

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

**UEVERSON SILVA DE ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITAPECURU:**  
**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E IMPACTOS ANTRÓPICOS**

CODÓ – MA

2019

**UEVERSON SILVA DE ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITAPECURU:  
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E IMPACTOS ANTRÓPICOS**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como sendo um requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Naturais com habilitação em Biologia, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques.

CODÓ – MA

2019

**UEVERSON SILVA DE ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITAPECURU A  
PARTIR DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como sendo um requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Naturais com habilitação em Biologia, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques.

Codó - MA, **19 de Julho de 2019.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Clara Virgínia Vieira Carvalho Oliveira Marques

Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

---

Prof. Dr. Alex de Sousa Lima

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Dedico este trabalho aos meus pais, minha sobrinha Gabrielly Oliveira (*in memorian*) e ao meu saudoso primo Wesllem Paiva de Almeida (*in memorian*).

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que sempre me deu forças e saúde para seguir em frente.

A Universidade Federal do Maranhão que forneceu as portas para o conhecimento e saberes acadêmicos.

A minha mãe Rosenir Silva de Oliveira, batalhadora, por ser a minha maior incentivadora nas horas difíceis de dúvida e desânimo, por me dar todo amor e carinho.

Ao meu pai José Alves de Almeida Filho, guerreiro, que sempre se esforçou, deu seu melhor e me apoiou.

Aos meus irmãos Vitoria Almeida, José Neto e minha namorada Bruna Letícia, por sempre acreditar e depositarem sua confiança em mim.

Ao meu orientador e amigo Professor Doutor Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques, pela todo conhecimento ensinado e paciência.

Ao professor e amigo Doutor Alex Lima pelos ensinamentos e contribuições para esse trabalho.

Ao corpo docente de Naturais – Biologia, que se dedicaram e me proporcionaram grandes conhecimentos.

A toda minha família, avós, primos, tias, tios, sobrinhos pelo amparo, acolhimento e momentos felizes que sempre proporcionaram a mim.

A todos os amigos que sempre estiveram presentes mesmo com a distância, e aos que pude ganhar no decorrer da trajetória nessa cidade e que me acolheram.

Aos amigos de república e aos que me acompanharam até o fim.

A todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, a todos vocês meu muito obrigado.

## RESUMO

O Itapecuru é um rio de suma importância para o Estado do Maranhão. Suas águas banham o Estado, chegando a desembocar na baía de São Marcus, na ilha de São Luís. O presente trabalho apresenta um estudo físico-químico da qualidade da água do rio Itapecuru a partir dos parâmetros pH, condutividade elétrica, temperatura, alcalinidade total, dureza total e CO<sub>2</sub>. Foram efetuadas duas campanhas de coleta de amostras de água em três pontos georreferenciados no rio Itapecuru, entre os meses de maio e junho de 2019. Os dados apontam para uma baixa variação nos parâmetros estudados em relação às campanhas, porém, com valores apresentando pequenas oscilações entre os pontos de coleta, que de certa forma evidência uma homogeneidade no percurso do rio Itapecuru na região da cidade de Codó no Maranhão. Foram registrados impactos antrópicos no curso do rio a partir de dragagem, esgotos e poluição, o que pode estar impactando a qualidade da água do Itapecuru.

**Palavras chaves:** Qualidade da Água; Análise físico-química; Rio Itapecuru.

## **ABSTRACT**

Itapecuru is a river of great importance for the State of Maranhão. The present work presents a physical-chemical study of the water quality of the Itapecuru river from the parameters pH, electrical conductivity, temperature, total alkalinity, total hardness and CO<sub>2</sub>. Two campaigns were carried out to collect water samples at three georeferenced points in the Itapecuru River between May and June 2019. The data point to a low variation in the parameters studied in relation to the campaigns, however, with values showing small oscillations among the points of collection, that to a certain extent evidence a homogeneity in the course of the Itapecuru river in the region of the city of Codó in Maranhão. Anthropogenic impacts have been recorded along the course of the river from dredging, sewage and pollution, which may be impacting the water quality of Itapecuru.

**Keywords:** Water Quality; Chemical physical analysis; Itapecuru River.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização dos pontos de amostra e do cano da estação de tratamento da cidade. Fonte: Google Earth, 2019.....	<b>27</b>
<b>Figura 2:</b> Barco utilizado nas campanhas de amostragem. ....	<b>30</b>
<b>Figura 3:</b> A) Coleta de água. B) medida de pH in situ. C) Preenchimento de ficha de coleta. Campanha 1. ....	<b>31</b>
<b>Figura 4:</b> Variação de medidas obtidas para os parâmetros in situ. Campanha 1. ....	<b>32</b>
<b>Figura 5:</b> Variação de medidas obtidas para os parâmetros laboratoriais. Campanha 1. ....	<b>33</b>
<b>Figura 6:</b> Variação de medidas obtidas para os parâmetros in situ. Campanha 2. ....	<b>36</b>
<b>Figura 7:</b> Variação de medidas obtidas para os parâmetros laboratoriais. Campanha 2. ....	<b>37</b>
<b>Figura 8:</b> Dados comparativos para o parâmetro –Temperatura da água, para as duas campanhas. ....	<b>38</b>
<b>Figura 9:</b> Dados comparativos para o parâmetro –Temperatura do arl, para as duas campanhas. ....	<b>39</b>
<b>Figura 10:</b> Dados comparativos para o parâmetro –condutividade elétrica, para as duas campanhas. ....	<b>40</b>
<b>Figura 11:</b> Dados comparativos para o parâmetro –CO <sub>2</sub> l, para as duas campanhas. ....	<b>41</b>
<b>Figura 12:</b> Dados comparativos para o parâmetro –Dureza Total, para as duas campanhas..	<b>42</b>
<b>Figura 13:</b> Dados comparativos para o parâmetro –Alcalinidade Total, para as duas campanhas. ....	<b>43</b>
<b>Figura 14:</b> Dados comparativos entre campanhas, dos parâmetros analisados.....	<b>44</b>

<b>Figura 15:</b> A) Riacho água fria poluído desaguando no rio Itapecuru. B) Tubulação de descarte de esgoto doméstico. ....	<b>45</b>
<b>Figura 16:</b> Ponto de extração de areia do leito do rio.....	<b>46</b>
<b>Figura 17:</b> Ponto de extração de água para irrigação de lavoura.....	<b>47</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Dados dos parâmetros <i>in situ</i> . Campanha 1.....	<b>31</b>
<b>Tabela 2:</b> Dados dos parâmetros laboratoriais. Campanha 1.....	<b>33</b>
<b>Tabela 3:</b> Dados dos parâmetros <i>in situ</i> . Campanha 2.....	<b>35</b>
<b>Tabela 4:</b> Dados dos parâmetros laboratoriais. Campanha 2.....	<b>36</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Parâmetros de qualidade de água em estudo e dados específicos relativos à coleta. .....	<b>28</b>
<b>Quadro 2:</b> Métodos e parâmetros de análise de água em estudo. ....	<b>29</b>
<b>Quadro 3:</b> Lista de reagentes utilizados para análise físico-química da água.....	<b>29</b>

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2	<b>ÁGUAS NO MARANHÃO</b> .....	16
3	<b>QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTOS ANTRÓPICOS</b> .....	19
4	<b>VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS RIOS</b> .....	22
5	<b>OBJETIVOS</b> .....	26
5.1	Objetivo geral.....	26
5.2	Objetivos específicos.....	26
6	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	27
7	<b>RESULTADOS</b> .....	30
7.1	Campanha 1 .....	30
7.2	Campanha 2 .....	35
7.3	Dados Comparativos das Campanhas .....	38
8	<b>LEVANTAMENTO DE PONTOS DE IMPACTO ANTRÓPICO</b> .....	45
9	<b>CONCLUSÃO</b> .....	48
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49
	<b>APÊNDICE</b> .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios dos tempos a vida se desenvolveu em função da água como um componente para a sua manutenção na terra, auxiliando na sua evolução e adaptação. O meio ambiente está em constante mudança, ainda assim necessitam da água para manter seu equilíbrio, com o auxílio das chuvas, rios, lençóis freáticos entre outros recursos hídricos. Neste aspecto, a água está constantemente presente nos processos existentes para manutenção da vida, como na fotossíntese das plantas e na reprodução de diversos animais, o que a torna necessária para a sobrevivência de toda vida terrestre (MACEDO, 2008).

Há séculos o homem faz uso da água para finalidades de subsistência, inicialmente em processos agrícolas, fazendo com que as comunidades se consolidassem próximas a rios e outros sistemas hídricos. Com o advento da revolução industrial, muitas fábricas e indústrias se fixaram próximos aos recursos hídricos. O crescimento populacional aumentou o consumo de alimentos derivados desta agricultura e das águas próximas a essas cidades (JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

O processo de urbanização trouxe também novas necessidades para a vida em cidades como conhecemos atualmente. O consumo fácil e rápido também trouxe o rápido descarte de produtos e substâncias manufaturadas ao meio ambiente. Esse tem capacidade de depuração, porém, o tempo necessários para que o meio ambiente degrade a maioria destes produtos/substâncias são mais longos do que o tempo em que a humanidade polui o ambiente, o que pode causar desequilíbrio ecológico (MACEDO, 2008).

Segundo (Simões et al. 2007), -durante séculos a humanidade tratou a natureza como uma fonte inesgotável de bens de consumo que poderiam ser explorados sem limites, o que sabemos que é um engano. Com o crescimento exacerbado das cidades e o aumento exponencial da população dessas respectivas cidades aumentava constantemente a exploração de lençóis freáticos com a confecção de poços e a adição de dejetos humanos nos rios via esgoto (VICTORINO, 2007).

É sabido que a superfície do planeta terra possui mais água do que porções terrosas, aproximadamente  $\frac{3}{4}$  dessa é coberta por água. Entretanto, nem toda essa água é potável, tendo em vista que grande parte dela está nos oceanos, aproximadamente 97 % em estado líquido, onde é salgada demais para o consumo humano ou de outras criaturas

terrestres, devido a sua grande abundância de sódio, além de outros sais minerais dissolvidos na mesma (SPIRO et al. 2019).

Diariamente ocorre a destilação das águas oceânicas por meio dos raios solares, fazendo com que essa água suba até a atmosfera em forma de chuva, caracterizando ciclo hidrológico fornecendo um suprimento abundante de água. Segundo Spiro (2009), anualmente, 111.000 km<sup>3</sup> de água caem sobre o solo, e devido o ciclo da água 70.000 km<sup>3</sup> retornam a atmosfera, onde a evapotranspiração das plantas e evaporação de superfícies úmidas estão atrelados a essa estimativa. O restante compõe o processo conhecido como escoamento superficial, onde basicamente a água da chuva escorre pela superfície sem filtração alguma até chegarem aos oceanos.

A água em estado líquido pode ser encontrada em outros recursos hídricos além dos oceanos e mares, sendo encontradas em rios, lagos, nuvens, lençóis freáticos e até mesmo nos corpos dos animais, tendo em vista que esse elemento é essencial para a manutenção da vida, os seres vivos dependem diretamente desse recurso, já que as reações presentes nos organismos, como o transporte de nutrientes entre células, que ocorre em meio aquoso, entre outras situações nos organismos, deixando claro a sua necessidade para com a água (SPIRO et al. 2009). A -água doce, diferente das águas dos oceanos, possui uma concentração de sais significativamente menor, dos 97% das águas mundiais, aproximadamente 2,1% corresponde à água presente nas formas gélidas, próximo aos polos terrestres e no topo de grandes elevações montanhosas. Desses, 0,6% são de águas que a população tem acesso, como rios lagos entre outros, seguida, o restante, é de águas subterrâneas ou de aquíferos (SETTI, 1994).

O Brasil é um país privilegiado geograficamente, com clima predominante tropical, com a presença de muitos biomas distintos, conseqüentemente com abundância em recursos hídricos com grandes rios que passam por vários estados e muitas cidades, como por exemplo: Tocantins, São Francisco e Amazonas (VICTORINO, 2007). É detentor da maior parte da bacia da Amazônia, onde possui uma vazão de (177,9 mil m<sup>3</sup>/s) alterando assim a disponibilidade de águas no país, somando com toda disponibilidade hídrica do Brasil (251 mil m<sup>3</sup>/s), totaliza-se 53% do potencial hídrico da América do Sul, em parâmetros mundiais o Brasil possui 15% dos recursos hídricos disponíveis. Para o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), o potencial hídrico total do

Brasil, 72% desse é constituído pela bacia amazônica (BORSOI, 1997).

Esse recurso não é distribuído igualmente quando se pensa na geografia do Brasil, por exemplo. As regiões de maior densidade populacional concentram poucas fontes de água doce, enquanto as regiões menos povoadas detêm boa parte dessa água. Essa densidade de pessoas provoca prejuízos diretos e indiretos ao meio aquático. Muitos pequenos afluentes são poluídos por esgotos industriais, esgoto doméstico, lixo, agrotóxicos, entre outros, fazendo com que esse recurso fique ainda mais escasso e afete diretamente a sociedade, principalmente a parcela que não possuem saneamento básico (VICTORINO, 2007). Tendo uma distribuição regional de forma irregular, onde 70% na região Norte, 15% para o Centro-Oeste, 12% para sul e sudeste, onde tem o maior consumo de água no país, por último a região do Nordeste tem 3% dos recursos disponíveis no Brasil, a situação dessa região se torna mais grave devido ao baixo índice pluviométrico para tal.

Em termos de águas subterrâneas, o Brasil possui uma perfuração anual de 8 a 10 mil de poços regularizados para o abastecimento em sua maioria de indústrias, entretanto o número de poços para o abastecimento da população vem crescendo no decorrer do tempo. A escassez hídrica no Brasil se refere muito devido a sua distribuição populacional como ocorre no sul e no sudeste, aumentando os conflitos entre empresas e o encarecimento dos tratamentos de água e capacitação, e no Nordeste devido à baixa disponibilidade desse recurso ecológico.

## 2 ÁGUAS NO MARANHÃO

O Maranhão é um estado pertencente à região Nordeste do Brasil, precisamente ao oeste dessa, tendo como estados circundantes Piauí, Tocantins e o Pará, respectivamente no leste, sul e oeste, já no norte é delimitado pelo Oceano Atlântico. Possuindo um território 329.642,170 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018), sendo parte desse coberto pela floresta amazônica, possuindo outros biomas como manguezais, restinga, campos, cerrado e mata de transição conhecida como mata de cocais.

As bacias hidrográficas no estado do Maranhão de domínio Federal são as bacias do Parnaíba, Tocantins, Gurupi e de domínio estadual, as bacias presentes são do Mearim, Itapecuru, Munin, Turiaçú, Maracaçumé, Preguiças e Peria (ANA, 2005), o Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental e Sistema hidrográfico das Ilhas Maranhenses é sugerido pelo Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão (NuGeo) como constituintes da hidrografia do Maranhão (NUGEO/UEMA, 2009).

A região dos cocais maranhenses está localizada nos Estados do Maranhão e Piauí, sendo uma cobertura vegetal considerada um bioma de transição ou ecótono, que caracteriza a passagem de um bioma para outro. Este delimita a floresta amazônica, caatinga e cerrado, podendo ser encontrado em outros estados como Ceará, Tocantins e Rio Grande do Norte. Devido ser uma área transitória entre três biomas, a região dos cocais possui climas adversos em determinadas áreas dessa peculiar região, como equatorial, semiárido e semiúmido (BANDEIRA, 2013).

Diversas bacias e rios formam a hidrografia da região dos cocais, como as bacias do rio Parnaíba, Munim e Itapecuru, vale ressaltar que além dessas grandes bacias hidrográficas, a região dos cocais também tem influência de rios como Mearim, Pindaré, Tocantins e Araguaia. Sendo de suma importância para o abastecimento das cidades pertencentes à região dos cocais, além de fonte de renda para os ribeirinhos e cidades às margens desses afluentes (BANDEIRA, 2013).

A cidade de Codó, por onde o rio Itapecuru passa em seu baixo curso, possui uma população de 118.038 habitantes, com densidade demográfica de 26,06 hab/km<sup>2</sup> e com um território de 4.361,344 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010), e como muitas outras cidades se desenvolveu a partir das margens do rio Itapecuru, sendo que boa parte da população vive em vilarejos

próximos às margens desse curso natural de água e tem sua renda proveniente do mesmo, entretanto a degradação desse rio é constantemente vista por populares.

Um problema bastante relevante do rio Itapecuru está relacionado à sua poluição por esgotos domésticos e por possíveis impactos de resíduos/rejeitos gerados de pequenas fábricas e indústrias. Este material poluidor pode ser transportado também pelos pequenos riachos locais, carregando matéria orgânica, fezes e muitas vezes carregadas de nitrogênio, fósforo, entre outros compostos, podendo afetar também parâmetros de qualidade da água, tais como: dureza da água, odor, acidez, condutividade, turbidez e oxigênio dissolvido (SOUSA et al. 2013).

A bacia hidrográfica do Itapecuru nasce no sul do estado a 560 m de altitude, onde Cruzeiras, Itapecuru e Alpercatas formam um sistema de Serras. Inicialmente o percurso da bacia é sentido o oeste-leste maranhense até Várzea do Cerco, seguindo sentido ao norte para o rio Alpercatas, que a partir do mesmo segue em direção ao nordeste, indo de encontro com o rio Correntes e desviando sentido noroeste (BANDEIRA, 2013). Diante desse ponto segue para as proximidades do município de Caxias, que dali em diante segue sentido norte-noroeste, até desembocar na Baía do Arraial, ao sul da ilha de São Luís (IBGE, 1997).

O rio Itapecuru é genuinamente maranhense que nasce dentro do Parque Estadual do Mirador a uma altitude de 480 m, percorre o estado de Sul a Norte por 1041 quilômetros e situa-se entre os paralelos 2° 30' e 7" Latitude Sul e meridianos 43° e 46° Longitude Oeste, (ARAÚJO et al. 2013). Sendo um rio de grandes proporções e basicamente atravessa o estado do Maranhão, o rio Itapecuru tem outros rios como seus afluentes durante seu percurso até o litoral maranhense, sendo esses os rios Pirapemas, Tapuio, Peritoró, **Seco**, Gameleira, Codozinho, Limpeza, Alpercatas, Itapecuruzinho, do Ouro, Cachimbo, Guariba, Pucumã, dos Porcos e São João e riachos São Felinho, da Prata e dos Cocos; brejo da Cachoeira e igarapé Grande (BANDEIRA, 2013).

A nível estadual, no Maranhão, o rio Itapecuru desboca no litoral do mesmo estado, fazendo com que a população maranhense seja a maior consumidora desse recurso, porém o mesmo vem sofrendo degradação e poluição constante com o descarte exacerbado de esgoto, desmatamento de suas margens para agricultura, contaminação por lixo e agrotóxicos pelas cidades ribeirinha que são banhadas pelo rio, que são Mirador, Colinas, Caxias, Codó, Coroatá, Timbiras, Pirapemas, Cantanhêde, Itapecuru Mirim, Rosário e

Santa Rita, porém tendo mais cidades que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Itapecuru (OLIVEIRA, et al. 2018). Tendo o Brasil abundância em recursos hídricos, se via necessário a criação de mecanismos que protegessem e fiscalizasse esses de forma efetiva.

No ano de 1997 foi sancionada a Lei N° 9.433, intitulada de Lei Nacional dos Recursos Hídricos, onde posteriormente foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, que no inciso XIX do art. 21 da constituição de 1988, está claro que a preservação criação do mesmo é de responsabilidade do Estado, onde destina parte dos percentuais da compensação financeira da lei N° 7990, onde os recursos obtidos da exploração do petróleo, gás natural e geração de energia a partir de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Em 1998, ano seguinte à criação da lei nacional dos recursos hídricos e do sistema de gerenciamento dos mesmos, foi sancionada a Lei N° 9605/1998, que reconhece como crime danos nocivos ao meio ambiente. Em seguida no ano de 1999 surgiu a Lei N° 9795/1999, da educação ambiental obrigatória nas escolas como medida de conscientização na formação do indivíduo como cidadão ativo na sociedade (BRASIL, 1999).

Já nos anos 2000, foi sancionada a lei de prevenção, controle e fiscalização em relação a substâncias nocivas lançadas em águas como óleo em regiões sob jurisdição do Estado, Lei N° 9966/2000. No mesmo ano foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), que dispunha da Lei N° 9984/2000, onde a mesma torna a agência como gerenciadora do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos e da política nacional dos recursos hídricos (BRASIL, 2000).

### 3 QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTOS ANTRÓPICOS

A qualidade da água é um fator crucial para a saúde dos seres humanos e também para outros animais, que pode determinar a permanência de uma comunidade biológica em determinada região, então entender o que pode conter na água e a partir disso tomar medidas para que esse recurso possa ser tratado e disponibilizado para a população, e prevenir para que esse bem não se torne escasso, e afete a permanência da vida em todo o globo terrestre. Para que uma fonte de água possa ser considerada como de qualidade para o consumo humano, sem afetar a saúde, existe diversos parâmetros físico-químicos e biológicos, com inúmeros métodos, como análise laboratorial, *in situ*, visual, odor entre muitos outros (RICKLEFS, 2013)

Existem diversos métodos para determinar os índices de qualidade de água (IQA), criado em 1970 pela *National Sanitation Foundation* nos Estados Unidos. No Brasil, a resolução Nº 357 (BRASIL, 2011) classifica os corpos d'água e indica parâmetros para avaliação de suas qualidades e a Agência Nacional de Águas – ANA, pertencente ao governo federal, apresenta um portal onde são colocadas informações sobre parâmetros e índices de qualidade de água (IQA) a nível nacional. São indicados, para obter um IQA, os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes tolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, temperatura, nitrogênio, fósforo, turbidez e resíduos totais, não apresentando critérios para os parâmetros de condutividade elétrica, metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos.

Os métodos para determinação destes parâmetros podem ser encontrados em compêndio padrões e devem ser de eficiência para efetuar a detecção dos parâmetros nos níveis exigidos (BRASIL, 2011) A legislação atual indica esses níveis e os métodos devem ser confiáveis para que as autoridades possam definir estratégias para diagnosticar o estado da qualidade das águas nacionais e poder subsidiar ações de despoluição e de preservação ambiental da qualidade da água no Brasil (ANA, 2005).

Os parâmetros físico-químicos são de suma importância para a determinação da qualidade da água, onde também pode ser inferido em outros compostos orgânicos e inorgânicos. São compostos por medidas físicas e químicas, analisadas em sua maioria em

laboratório, podendo ser efetuado alguns desses *in situ*, porém não substitui uma análise laboratorial precisa e minuciosa (BRASIL, 2013).

O potencial hidrogeniônico ou pH é um parâmetro que se caracteriza por detectar a quantidade de íons de hidrogênio estão presentes na amostra, podendo ser influenciado pela composição da mesma e sua temperatura. Na água, tal parâmetro é muito importante, pois devido a sua medição e ajuste melhora a coagulação/flocuação, e também controla a sua desinfecção. Sendo uma escala logarítmica, o pH tem uma faixa de medição que varia de 0 a 14, onde a faixa 7 é considerada a medida neutra, já as medidas abaixo disso são soluções ácidas e acima da escala neutra são substâncias básicas (BRASIL, 2013).

Na natureza em todos os materiais tem-se a presença de carga elétrica, formando campos elétricos, devido tudo ser composto por átomos. A condutividade elétrica de uma solução é determinada pela quantidade de íons e cátions dissolvidos na água, partículas essas carregadas eletricamente, mostrando assim sua capacidade de conduzir eletricidade, então quanto maior a quantidade de íons e cátions dissolvidos, maior será sua condutividade. Na água, os valores da condutividade elétrica representam a carga mineral, podendo ter a presença de íons de alguns compostos dissolvidos como cloretos, nitratos, sulfatos e fosfatos, e indicando também a interferência de cátions, como de sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio (BRASIL, 2013).

A temperatura é uma grandeza física que mede a energia cinética das partículas, além da sua importância no âmbito físico e químico, a temperatura é um fator determinante da presença ou ausência, pois todo ser vivo possui um ótimo ecológico, uma faixa de aspectos ambientais em determinadas circunstâncias permitem a sobrevivência e o sucesso de permanência de dado organismo em uma área. Na água, a temperatura é fator crucial para a biota de rios e mares, e sendo importante também para determinar a sua potabilidade (RICKLEFS, 2013).

O dióxido de carbônico é um gás atmosférico composto pela ligação de um átomo de carbono e dois de oxigênio, estando presente na atmosfera desde os primórdios, esse gás também é encontrado nos recursos hídricos presente no planeta. Na análise de parâmetros de qualidade de água o gás carbônico livre é um composto que se hidrolisa na água influenciando na acidez de um afluente, pois tem alto poder de degradação de metais e podendo formar bicarbonatos e carbonatos, com essa reação pode-se ter a liberação de íons e alterar a acidez da água. A ação antrópica pode ser uma agravante para esse processo

natural, já que o despejo descontrolado de esgoto e matéria orgânica pode desencadear esse processo de forma mais agravante (BRASIL, 2017).

A dureza de uma água é determinada a partir da soma de íons de cálcio e magnésio, sendo expressos como carbonato de cálcio, podendo ser temporário ou permanente. A temporária é conhecida por ser resistente a sabões e provocar incrustações devido à presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, já a permanente também é resistente a ação de sabões, porém não forma incrustações devido seus sais serem muito solúveis, e não se decompõe com a ação do calor, é causada devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio. Sua concentração acima de 500mg/l torna o consumo da água onde está presente inapropriada, podendo causar cálculos renais em consumidores (BRASIL, 2013).

O somatório de diferentes formas de alcalinidades existentes como, concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos determinando a alcalinidade total, que é a capacidade da água de neutralizar ácidos. De forma natural águas naturais possuem uma concentração suficiente para poder reagir de forma que estabilize ácidos presentes na natureza, já no processo de tratamento, é necessário saber a alcalinidade total da água para saber o quanto de substâncias químicas serão adicionadas no processo de tratamento. Quando o teor é muito baixo ou zero, a água em tratamento é necessária torná-la alcalina o suficiente para reagir com os produtos e quando a água tem um teor de alcalinidade muito alto é necessário realizar o procedimento de acidificação da água, visando um equilíbrio ácido-base.

#### 4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS RIOS

Com a expansão das cidades de forma acelerada sem planejamento tornando muitas dessas em centros urbanos, fez com que muitas áreas inapropriadas fossem habitadas como encostas e topos de morros e margens de rios são grandes exemplos, com isso essas áreas foram degradadas pela ação do homem com o despejo de resíduos, poluição das águas, desmatamento entre outros. Deixando claro que áreas ambientais próximas a perímetros urbanos estão mais propensas a sofrerem esses danos antrópicos.

É perceptível que os danos ao meio ambiente estão se agravando, isso devido à grande demanda de recursos finitos como a água, sendo de certa forma conflitante em determinadas regiões, salientando também que as legislações e os órgãos de fiscalização em determinadas situações são negligentes.

A vulnerabilidade ambiental de uma área é determinada pela situação que essas estão vulneráveis a ações humanas, desse modo, a vulnerabilidade de um ambiente é o grau de susceptibilidade de um sistema aos efeitos negativos provenientes de mudanças globais (METZGER et al. 2006).

O grau de vulnerabilidade de um ambiente também pode ser determinado a partir da relação de características físicas da área com a pressão antrópica e a frequência de impactos ambientais como afirmam, (Carvalho et al. 2003) e (Li et al. 2006).

Com tudo, a vulnerabilidade ambiental, de forma objetiva e sucinta, pode ser caracterizada pela capacidade de um ambiente ter de resistir e se recuperar, após sofrer algum dano ocasionado pelas ações antrópicas, ressaltando que não se enquadra a vegetação devastada por deslizamentos, furacões, enchentes de rios entre outros fenômenos, pois esses são ocasionados pela força da natureza.

Como já mencionado neste, a urbanização no decorrer do tempo teve sempre um crescimento e localização lógica, pois antes da revolução industrial, as cidades nasciam próximas aos litorais ou às margens de grandes rios, como é o caso de diversas metrópoles como França, Rio de Janeiro, Belém, São Paulo entre outras. Essa necessidade de estarem próximas a grandes recursos hídricos tinham propósitos diversos, como tática de guerra, consumo, comércio e também locomoção entre grandes distâncias.

Com o avanço da tecnologia no ramo da indústria, muitas dessas aperfeiçoaram a sua produção trabalhando com substâncias que em grandes quantidades, são tóxicas, como solventes, metais pesados, alguns compostos que liberam gases nocivos após a sua combustão, e todo esse material residual, precisa ser descartado. Atualmente a maioria das indústrias executam a política de tratamento de seus resíduos, mas como é de conhecimento da grande maioria, nem todas realizam essa prática.

O crescimento acelerado e muitas vezes desordenado acarreta diversas problemáticas, como a densidade demográfica, poluição do ar, da água, do solo, devido a grandes indústrias, veículos e da própria população. Sem o planejamento adequado, os resíduos dessas grandes cidades são despejados diretamente no ambiente, como no caso de esgotos que algumas vezes não recebem o tratamento adequado e são expelidos em recursos hídricos de pequeno e grande porte, já que cidades menores e com pouco saneamento básico, acabam por poluir riachos, que posteriormente irão desembocar em rios de grande porte e finalmente nos oceanos.

O Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento mostra que no último ano de diagnóstico (2017), a média brasileira de tratamento de esgoto gerado foi de 46%, e de 73,% de esgoto coletado, substancialmente menor em regiões mais periféricas e com renda per capita menor, como por exemplo, a região norte e nordeste que tem um índice muito abaixo da média do país para o tratamento de esgoto gerado, que para região norte é de 22,6% e no nordeste de 34,7%. Esse despejo do esgoto sem o tratamento adequado em rios, riachos e mares desencadeia problemáticas como o aumento de odores fétidos, doenças, prejuízo à vida aquática e eutrofização desses recursos hídricos (SNIS, 2017).

A ocupação urbana nas grandes cidades do Brasil e em outras em ascensão, é um espelho da situação socioeconômica da população de lá vivente, devido que os centros comerciais e bairros mais estruturados são ocupados por pessoas com rendas financeiras mais confortáveis e favoráveis para uma moradia com um padrão de qualidade elevado, bem localizado e com terrenos bem valorizados.

Com o crescimento vertical e horizontal das cidades, fez com que a densidade demográfica passasse a crescer de forma surpreendente, sendo marcadas pela ocupação das regiões periféricas dessas regiões, onde em muitos casos são áreas de riscos, próximas a ribanceiras, margens de rios que possuem um elevado grau de inundação periodicamente, áreas bem acidentadas como morros entre outras localidades que proporcionam risco a

saúde e vivência de pessoas com uma situação socioeconômica inferior à da população que mora nos centros (SANTOS, 2008; TUCCI, 2012).

Alves e Torres (2006) explanam que o crescimento desordenado das cidades e ocupação de diferentes áreas envolvem uma dispersão espacial da população de acordo com sua renda, que no caso da população mais pobre, onde exercem a autoconstrução, loteamentos irregulares, terrenos acidentados, margens de rios entre outros exemplos de manejo inadequado do ambiente, e conseqüentemente a população mais rica em condomínios fechados e bairros mais nobres. Com isso, muitos serviços públicos, mesmo sendo fornecido pelo mesmo responsável público, como a falta de saneamento básico, tratamento de água e esgoto, educação e diversos outros serviços.

A cultura do homem de consumo dos recursos vem mudando com o decorrer do tempo e com a escassez de outros, devido ao ser humano desde a antiguidade usar os recursos naturais de forma com que a natureza fosse uma fonte inesgotável, entretanto, isso está mudando, já que a sociedade vivente dos séculos XX e XXI são as mais questionadas devido o consumo exacerbado e de certa forma irresponsável do meio ambiente, como solo, vegetação, animais, rios, oceanos entre outros fatores abióticos e bióticos.

São muitos os recursos explorados pelo homem, e um dos mais visíveis e antigos é o da vegetação, tanto para fins de sobrevivência como crescimento financeiro. A vegetação mundial é bem diversificada, existindo em quase todo o globo terrestre esses organismos do reino plantae de suma importância para a manutenção e permanência de toda vida. No Brasil, a diversidade de vegetação, não seria diferente, já que possui tamanhos continentais e climas diversos em toda sua extensão, sendo classificados em seis biomas distintos, que são Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, e dentro desses biomas há cursos d'água que em alguns casos percorrem todo o bioma, e nas margens desses a vegetação presente é bem característica, a mata ciliar.

O complexo de vegetação denominada de mata ciliar é toda e qualquer formação florestal localizada às margens de lagos, rios, riachos, nascentes entre outros cursos d'água. Essa formação é importante, já que no caráter ambiental faz a manutenção da quantidade de água de um determinado curso, da sua qualidade e também, devido as suas raízes, controlando as atividades erosivas (ALVARENGA, 2004).

Mesmo sendo muito evidente atualmente a importância da conservação das matas

ciliares e serem protegidas por lei, essas vêm sofrendo constantemente degradação em diversos pontos do Brasil, isso desencadeia, por exemplo, em áreas de nascentes a diminuição da quantidade e da qualidade de água, em cursos de água maior como rios, esse desmatamento faz com que a erosão das encostas dos rios seja maior, acontecendo assim o assoreamento do leito de rios e riacho. O código florestal, nos artigos 1º, 2º e 3º da Lei nº 4.771, de 15/09/65, trata que qualquer formação vegetal são áreas de conservação permanente e que os rios com larguras de até 10 metros devem possuir uma faixa de no mínimo 30 metros de matar ciliar (BRASIL, 2012).

Sendo de grande importância para a regulamentação dos processos que ocorrem entre o ambiente aquático e terrestre, a conservação dessas áreas, evitam o desencadeamento de outros problemas ambientais, como a escassez de água, devido aos malefícios ocasionados pelo desmatamento (KAGEYAMA, 1986; LIMA, 1989).

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo geral**

O presente trabalho tem por objetivo efetuar um diagnóstico da qualidade da água do rio Itapecuru a partir da análise de parâmetros físico-químicos e inferir sobre a vulnerabilidade do mesmo.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Efetuar levantamento de materiais de coleta de água doce.
- Efetuar coleta de água no rio Itapecuru nos períodos de chuva e estiagem.
- Avaliar a qualidade da água a partir dos parâmetros físico-químicos: pH, temperatura, condutividade, dureza total, alcalinidade total e CO<sub>2</sub> livre.
- Inferir a partir dos dados sobre a qualidade físico-química da água do rio Itapecuru na região urbana de Codó.
- Inferir sobre a vulnerabilidade do rio Itapecuru a partir de impactos antrópicos.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo efetuou coleta e análise de amostras de água do Rio Itapecuru a partir de duas campanhas, efetuando análise dos parâmetros de pH, temperatura, condutividade, dureza total, alcalinidade total e CO<sub>2</sub> livre.

As coletas foram efetuadas entre os meses de maio e junho de 2019, em três pontos específicos na cidade de Codó-MA (Figura 1). Estes pontos foram primeiramente teorizados a partir dos dados obtidos pela internet (Google Earth), sendo georreferenciados a partir da primeira coleta. O princípio de localização foi com base nos possíveis impactos causados ao rio pela urbanização da cidade, sendo pensando da seguinte forma: ponto 1) a jusante da cidade de Codó (0623098/9510489); ponto 2) na cidade de Codó (0623655/9508499) e ponto 3) a montante da cidade de Codó (0625689/9505880).

**Figura 1:** Localização dos pontos de amostra e do cano da estação de tratamento da cidade.



**Fonte:** Google Earth, 2019.

Como frascos de coleta foram utilizados os de plástico polietileno de 500 ml de volume total. Estes foram previamente lavados com detergente neutro e secos a temperatura ambiente. Seguiram-se as instruções determinadas de acordo com a NBR 9898 da ANBT para

preservação e técnica de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (NBR, 1987), como descritos no quadro 1.

**Quadro 1:** Parâmetros de qualidade de água em estudo e dados específicos relativos à coleta.

Parâmetros	Recipientes	Volume mínimo/mL	Preservação	Tempo máximo
<b>pH</b>	polietileno	200	Refrigerar/4 °C	6 horas
<b>Temperatura</b>	polietileno	-	Análise imediata	-
<b>Condutividade</b>	polietileno	500	Refrigerar/4 °C	28 dias
<b>Dureza total</b>	polietileno	100	HNO <sub>3</sub> pH <2	180 dias
<b>CO<sub>2</sub> livre</b>	<u>polietileno</u>	100	Análise imediata	-
<b>Alcalinidade total</b>	polietileno	200	Refrigerar/4 °C	24 horas

Fonte: NBR.1987

Prepararam-se fichas de coleta e amostragem específicas para este trabalho (Apêndice 1). Para cada ponto de coleta foi preenchido a ficha específica contendo informações da campanha de amostragem e com os valores dos parâmetros analisados *in situ* e dados de geolocalização GPS.

Para todos os pontos e análise foram efetuados ensaios em branco para o método e para a amostragem. É importante frisar que foram efetuados registros fotográficos de impactos antrópicos no rio durante o processo de coleta.

Após coletas, os materiais foram imediatamente transportados para o laboratório de química da UFMA, sendo então etiquetados e armazenados de forma apropriada. As análises de água foram efetuadas pelos métodos especificados pelo manual prático para análise de água, da Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2013), descritos no quadro 2 que segue:

**Quadro 2:** Métodos e parâmetros de análise de água em estudo.

Parâmetro	Método
<b>pH</b>	Potenciométrico (pHmetro)
<b>Temperatura</b>	Termômetro
<b>Condutividade</b>	Condutivímetro
<b>Dureza total</b>	Titulação com EDTA
<b>Alcalinidade total</b>	Titulação com ácido sulfúrico
<b>CO<sub>2</sub> livre</b>	Titulação com hidróxido de sódio

**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para as análises de pH foram utilizados papel tornassol da marca MERCK e pHmetro de bancada (marca BEL ENGINEERING). Para a análise de condutividade foi utilizado um condutivímetro de campo de marca PHTECK. O quadro 3 apresenta os reagentes utilizados no estudo e seus fornecedores. Todos os reagentes foram de grau analítico.

**Quadro 3:** Lista de reagentes utilizados para análise físico-química da água.

Reagentes	Marca
Acido. Sulfúrico	ISOFAR
Hidróxido de Sódio	QUIMEX
Alaranjado de Metila	NEON
Eriochromo Black – T	ISOFAR
Cloreto de Amônia	ISOFAR
Cloreto de Sódio	VETEC
EDTA	ISOFAR
Hidróxido de Amônia	ISOFAR
Fenolftaleína	CINÉTICA

**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Campanha 1

A primeira coleta foi efetuada na data de 25/05/2019. As condições climáticas observadas foram: céu ensolarado, com poucas nuvens e com chuvas anteriores. Para tanto foi utilizado um barco a motor. A Figura 2 apresenta uma fotografia do barco utilizado na amostragem.

**Figura 2:** Barco utilizado nas campanhas de amostragem.



**Fonte:** Arquivo do autor. 2019.

No momento da coleta, a análise *in situ* foi imediatamente efetuada para os parâmetros: temperatura, pH e condutividade elétrica. A Figura 3 apresenta uma de registros do momento de coleta e de análise *in situ*. Para os demais parâmetros, as amostras foram coletadas e imediatamente refrigeradas em frasco de isopor contendo material de resfriamento. Após coletados em três pontos, as amostras foram levadas a laboratório e o parâmetro CO<sub>2</sub> foi imediatamente analisado, como preconiza o método.

**Figura 3:** A) Coleta de água. B) medida de pH *in situ*. C) Preenchimento de ficha de coleta. Campanha 1.



**Fonte:** Arquivo do autor. 2019.

A Tabela 1 que segue apresenta os dados relativos aos parâmetros *in situ* analisados na primeira campanha de amostragem.

**Tabela 1:** Dados dos parâmetros *in situ*. Campanha 1.

Campanha 1					
Parâmetros <i>in situ</i>	P1	P2	P3	média	DP
Temp. água/ °C	28,5	28,5	29	28,7	0,29
Temp. ar/ °C	33,5	30,5	31	31,7	1,61
pH/tornassol	6	6	6	6,0	0,0
Condutividade/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	118	108	108	111,3	5,77

P=ponto. DP=desvio padrão.

**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Observa-se que não se obteve mudanças significativas nos dados de temperatura da água, visto que se manteve uma média de 28,7 °C, com baixo desvio padrão. A temperatura do ar também oscilou pouco durante a campanha de coleta 1, tendo média de 31,7 °C.

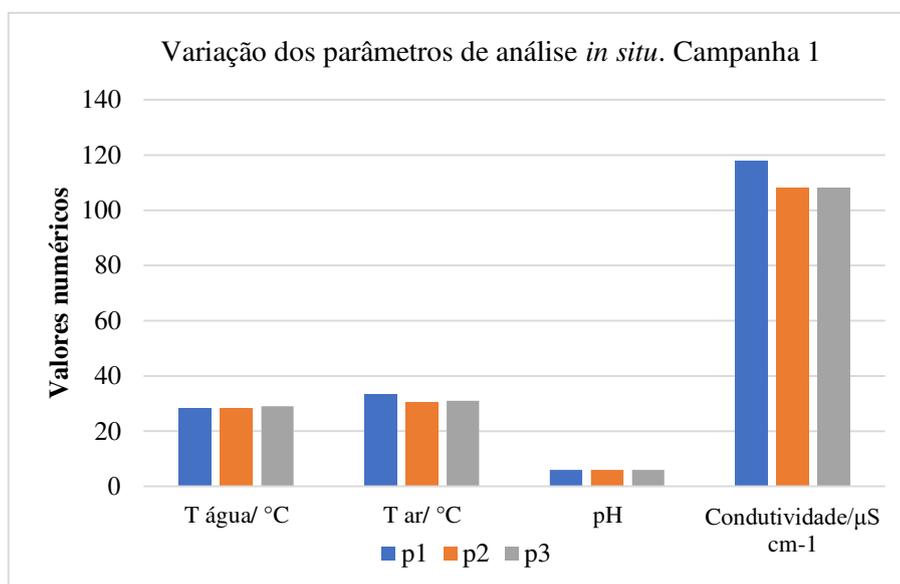
Os valores de pH se mantiveram contantes em pH=6, o que caracteriza a água com leve caráter ácido, o que é normal para água de rio, devido a influência da dissociação de gás carbonico do ar (formação de ácido carbônico) e de ácidos húmicos oriundos de materia orgânica de resíduos de vegetais.

A legislação indica que valores de pH para águas naturais devem estar entre 6,0 a 9,0, para consumo humano (BRASIL, 2005). Para os valores de condutividade, obteve-se um

média de 111,3  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . A legislação não faz alusão aos valores de condutividade elétrica.

Observou-se que o ponto P1 apresentou um leve aumento no valor de condutividade. Em uma avaliação geral, os valores dos parâmetros *in situ* não tiveram uma significativa variação no sistema da água do rio, para a Campanha 1, como apresentados no gráfico da Figura 4.

**Figura 4:** Variação de medidas obtidas para os parâmetros *in situ*. Campanha 1.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Os dados obtidos dos parâmetros laboratoriais estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que os valores de  $\text{CO}_2$  foram bem constantes entre os pontos de coleta, tendo média de 4,53 mg/L. Já os dados de dureza evidenciaram valor médio de 20,40 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . O ponto 3 apresentou um valor levemente mais elevado que os demais pontos de coleta. Os testes de alcalidade total obtiveram valor médio de 33,30 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

**Tabela 2:** Dados dos parâmetros laboratoriais. Campanha 1.

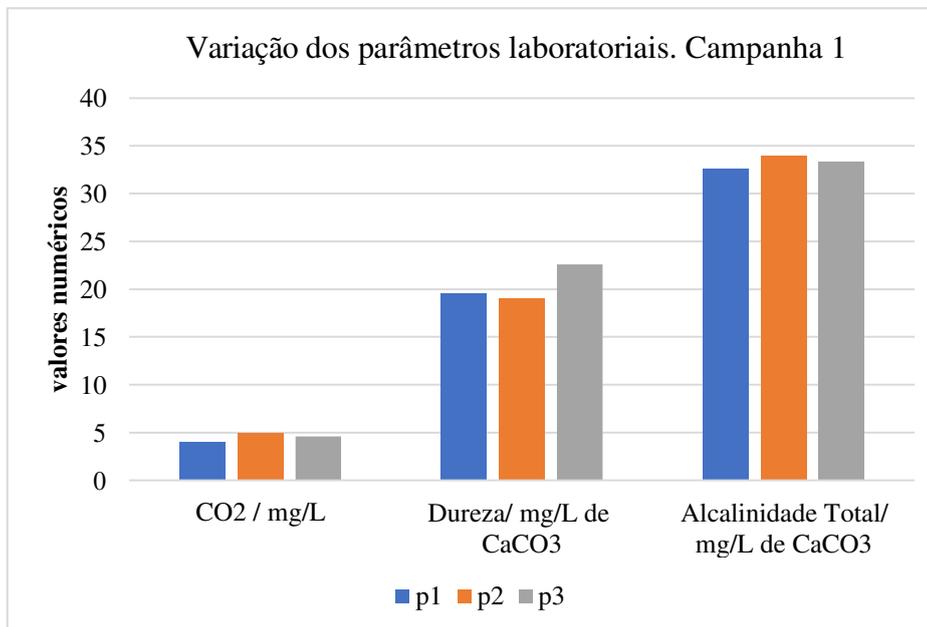
Campanha 1					
Parâmetros laboratoriais	p1	p2	p3	média	DP
CO <sub>2</sub> / mg/L	4,0	5,0	4,6	4,53	0,50
Dureza/ mg/L de CaCO <sub>3</sub>	19,6	19,0	22,6	20,40	1,93
Alcalinidade Total /mg/L de CaCO <sub>3</sub>	32,6	34,0	33,3	33,30	0,70

P=ponto. DP=desvio padrão.

**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Pode se dizer que os parâmetros laboratoriais também não apresentaram variações significativas de seus valores médios, entre os pontos de coleta de água (Figura 5).

**Figura 5:** Variação de medidas obtidas para os parâmetros laboratoriais. Campanha 1.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para complementação dos dados, as medidas de pH foram novamente avaliadas em laboratório, a partir do pHmetro. Os valores obtidos foram mais elevados que aos

determinados pelo papel tornassol, tendo média de  $\text{pH}=7,59$  e desvio padrão de 0,05. Para o estudo, esta variação entre os métodos foi considerada significativa, visto que para o aparelho, a água apresenta-se levemente básica, o que não é normal para o tipo de água em estudo, na área em estudo.

## 6.2 Campanha 2

A Campanha 2 foi efetuada na data de 26/06/19. As condições climáticas foram: dia ensolarado, sem chuvas nos dias anteriores. Foram trabalhadas as coletas nas mesmas condições anteriores apresentadas para a Campanha 1.

A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros para análise *in situ* da Campanha 2. Os valores médios de temperatura do ar foram de 29,8 °C e para a temperatura da água, de 29,7 °C, ambos com baixo desvio padrão. O valor de pH foi de 6, em média, pelo método do papal tornassol.

**Tabela 3:** Dados dos parâmetros *in situ*. Campanha 2.

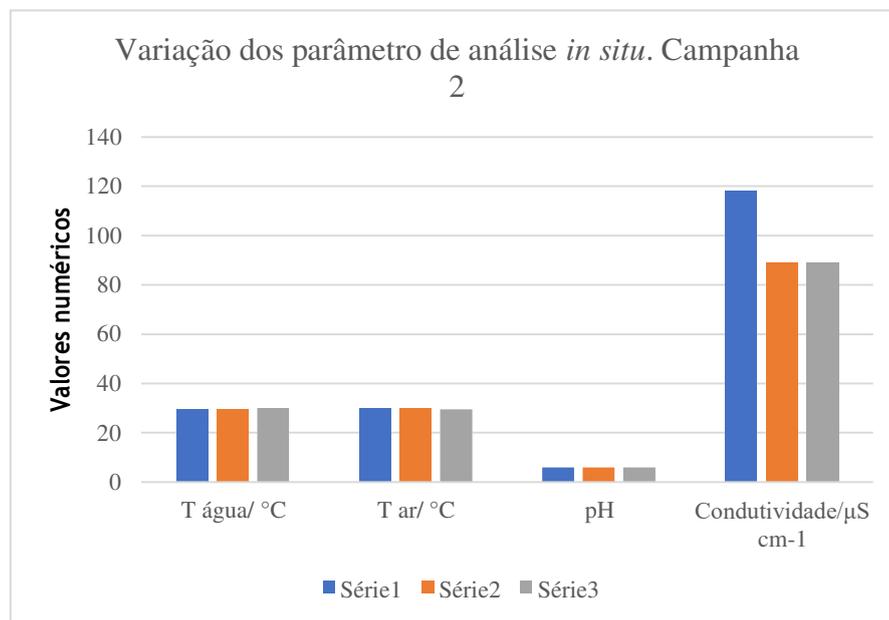
Campanha 2					
Parâmetros <i>in situ</i>	p1	p2	p3	média	DP
Temp. água/ °C	29,5	29,5	30	29,7	0,29
Temp. ar/ °C	30	30	29,5	29,8	0,29
pH/tornassol	6	6	6	6,0	0,0
Condutividade/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	118	89	89	98,7	16,74

P=ponto. DP=desvio padrão.

**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

O parâmetro condutividade foi o que apresentou elevado desvio padrão, o que evidencia que os valores determinados não foram semelhantes entre si. Observou-se que o Ponto 1 apresentou valores mais elevados que os demais pontos de coleta.

**Figura 6:** Variação de medidas obtidas para os parâmetros *in situ*. Campanha 2.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para os dados das análises laboratoriais observaram-se valores médios para a dureza da água (20,63 mg/L de CaCO<sub>3</sub>), de teor de CO<sub>2</sub> (5,40 mg/L) e alcalinidade (31,30 mg/L de CaCO<sub>3</sub>), com baixo desvio padrão, o que indica pouca variabilidade entre os pontos de coleta. Essa baixa variabilidade pode ser observada no gráfico da Figura 7.

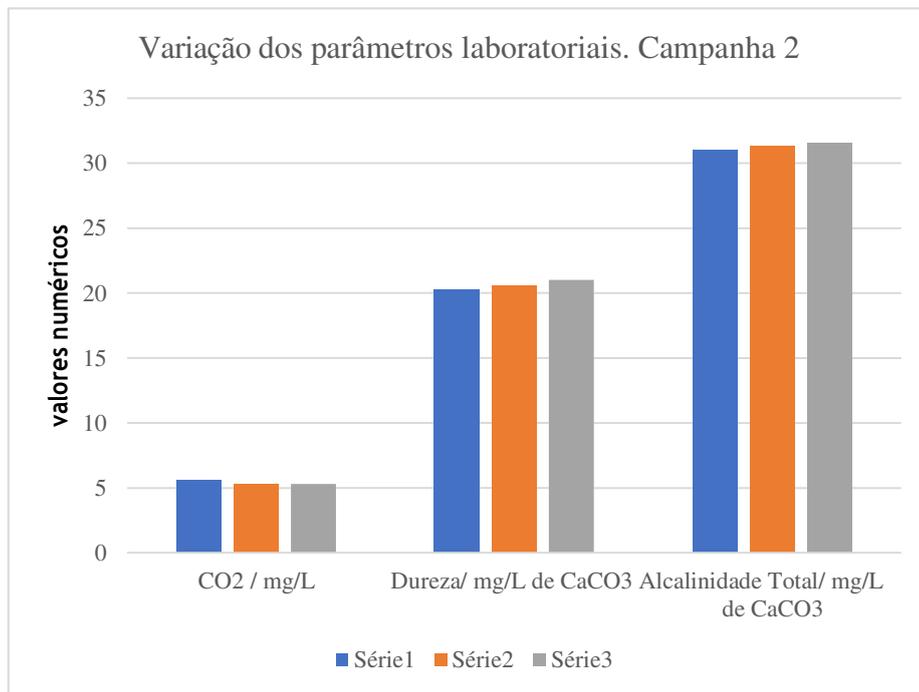
**Tabela 4:** Dados dos parâmetros laboratoriais. Campanha 2.

Campanha 2					
Parâmetros laboratoriais	p1	p2	p3	média	DP
CO <sub>2</sub> / mg/L	5,6	5,3	5,3	5,40	0,17
Dureza/ mg/L de CaCO <sub>3</sub>	20,3	20,6	21	20,63	0,35
Alcalinidade Total /mg/L de CaCO <sub>3</sub>	31	31,3	31,6	31,30	0,30

P=ponto. DP=desvio padrão.

**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

**Figura 7:** Variação de medidas obtidas para os parâmetros laboratoriais. Campanha 2.

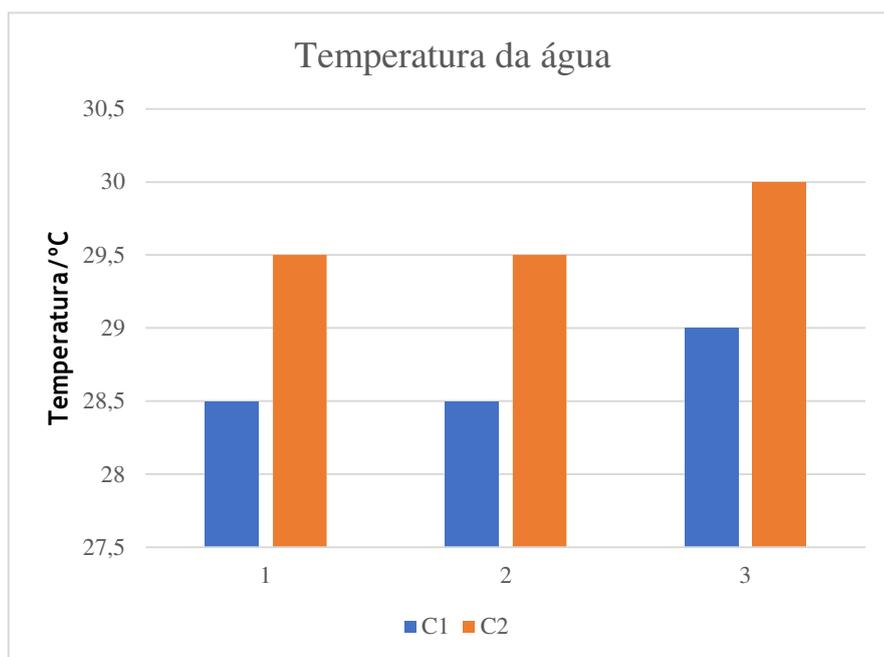


**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

### 6.3 Dados Comparativos das Campanhas

Depois de efetuadas as duas campanhas de coleta e análise dos dados isolados, estes foram então comparados entre si. Para os parâmetros analisados *in situ*, pode se observar pelo gráfico da Figura 8 que a Temperatura da Água foi mais elevada na Campanha 2, para todos os pontos de coleta. Este fato pode ser explicado pela dinâmica de um rio do porte do Itapecuru, podendo também ter influência devido ao término do período chuvoso na região, o que implica em elevação da temperatura da água. Mesmo assim, essa elevação não foi mais que 1,5 °C, na média.

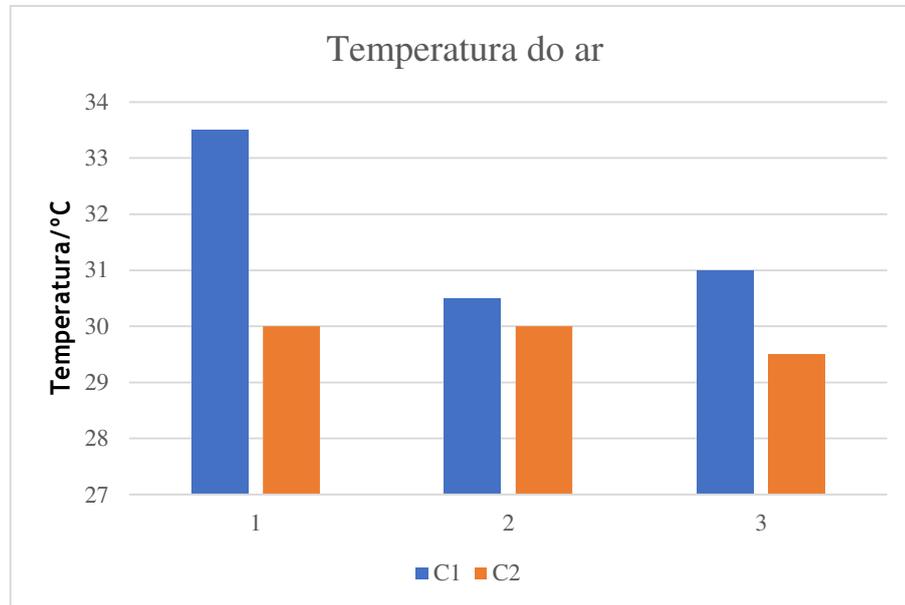
**Figura 8:** Dados comparativos para o parâmetro -Temperatura da água, para as duas campanhas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para a temperatura do ar, foi observado o efeito contrário, pois a os valores foram mais elevados para a Campanha 1. Talvez este fato possa ser explicado pela ventilação forte que foi notada no dia da segunda coleta. Efeitos de inversão térmica do ar/água também podem colaborar para este comportamento distinto entre as duas campanhas.

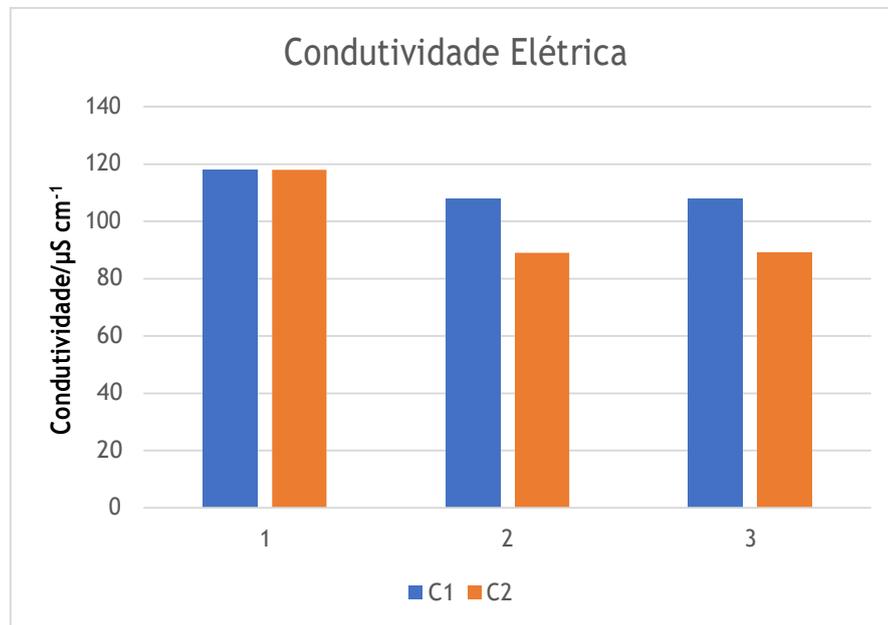
**Figura 9:** Dados comparativos para o parâmetro –Temperatura do arl, para as duas campanhas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para o parâmetro –Condutividade Elétrica, observou-se uma leve tendência a queda de valores entre a campanha 1 e a 2, nos pontos de coleta P2 e P3. O ponto P1 manteve os valores médios (Figura 10). Este ponto já se encontra fora da área de maiores impactos antrópicos (urbanização), o que pode acarretar nesta regularidade das medidas entre as campanhas. A condutividade é afetada tanto por fatores antrópicos como carga de esgoto, quanto por lixiviação do solo quando a mata ciliar sofre desmatamento.

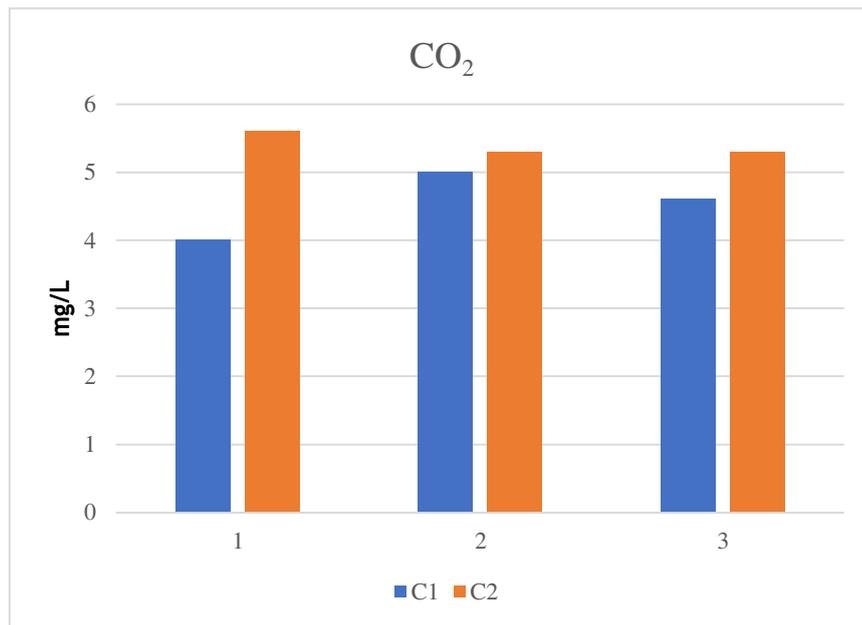
**Figura 10:** Dados comparativos para o parâmetro –condutividade elétrica, para as duas campanhas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Quando se comparam os dados de  $\text{CO}_2$ , observam-se, na Figura 11, que os valores são discretamente mais elevados para a Campanha 2. Este dado conflitou com a temperatura da água na campanha 2 (Figura 8), visto que com um aumento de temperatura era de se esperar menos teores de  $\text{CO}_2$ , pois podem ser evaporados do sistema aquático com mais facilidade já que a análise visa medir o  $\text{CO}_2$  dissolvido nas águas.

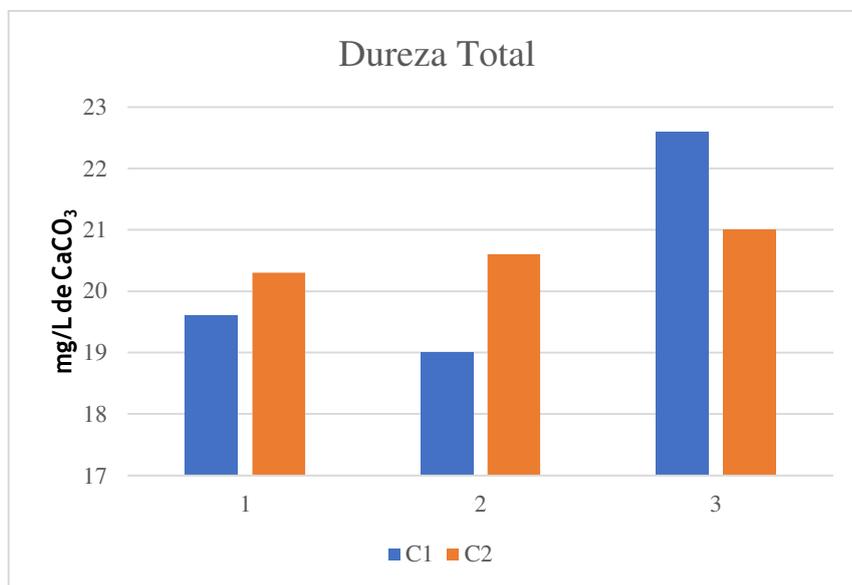
**Figura 11:** Dados comparativos para o parâmetro —CO<sub>2</sub>l, para as duas campanhas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para a dureza total, os teores se elevaram entre os pontos P1 e P2 da primeira para a segunda Campanha e diminuíram no ponto P3, tendo valores maiores para a primeira Campanha. Chama a atenção o fato de que o ponto P3 tem valores sempre mais elevados que os demais pontos, o que pode indicar que este parâmetro está sofrendo influência antrópica, pois é o ponto em que o rio Itapecuru ainda não cortou áreas urbanizadas.

**Figura 12:** Dados comparativos para o parâmetro —Dureza Total, para as duas campanhas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

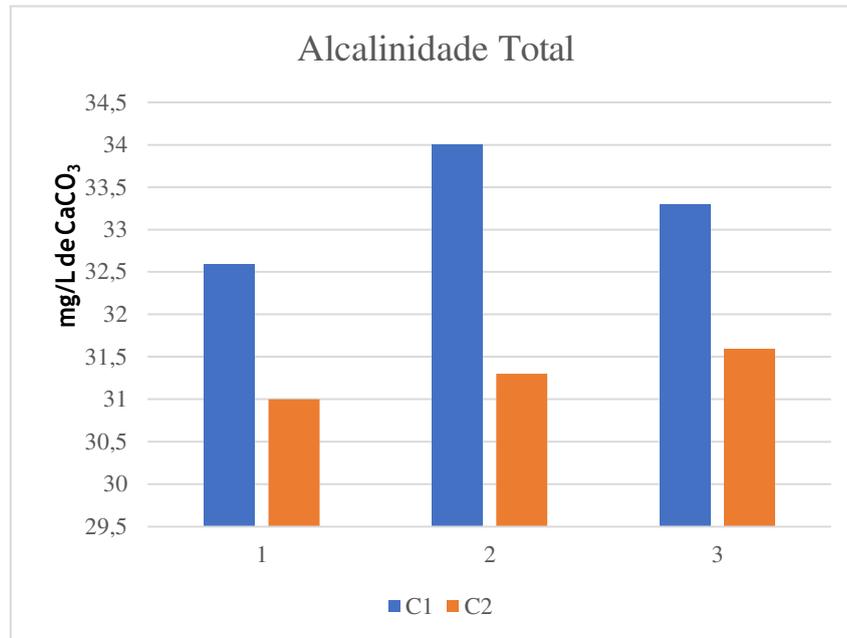
Os dados aqui obtidos indicam que a água do rio Itapecuru apresenta um nível determinado como —macial, onde os valores estão abaixo de 60 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Não é evidenciado risco a saúde para estes níveis e a água não apresenta resistência a dissolução de sabões ou detergentes.

A alcalinidade total foi bem mais elevada para os valores obtidos na Campanha 2 e com destaque para o ponto P2, que é bem na parte central urbanizada da cidade de Codó. Com a diminuição do volume das águas do rio na segunda campanha de coleta, o sistema aquático pode ficar mais acidificado, porém, este reflexo não foi sentido nos valores de pH para a segunda campanha, pois ficaram levemente básicos. A Alcalinidade aqui apresentada é considerada moderada o que implica em um sistema não muito tamponado, ou seja, susceptível a variações de pH.

Estes dados de alcalinidade foram semelhantes aos encontrados por Coelho et. al. (2015) em trechos urbanos de rios da região sudoeste da Bahia. Os autores encontraram média de 37,20 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Os autores indicam que até 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub> é considerado normal para processos de decomposição da matéria orgânica. Durezas mais elevadas podem levar a incrustações em instalações e encanamentos. Julián-Soto (2009)

estudando a dureza da água como indicador de qualidade encontrou valores expressivos para águas subterrâneas, em torno de 474 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

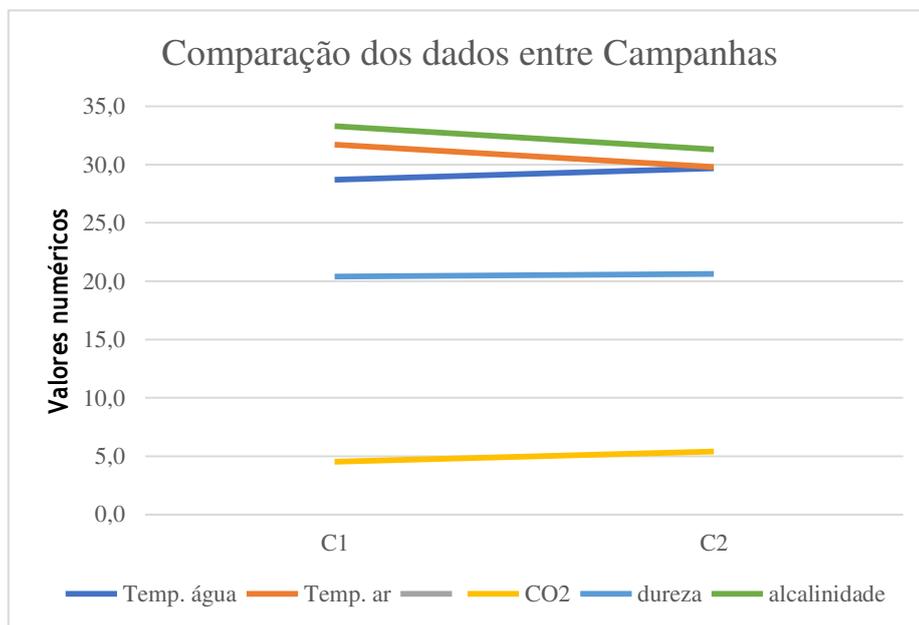
**Figura 13:** Dados comparativos para o parâmetro —Alcalinidade Total, para as duas campanhas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Para uma análise final de comparação, o gráfico da Figura 14 apresenta a variação das médias das medidas entre as duas campanhas. Observou-se que os valores de temperatura do ar e alcalinidade apresentaram decaimento, os de temperatura da água obtiveram leve aumento, com comportamento estável de CO<sub>2</sub> e dureza da água.

**Figura 14:** Dados comparativos entre campanhas, dos parâmetros analisados.



**Fonte:** Elaborado pelo autor. 2019.

Estes dados aqui organizados para as duas campanhas de coleta e análise de água refletem em média um comportamento não muito alterado do sistema, o que pode ser justificado pela proximidade dos meses de coleta. Ainda assim a variação na água do rio pode ser observada, pois o nível do rio variou, diminuindo cerca de um metro de altura da coluna d'água da primeira para a segunda campanha, justamente no período de transição entre a chuva e o período seco na região.

Entendeu-se que esses dados são iniciais ainda não conclusivos e devem ser colaborativos e somativos com dados futuros que possam auxiliar em um diagnóstico mais preciso da qualidade da água do Rio Itapecuru na cidade de Codó. Segundo a Resolução CONAMA Nº 357, a análise dos parâmetros de qualidade de água é de responsabilidade do poder público, que deve adotar medidas para controle e monitoramento.

## 7 LEVANTAMENTO DE PONTOS DE IMPACTO ANTRÓPICO

A partir das campanhas de coleta foram efetuadas fotografias de registro de pontos de impacto antrópico sobre o rio Itapecuru. As Figuras 15, 16 e 17 que segue apresentam os dados de imagens coletadas.

O riacho água fria (Figura 15A) é um efluente que nasce dentro do município de Codó desagua no rio Itapecuru, por esse atravessar a cidade, muitas casas próximas acabam por despejar seus esgotos, o poluindo, tendo sua situação agravada no trecho onde fica localizada a feira da cidade. Algumas famílias próximas ao próprio rio Itapecuru despejam seu esgoto diretamente no mesmo (Figura 15B).

**Figura 15:** A) Riacho Água Fria poluído desaguando no rio Itapecuru. B) Tubulação de descarte de esgoto doméstico.



**Fonte:** Arquivo do autor. 2019.

Foram localizados cinco pontos específicos de descargas de esgotos relacionados aos despejos de bairros populosos da Cidade de Codó. O efeito de cargas de esgoto não tratado lançados diretamente no rio pode comprometer a biota e a qualidade da água para fins tanto recreativos como para irrigação e consumo.

O rio Itapecuru é uma grande fonte de subsistência para muitas famílias durante seu percurso da nascente até o ponto onde o mesmo desemboca, sendo fonte de alimento e renda para milhares de pessoas, como por exemplo, a extração de areia do leito do mesmo por meio de motores que agem como dragas (Figura 16).

**Figura 16:** Ponto de extração de areia do leito do rio.



**Fonte:** Arquivo do autor. 2019.

A questão da dragagem ainda é discutida de forma tímida, visto que o impacto na dinâmica do rio não é um processo fácil e rápido de se avaliar. A dragagem na cidade de Codó é uma atividade que faz parte da rotina comercial da cidade e que está sujeita ao licenciamento ambiental mediante a Resolução N° 237/97, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. O licenciamento é feito pelo Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, e pela a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA (CASTRO et al. 2012).

Alguns desses motores vistos as margens do rio Itapecuru servem para transportar água para sistemas de irrigação de lavouras de moradores próximos ao rio, como apresentado na Figura 17. Foram observadas diversas plantações as margens ao longo do percurso do rio Itapecuru. As plantações fazem uso da água do rio para irrigação o que pode comprometer a qualidade do alimento, além de prejudicar as margens do rio pelo desmatamento de mata ciliar e ocasionar erosão no leito do rio (JACOBI et al. 2017).

**Figura 17:** Ponto de extração de água para irrigação de lavoura.



**Fonte:** Arquivo do autor. 2019.

A partir desses dados observados e registrados no trabalho, infere-se que, atualmente, o rio Itapecuru se encontra bastante impactado por ações antrópicas. Não existe um método ou diagnóstico específico para se indicar vulnerabilidade de água de rio, como se tem para águas subterrâneas, porém é preciso um estudo mais específico para avaliar este impacto e seus possíveis efeitos para o Itapecuru.

## 8 CONCLUSÃO

Os dados relativos à análise de água para as duas campanhas efetuadas em três pontos de coleta evidenciaram que os valores médios de temperatura do ar e da água estão dentro da normalidade do sistema para o rio Itapecuru no período do ano. A condutividade elétrica manteve-se estável entre os períodos de coleta, com leve queda entre o ponto P2 e P3. O ponto P1 apresentou sistema com valores mais elevados, podendo ter como a gente que cause essa variação, a matéria orgânica em decomposição com mais frequência nesse ponto. Os níveis de CO<sub>2</sub> foram mais elevados para a campanha 2, no período de baixa das águas do rio, sendo que a temperatura da água e do ar pode influenciar esses valores, porém, pelo fato da dinâmica do rio ser complexa, no dia da coleta das amostras podem ter sido afetadas.

Os teores de dureza total foram variantes entre os pontos e as estações. Apesar de pequenas oscilações, podem estar refletindo impactos antrópicos. Os dados de alcalinidade foram bem mais elevados para o período de cheia do rio, colaborando com os valores elevados de pH definidos pelo pHmetro, já que águas com acidez elevada mostram valores baixos de alcalinidade, e o inverso também pode ser visto, isso pode acontecer devido a reação ácido-base que ocorre no rio entre compostos ácidos e básicos. Os impactos antrópicos registrados podem estar comprometendo a qualidade da água do rio Itapecuru. Sendo que os impactos antrópicos diretos observados não afetam de forma efetiva e repentina a dinâmica do rio, devido o seu grande porte, visto que a velocidade de poluição e degradação pode ser maior que o tempo de depuração dos poluentes no rio e seu ciclo de regeneração.

## REFERÊNCIAS

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos** (CNDARH). 2005.

ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes**. 2004. 175f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. **Vulnerabilidade Socioambiental na Cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental**. Revista São Paulo em Perspectiva. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, p. 22, 1987.

ARAÚJO, P. P.; CHAVES, C. L.; SILVA, H. R. **Cartografia da Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas**. Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013.

BANDEIRA, I. C. N. **Geodiversidade do estado do Maranhão** / Organização Iris Celeste Nascimento. – Teresina: CPRM, 2013.

BAIRD, C. **Química ambiental** / Colin Baird, Michael Cann; tradução: Marco Tadeu Grassi... [et al.]; revisão técnica: Marco Tadeu Grassi. – 4. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2011.

BARRADAS, Manoel do Nascimento. **Rio Itapecuru: uma proposta de preservação**. Caxias: Comepi, 1996, 48p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017. Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.2914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, p. 39,12 dez. 2011.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988, 292 p.

BRASIL. Lei 9433, de 4 de janeiro de 1997. Publicada no Diário Oficial da União em 9 de janeiro de 1997.

BRASIL. Lei 7990, de 28 de dezembro de 1989. Publicada no Diário Oficial da União em 29 de dezembro de 1989.

BRASIL. Lei 9605, de 12 de fevereiro de 1998. Publicada no Diário Oficial da União em 13 de fevereiro de 1997.

BRASIL. Lei 9795, de 27 de abril de 1999. Publicada no Diário Oficial da União em 28 de abril de 1999.

BRASIL. Lei 9966, de 28 de abril de 2000. Publicada no Diário Oficial da União em 29 de abril de 2000.

BRASIL. Lei 9984, de 17 de julho de 2000. Publicada no Diário Oficial da União em 18 de julho de 2000.

BRASIL. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. Publicada no Diário Oficial da União em 16 de setembro de 1965.

CASTRO, S.M.; ALMEIDA, J.R. Dragagem e Conflitos Ambientais em Portos Clássicos e Modernos: Uma Revisão. *Soc. & Nat.*, Uberlândia, ano 24 n. 3, 519-534, set/dez. 2012

CARVALHO, G. M. B. S.; SOUZA M. J. N.; SANTOS, S. M. 2003. **Análise da vulnerabilidade à erosão: bacias dos rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE)**. Disponível em < <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6429/4856>> Acesso em 4 de julho de 2019.

**Educação, ambiente e sociedade: ideias e práticas em debate** / Programa de comunicação Ambiental, CST, Instituições de Ensino Superior. – Serra: Companhia Siderúrgica de Tubarão, 2004. 224p.: il.

GRANJA, S. I. B; WARNER, J; **A hidropolítica e o federalismo: Possibilidades de construção da subsariedade das águas no Brasil**; RAP, Rio de Janeiro 40(6): 1097-1121, nov. /Dez. 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2017.

**Censo demográfico 2010**. Disponível em

<[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores\\_sociais\\_municipais/default\\_indicadores\\_sociais\\_municipais.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/default_indicadores_sociais_municipais.shtm)> Acesso em 10 de setembro de 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2017.

**Área territorial 2018**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>> Acesso em 3 de abril de 2019.

JACOBI, P. R., GRANDISOLI, E. **Água e sustentabilidade: desafios e soluções**. 1 ed. São Paulo: IEE USP, 2017.

KAGEYAMA.P.Y. **Estudo para implantação de matas de galeria na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1986. 236p. Relatório de Pesquisa.

LI et al. **Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China**. *Ecological Modeling*, v. 192, p. 175–187, 2006.

- LIMA, W.P. **Função hidrológica da mata ciliar**. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargil, 1989. P 25-42.
- LOURENÇO, J. C.; ALENCAR, J. L. **Degradação ambiental e efetividade do poder de polícia ambiental em área de preservação permanente: O caso da floresta do Louzeiro em Campina Grande, Paraíba – Brasil**. In: DELOS - Revista Desarrollo Local Sostenible. Junio 2012. Vol 5, Nº 14.
- MACEDO, J. A. B., **Águas e águas**. 2 ed. São Paulo: Varela. 2008.
- METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L; LEEMANS, R.; SCHOTER, D. **The vulnerability of ecosystems services to land use change. Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, n. 1, p. 69-85, 2006.
- MMA, **Ministério do Meio Ambiente. Áreas de Preservação Permanente Urbanas**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/%C3%A1reas-de-prote%C3%A7%C3%A3o-permanente.html> > Acesso em 4 de julho de 2019.
- OLIVEIRA, M. N. et al. **Análise físico-química e microbiológica de águas de poços artesianos de uso independente**. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p.624-639, jul/set. 2018.
- ORSOI, Z. M. F; TORRES, S. D. A: **A política de Recursos Hídricos no Brasil**; BNDES, Rio de Janeiro, 1997.
- PARRON, L. M. **Manual de procedimento de amostragem e análise físico-químico de água** [Recurso eletrônico] / Lucilia Maria Parron; Daphne heloisa de Freitas Muniz; Claudia Mara Pereira – Dados eletrônicos. – Colombo: Embrapa Florestas, 2011.
- RICKLEFS, R.E. 2013. **Economia da Natureza**. 503 p. 6ª ed Guanabara Koogan.
- SANCHEZ, L, H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos/** Luís Enrique Sánchez. —2. Ed.—São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira**. 5ªed. São Paulo: Edusp, 2008. ISBN: 978-85-314-0860-1.
- SETTI, A. A: **A necessidade do Uso dos Recursos hídricos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente e da Amazônica legal, 1994.
- 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**, Vol. 30, Nº.8, 51-52, 2007.
- 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.

SPIRO, T. G; STIGLIANI, W. M; **Chemistry of the Environment** – 2. Ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

TAGLIANI, C. R. A. (2002). **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações**. Disponível em < <http://repositorio.furg.br/handle/1/3113> > Acesso em 4 de julho de 2019.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília: CEPAL/IPEA, 2012. ISSN: 2179-5495.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão** / Universidade Estadual do Maranhão. - São Luís, 2016.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VICTORINO. C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia o uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

VILLA, F.; McLEOD, H. **Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications**. *Environmental management*, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002. Disponível em < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11830764> > Acesso em 4 de julho de 2019.

**APÊNDICE.** Modelo de ficha de Coleta.

	<p>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</p>
<b>FICHA DE COLETA DE ÁGUA</b>	
<b>Data:</b> _____ / _____ / _____	<b>Hora:</b> _____
<b>Responsável:</b> _____	
<b>Identificação da amostra:</b> _____	
➤ <b>Natureza da amostra:</b> Água bruta (TIPO B).	
➤ <b>Tipo de amostra:</b> Amostra simples, superficial (0 a 30 cm).	
➤ <b>Nº da campanha:</b> Campanha 1	
➤ <b>Condições meteorológicas:</b> _____ _____	
➤ <b>Ponto de coleta:</b> _____	
➤ <b>Georreferenciamento:</b> _____	
➤ <b>Parâmetros para laboratório:</b> _____	
➤ <b>Medidas <i>in situ</i>:</b>	
• Temperatura da água = _____	
• Temperatura do ar = _____	
• pH = _____	
• Condutividade = _____	
➤ <b>Outras Observações:</b>	
_____	
_____	
_____	

