresentou queda em sua concentração para cada campanha, não dispondo de tantas diferenças para os quatro pontos em uma mesma ação de coleta e análise das águas do rio Itapecuru. Assim, indica-se estabilidade espacial dos valores para esse parâmetro, visto que não há variação na mesma campanha, por pontos, porém foi denota-se variabilidade temporal, visto que foi observada variação a cada campanha, ou seja, a cada mês de coleta.

Figura 14. Dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



Fonte: Autoria própria, 2021.

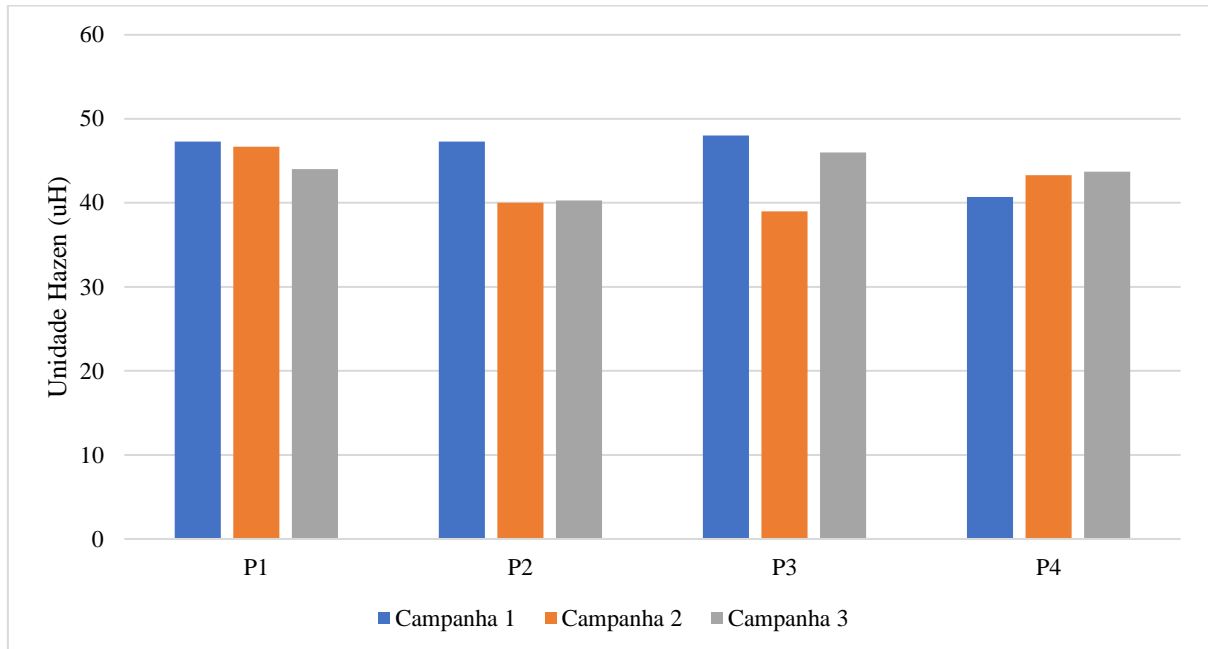
As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água, sendo que a solubilidade desse gás na água, assim como de todos os outros, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Logo, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução da solubilidade do oxigênio na água (ESTEVES, 1998; BRASIL, 2006).

Embora não se tenha realizado aferição da pressão, considera-se que tal colocação possa explicar a diminuição de concentração desse parâmetro no presente estudo, visto que em cada campanha houve aferição de temperaturas diferentes nos períodos correspondentes, com comportamento variando para o aumento sensível desta temperatura. Considera-se ainda o despejo de esgoto *in natura* direto no rio, que contribui para a redução desse parâmetro no sentido que necessita de maior consumo de oxigênio para o processo de oxidação de matéria orgânica.

Para o parâmetro cor aparente, como apresentado no gráfico da Figura 15, não foi observado um padrão de comportamento espacial ou temporal geral, sendo as variações específicas por cada campanha. Tais valores podem estar associados a processos naturais e a descarga humana que percorre o curso do rio, visto que a variação deste parâmetro pode estar relacionada a processos naturais, como decomposição de matéria orgânica, ferro, manganês, ou devido ações

antropogênicas, como esgotos domésticos, aspecto marcante na cidade de Codó (VON SPERLING, 1996).

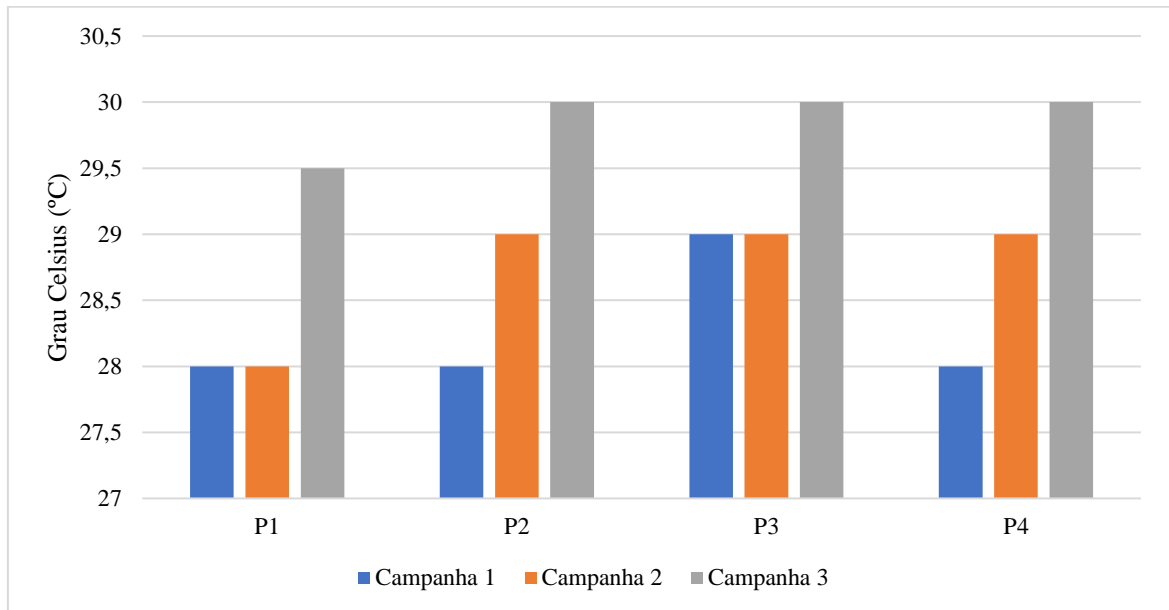
Figura 15. Dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A temperatura da água teve elevação relevante entre as campanhas (Figura 16). Observa-se uma tendência de incremento a cada campanha, o que corrobora com variações comuns nas condições de tempo durante o período de transição da estação chuvosa para a estiagem na região onde se localiza o estudo. As temperaturas variaram entre os valores de 28 a 30 °C, ou seja, tendo dois graus de amplitude térmica, o que pode implicar em baixa variação temporal e espacial desse parâmetro.

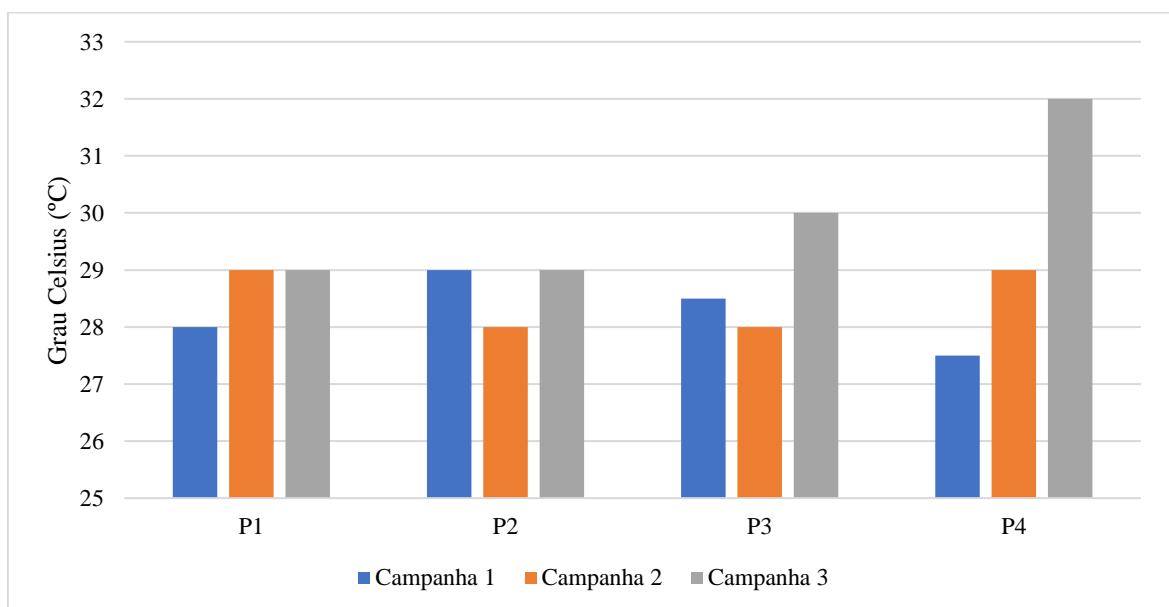
Figura 16. Dados comparativos para o parâmetro temperatura da água para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A temperatura do ar, como mostrado no gráfico da Figura 17, apresentou comportamento também crescente entre as campanhas, com variações espaciais específicas.

Figura 17. Dados comparativos para o parâmetro temperatura do ar para as três campanhas de coleta e análise da água do rio Itapecuru.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Houve elevação para a terceira campanha, no qual seguiu tendência de aumento dos valores possivelmente pela condição de variabilidade de tempo da transição da estação, como citado anteriormente para a temperatura da água. Observou-se que os valores variaram entre 27 e 32 °C, oscilação de maior amplitude quando comparada com as temperaturas da água, o que é normal, visto que as oscilações de temperatura na água são mais reguladas pela própria massa da água.

Almeida (2019) em estudo realizado no rio Itapecuru em Codó-MA registrou dados de temperatura para a água com valor mínimo de 29,5 °C e máxima de 30 °C, e para temperatura do ar, mínima de 29,5 °C e máxima de 33,5 °C, embora em suas observações o maior índice de temperatura do ar ocorreu na sua primeira coleta de análise de água (maio de 2019) e a do presente estudo tenha ocorrido na última campanha (setembro de 2021).

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, conclui-se que os parâmetros físico-químicos analisados nesta pesquisa se encontram em conformidade com os padrões estipulados para a qualidade da água, em especial pH e salinidade, ao qual são mencionados dentro da legislação e tem seus dados diretamente comparados com a mesma.

Denota-se comportamento de redução da concentração numérica dos parâmetros pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e salinidade, onde portanto, a campanha 1, realizada no mês de julho/2021 apresenta os dados mais elevados para os mesmos. Para o parâmetro temperatura, tanto da água quanto do ar, observa-se crescimento dos valores obtidos entre as campanhas, onde o mês de setembro apresentou as maiores amplitudes térmicas, condição prevista, visto as condições climáticas e ambientais do período de transição no local de realização das atividades de monitoramento da água do rio Itapecuru. A variável cor aparente, embora apresente oscilação de seus resultados numéricos, não apresenta comportamento temporal e espacial precisos, não sendo possível definir uma campanha específica, ou mês, que contemple dados acentuados.

Observa-se ainda, a partir do comportamento dos parâmetros, principalmente por pontos de coleta, que a urbanização da cidade não influenciou drasticamente a alteração da concentração dos parâmetros em uma mesma campanha, pelo menos não no período de realização do estudo. Todavia, considera-se a participação e influência do processo de urbanização, assim como do despejo *in natura* de esgotos domésticos sobre as variáveis ambientais que incidem sobre tais parâmetros e respectivamente sobre a qualidade da água do rio Itapecuru.

Contudo, apesar dos parâmetros analisados estarem enquadrados em uma perspectiva aceitável de qualidade, é importante ressaltar que não excluem a necessidade da implementação de medidas que visem a recuperação e preservação do curso do rio Itapecuru que fazem parte da cidade de Codó-MA, mediante o crescimento da população e em consequência da degradação dos recursos naturais.

Deste modo, os dados aqui apresentados incorporam valores iniciais de monitoramento da qualidade da água do rio Itapecuru, dando base para ampliação, análises e ações futuras de monitoramento deste rio, tendo em vista a suma importância do conhecimento das condições ambientais e da qualidade da água que são fundamentais para as atividades ecológicas e antrópicas na região dos cocais, para o Estado do Maranhão e para o Brasil.

8 PERSPECTIVA DE CONTINUIDADE OU DESDOBRAMENTO DO TRABALHO

O período ao qual se deu a vigência do referente trabalho foi marcado pelas incertezas da pandemia, onde as instituições de ensino foram obrigadas a cessar suas atividades, resultando então no comprometimento da execução plena dos planejamentos iniciais do projeto de pesquisa, visto a dificuldade da orientação remota, assim como restrições de acesso ao espaço das universidades para realização dos experimentos.

Neste sentido, o presente plano de trabalho precisou passar por ajustes, como redução do espaço amostral de estudo e dos parâmetros de análise, impossibilitando com que todos os objetivos desejados pudessem ser alcançados. Mediante a isto, vê-se a necessidade de continuidade do projeto a partir do monitoramento de outros parâmetros, como dureza da água, CO₂ e cloro residual, por exemplo. Também podem ser inseridas atividades de amostragem em períodos mais longos, como bimestrais.

REFERÊNCIAS

- AKSO Instrumentos de mediação. Análise de água. Multiparâmetros. 2021. Disponível em: <https://www.akso.com.br/produtos/analise-de-agua>. Acessado em: 24 de out. de 2021.
- ALMEIDA, U. S. **Avaliação da qualidade da água do rio Itapecuru**: análise físico-química e impactos antrópicos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia) – Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2019. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/4052/1/%c3%9aeverson%20Silva%20de%20A..pdf>. Acessado em: 11 de set. de 2021.
- ALMEIDA, R. A. S. **Índices de qualidade de água**. Cruz das Almas: EDUFRB, 2021. 114 p. Disponível em: <https://www1.ufrb.edu.br/editora/component/phocadownload/category/2-e-books?download=219:indices-de-qualidade-de-aguaos>. Acessado em: 04 de jan. de 2022.
- ALMENDROS, M. O acesso à água e a condição mínima para a dignidade humana. **Revista Científica Eletrônica do Curso de Direito**. 13. ed. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/1Kslbtb7JTtw6b6t_2019-2-28-16-37-49.pdf. Acessado em: 04 de jan. de 2022.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**: 2012. Brasília: ANA, 2012. 264 p. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/impressa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf. Acessado em: 20 de dez. 2021.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Cuidando das águas**: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. 2. ed. Brasília: ANA, 2013. 157 p. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2489>. Acessado em: 20 de set. de 2021.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019. 100 p. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf. Acessado em: 03 de jan. de 2022.
- ANA – Agência Nacional de Águas. UNIDADE 3: variáveis e parâmetros de qualidade de água em rios e reservatórios. In: ANA – Agência Nacional de Águas. **Monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios**. Brasília: Agência Nacional das Águas, 2020. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2227>. Acessado em: 27 de set. de 2021.
- BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. Taubaté: [s. n.], v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008. Disponível em: <https://rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/download/116/106>. Acessado em: 03 de jan. de 2022.
- BORDALO, C. A. L. A “crise” mundial da água numa perspectiva da geografia política. **GEOUSP - Espaço e Tempo**. São Paulo: [s. n.], n. 31 especial, p. 66-78, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74270#:~:text=Onde%20veremos%20que%20ela%20n%C3%A3o,os%20pa%C3%ADses%20ricos%20e%20pobres..> Acessado em: 15 de dez. de 2021.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro: [s. n.], v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11774/2/RB%2008%20A%20pol%C3%AAdtica%20de%20recursos%20h%C3%ADdricos%20no%20Brasil_P_BD.pdf. Acessado em: 05 de jan. de 2022.

BRANCO, P. M. Coisas que você deve saber sobre a água. **Serviço Geológico do Brasil - CPRM**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>. Acessado em: 12 de jan. de 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. [S. l.: s. n.], 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acessado em: 09 de jan. de 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. [S. l.: s. n.], 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em: 09 de jan. de 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. [S. l.: s. n.], 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acessado em: 09 de jan. de 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº. 32, de 15 de outubro de 2003 – Institui a Divisão Hidrográfica Nacional**. [S. l.: s. n.], 2003. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acessado em: 09 de jan. de 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. [S. l.: s. n.], 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfeda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acessado em: 09 de set. de 2021.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 211 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acessado em: 01 de dez. de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da região hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental**. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3483/Parte-1-Caderno-da-Regi%C3%A3o-Hidrogr%C3%A1fica-Atl%C3%A2ntico-Nordeste-Ocidental_MMA.pdf?sequence=1. Acessado em: 07 de jan. de 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acessado em: 08 de jan. de 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº 91, de 05 de novembro de 2008**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>. Acessado em: 08 de jan. de 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº 92, de 05 de novembro de 2008**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=107829#:~:text=Resolve%3A,no%20%C2%A7%20%C2%BA%20do%20art.> Acessado em: 08 de jan. de 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.** [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acessado em: 08 de jan. de 2022.

BRUNI, J. C. A água e a vida. **Rev. Tempo Social USP.** São Paulo: [s. n.], v. 5, n. 1-2, p. 53-65, 1993. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ts/article/view/84942/87671>. Acessado em: 04 de set. de 2021.

CAPELLARI, A.; CAPELLARI, M. B. A água como bem jurídico, econômico e social. **Cidades.** [S. l.: s. n.], v. 36, p. 1-16, 2018. Disponível em:

<https://journals.openedition.org/cidades/657>. Acessado em: 07 de jan. de 2022.

CARR, G. M.; NEARY J. P. **Water Quality for Ecosystem and Human Health.** 2. ed.

Canada: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System,

2008. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=8kA6FCCAwn4C&oi=fnd&pg=PR6&dq=Water+Quality+for+Ecosystem++and+Human+Health,&ots=EgVGDCpYhq&sig=vTZb_Gs7vLUeFQj9IK62ou10epo#v=onepage&q=Water%20Quality%20for%20Ecosystem%20and%20Human%20Health%2C&f=false)

[BR&lr=&id=8kA6FCCAwn4C&oi=fnd&pg=PR6&dq=Water+Quality+for+Ecosystem++and+Human+Health,&ots=EgVGDCpYhq&sig=vTZb_Gs7vLUeFQj9IK62ou10epo#v=onepage&q=Water%20Quality%20for%20Ecosystem%20and%20Human%20Health%2C&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=8kA6FCCAwn4C&oi=fnd&pg=PR6&dq=Water+Quality+for+Ecosystem++and+Human+Health,&ots=EgVGDCpYhq&sig=vTZb_Gs7vLUeFQj9IK62ou10epo#v=onepage&q=Water%20Quality%20for%20Ecosystem%20and%20Human%20Health%2C&f=false). Acessado em: 04 de jan. de 2022.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba.

Municípios na bacia hidrográfica do rio Itapecuru - área de atuação da CODEVASF, 2019.

Disponível em: [https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-](https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/arquivos/itapecuru.pdf)

[hidrografica/arquivos/itapecuru.pdf](https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/arquivos/itapecuru.pdf). Acessado em: 09 de fev. de 2022.

COSTA, T. P.; PERIN, A. C. M. A gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista do Curso de Direito.** São Paulo: [s. n.], v. 1, n. 1, p. 344-380, 2004. Disponível em:

<https://www.metodista.br/revistas/revistas-metodista/index.php/RFD/article/view/499>.

Acessado em: 05 de jan. de 2022.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 226 p. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/neeve5>. Acessado em: 10 de set. de 2021.

FEITOSA, A. C.; ALMEIDA, E. P. A degradação ambiental do rio Itapecuru na sede do município de Codó-MA. **Cadernos de Pesquisas.** São Luís: [s. n.], v. 13, n. 1, p. 31-45, 2002.

FERREIRA, M. I. P.; SILVA, J. A. F.; PINHEIRO, M. R. C. Recursos hídricos: água no

mundo, no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro. In: **Boletim do Observatório Ambiental**

Alberto Ribeiro Lamego. Rio de Janeiro: Essentia Editora, v. 2, p. 29-36, 2008. Disponível

em: [https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/download/2177-](https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/download/2177-4560.20080008/222/)

[4560.20080008/222/](https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/download/2177-4560.20080008/222/). Acessado em: 04 de jan. de 2022.

FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. **Monitoramento participativo de rios urbanos por estudantes-cientistas.** 1. ed. Belo Horizonte: J. S. França, 2019. 284 p. Disponível em:

http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2019/Livro_monitoramento/LivroCompleto.pdf. Acessado em: 06 de jan. de 2022.

GIACHETTO, D. Água fonte de vida e saúde. **I Jornada Interdisciplinar de Direito AJES.** [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em:

<http://www.site.ajes.edu.br/jornada/arquivos/20140428102256.pdf>. Acessado em: 12 de jan. de 2022.

GOMES, A. S.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; FERREIRA, L. H. G. **A água:** Distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 44 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746734/a-agua-distribuicao-regulamentacao-e-uso-na-agricultura-com-enfase-ao-arroz-irrigado>. Acessado em: 20 de dez. de 2021.

GRASSI, M. **Qualidade da Água consumida pelos Brasileiros.** Oficina do eixo Meio Ambiente, Clima e Vulnerabilidade. [S. l.]: Rede Mobilizadores, 2013. Disponível em: https://issuu.com/mobilizadorescoep/docs/cartilha_qualidade_da_gua_consumi. Acessada em: 06 de dez. de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Subsídios ao zoneamento ecológico-econômico da Bacia Cio Rio Itapecuru - MA:** diretrizes gerais para ordenação territorial. Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 187 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv7944.pdf>. Acessado em: 23 de dez. de 2021.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. **Água e sustentabilidade:** desafios, perspectivas e soluções. 1. ed. São Paulo: IEE-USP e Reconnectta, 2017. 110 p. Disponível em: https://macroamb.files.wordpress.com/2018/11/jacobi_grandisoli2017_aguaesustentabiliadedesafiosperspectivasesolucoes.pdf. Acessado em: 10 de set. 2021.

KOWATA, E. A.; RIBEIRO, J. T.; TELLES, D. D. Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no mecanismo de adsorção - neutralização de cargas. **2º Simpósio de Iniciação Científica e Tecnologia e IX Expo-Edif.** São Paulo: [s. n.], 2000. Disponível em: <http://bt.fatecsp.br/system/articles/115/original/trabalho5.pdf>. Acessado em: 11 de jan. 2022.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Eng. sanit. Ambient.** [S. l.: s. n.], v.10, n. 3, p. 219-228, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/DLtJG9yFQ89CBxKpMpDSyMC/?lang=pt>. Acessado em: 20 de dez. de 2021.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo.** Planaltina: Embrapa Cerrado, 2001. 46 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/23443/1/doc-33.pdf>. Acessado em: 20 de dez. de 2021.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Condições naturais de pH em água superficiais e sua influência sobre o índice de qualidade das águas (IQA): Estudo de caso na bacia do Ribeirão de Carrancas-MG. In: **VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia; III Encontro Latino Americano de Geomorfologia; I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia; I Encontro Ibero-Americano do Quaternário.** Recife: UFPE, v. 1. 2010. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/1/33.pdf>. Acessado em: 15 de set. de 2021.

MARANHÃO. **Lei Estadual nº 5.405 de 08 de abril de 1992.** [S. l.: s. n.], 1992. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=129406>. Acessado em: 21 de dez. de 2021.

MARANHÃO. **Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004.** [S. l.: s. n.], 2004. Disponível em: https://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/ma/lei-no8-149-04_ma.pdf. Acessado em: 21 de dez. de 2021.

MARANHÃO. **Decreto nº 34.847, de 14 de maio de 2019.** [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=377721>. Acessado em: 21 de dez. de 2021.

MARTINS, R. A. **Qualidade da água do baixo curso do rio Itapecuru e as suas implicações na saúde humana e usos múltiplos.** 2019. Dissertação de Mestrado (Programa de pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/bitstream/tede/3014/2/RUBENILSONMARTINS.pdf>. Acessado em: 11 de set. de 2021.

MASULLO, Y. A. G.; SOARES, L. S.; CASTRO, C. E.; PINHEIRO, E. A. L. Dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do rio Itapecuru – MA. **Revista Brasileira de Geografia Física.** [S. l.: s. n.], v. 12, n. 3, p. 1054-1073, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/239807>. Acessado em: 04 de jan. de 2022.

MENEZES, J. M.; PRADO, R. B.; SILVA JUNIOR, G. C.; SANTOS, R. T. Índices de Qualidade de Água: métodos e aplicabilidade. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. **Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto de Mudanças Ambientais.** 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, v. 1, p. 325-352, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/859117/manejo-e-conservacao-do-solo-e-da-agua-no-contexto-das-mudancas-ambientais>. Acessado em: 05 de set. de 2021.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Rev. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.** Porto Alegre: [s. n.], v.3, n.4, p. 33-38, 2002. Disponível em: https://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acessado em: 05 de set. de 2021.

NASCENTES, C.; COSTA, L. **Química Ambiental.** [S. l.]: Departamento de Química – ICEX, UFMG, 2011. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/quimicaead/files/2013/05/QUIMICA-AMBIENTAL-EADQUI045.pdf>. Acessado em: 05 de set. de 2021.

PAGNOCCHESE, B. Governabilidade e governança das águas no Brasil. In: MOURA, A. M. M. **Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas.** Brasília: IPEA, 2016. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=28192. Acessado em: 07 de jan. de 2022.

PATERNIANI, J. E. S.; PINTO, J. M. Qualidade da água. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação.** 1. ed. Campinas: SBEA, v. 1, p. 195-253, 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/134369>. Acessado em: 05 de set. de 2021.

PINTO, E. Geopolítica da água. **Revista de Geopolítica.** [S. l.: s. n.], v. 8, n. 1, p. 19 - 32, 2017. Disponível em: <http://www.revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/172>. Acessado em: 07 de jan. de 2022.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água.** Taubaté: [s.n.], vol. 12 n. 3, p. 435-456, 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/f45JMMTdfXvPWLmM6mbDX6K/abstract/?lang=pt>. Acessado em: 05 de set. de 2021.

PORTO, L. L.; MOTTA, E. J. O.; SOUZA, C. C. **Plano Nascente Itapecuru**: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Itapecuru. Brasília: Codevasf, 2019. 180 p. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/revitalizacao/protecao-de-nascentes-e-conservacao-de-agua-solo-e-recursos-florestais/arquivos/plano-nascente-itapecuru.pdf>. Acessado em: 28 de dez. de 2021.

RICARDO, C. A.; CAMPANILI, M. (Ed.). **Almanaque Brasil socioambiental**. São Paulo: Instituto socioambiental. 2008. 525p. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/publicacoes/10297.pdf>. Acessado em: 17 de jan. de 2022.

REBOB – Rede Brasil de Organismos de Bacias Hidrográficas. Água nas Américas. **Revista Águas do Brasil**. 26 ed. São Paulo: REBOB - Rede Brasil de Organismos de Bacia, a. 8, 2019. Disponível em: <https://aguasdobrasil.org/downloads/pdf/Revista-Aguas-do-Brasil-26.pdf>. Acessado em: 01 de dez. de 2021.

REBOLÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**. Salvador: [s. n.], v. 13, n. Especial, p. 341-345, 2003. Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20180507_bahiaanaliseedados_v.13_n.especial2003_p.341_345.pdf. Acessado em: 09 de jan. de 2022.

SANTOS, L. C. A. Reflexões sobre água subterrânea do Estado do Maranhão. **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**. São Luís: [s. n.], 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23120/15234>. Acessado em: 05 de set. de 2021.

SANTOS, L. C. A.; LEAL, A. C. Gerenciamento de recursos hídricos no Estado do Maranhão – Brasil. **Revista Eletrônica de Geografia**. [S. l.: s. n.], v.5, n.13, p. 39-65, 2013. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/5edicao/n13/03.pdf>. Acessado em:

SILVA, A. C. **Química ambiental**: uma abordagem introdutória e generalista. São Luís: Ed.Uema, 2016. 294 p.

SILVA, R. N. M.; GOMES, L. V.; SILVA, M. N. S.; AZEVEDO, J. J. **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**. São Luís: [s. n.], 2010.

SIMÕES, F, S; YABE, M. J. S; MOREIRA, A. B; BISINOTI; Avaliação do efeito da piscicultura em sistemas aquáticos em Assis e Candido Mota, São Paulo, por indicador de qualidade da água e análise estatística multivariada. **Quim. Nova**. [S. l.: s. n], v. 30, n. 8, p. 51- 52, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/pwPS887Mw5qtgxp7pj7jw3v/?lang=pt>. Acessado em: 15 de dez. de 2021.

SOARES, L. S. **Planejamento Ambiental Integrado**: subsídios para o desenvolvimento sustentável das sub-bacias hidrográficas do baixo curso do rio Itapecuru, Maranhão. 2016. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpi.br/xmlui/handle/123456789/414>. Acessado em: 07 de jan. de 2022.

SOUSA, C. D.; MELO, D. M.; NASCIMENTO, J. R. **Recursos hídricos Superficiais**. In: BANDEIRA, I. C. N (Org.). Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14761>. Acessado em: 18 de dez. de 2021.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. **RBRH – Revista Brasileira de recursos Hídricos**. [S. l.: s. n.], v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=44&SUMARIO=649#:~:text=A%20gest%C3%A3o%20dos%20recursos%20h%C3%ADricos,situa%C3%A7%C3%A3o%20atual%20e%20cen%C3%A1rios%20tendencias>. Acessado em: 05 de jan. de 2022.

TUCCI, C. M. E., HESPANHOL, I., CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p. Disponível em: http://r1.ufrrj.br/lmbh/pdf/Outras%20publicacoes/LMBH_gestao_da_agua_no_Brasil.pdf. Acessado em: 05 de jan. de 2022.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Cienc. cult**. São Paulo: [s. n.], v. 55, p. 31-33, 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018. Acessado em: 06 de jan. de 2022.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**. [S. l.: s. n.], v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm/?lang=pt>. Acessado em: 05 de jan. de 2022.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>. Acessado em: 05 de jan. de 2022.

UEMA - UNIVERIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO, CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, NUCLEO GEOAMBIENTAL. **Bacias hidrográficas e climatologia do Maranhão**. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2016. 165 p. Disponível em: <https://www.nugeo.uema.br/upnugeo/publicacoes/Bacias%20Hidrogr%C3%A1ficas%20e%20Climatologia%20-%20MA>. Acessado em: 05 de dez. de 2021.

VALE, F. S.; PEREIRA, L. C.; SILVA, P. J.; BARROS, V. L. L. Rio Itapecuru: uma visão geoambiental, em Caxias-MA. **Revista Humana et al**. Paço do Lumiar: [s. n.], v. 1, n. 2, p. 104-119, 2014. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/2-humanas-rio-itapecuru-qoey1wy6wkn6#:~:text=Em%20vista%20destes%20problemas%20que,e%20degrada%C3%A7%C3%A3o%20de%20suas%20margens>. Acessado em: 03 de jan. de 2022.

VITORINO, C. J. A. **Planeta Água Morrendo de Sede**: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231 p. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/1445/Planeta%20%c3%a1gua%20morrendo%20de%20sede.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 01 de dez. de 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/18571958/introducao-a-qualidades-da-aguas-e-tratamento-de-esgoto-2-ed-von-sperling>. Acessado em: 14 de set. de 2021.

APÊNDICE A – Ficha de coleta usada nas campanhas de coleta e análise de água do rio Itapecuru.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO/CAMPUS VII – CODÓ

PROGRAMA DE AMOSTRAGEM PROJETO CIDADES

SUBPROJETO 2

ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO ITAPECURU E
AFLUENTES NA REGIÃO DE CODÓ-MA

FICHA DE COLETA DE ÁGUA

Data: ____/____/____ Hora: _____

Responsável: _____

Identificação da amostra: _____

Natureza da amostra: Água bruta (TIPO B)

Tipo da amostra: Amostra simples, superficial (0 a 30 cm)

Nº da campanha: _____

Condições meteorológicas: _____

Ponto de coleta: _____

Georreferenciamento: _____

Parâmetros para laboratório: _____

Medidas *in situ*:

- Temperatura da água: _____
- Temperatura do ar: _____

Medidas *ex situ*:

- pH: _____
Temperatura correspondente: _____
- Oxigênio dissolvido: _____
Temperatura correspondente: _____
- Salinidade: _____
Temperatura correspondente: _____
- Condutividade: _____
Temperatura correspondente: _____
- Cor: _____

Outras observações:
