

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E QUALIDADE
AMBIENTAL NAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO TOCANTINS NO
MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ-MA**

ALANA FRANCO ZANINI¹; AICHELY RODRIGUES DA SILVA²

AFILIAÇÃO

¹²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão. Rua Godofredo Viana, 1300 – Centro; Cep: 65901-480, Imperatriz – MA.

RESUMO

A ecologia e planejamento da paisagem consiste no planejamento dos princípios ecológicos na avaliação das potencialidades da natureza e da paisagem para acolher os usos humanos, sobretudo, nas bacias hidrográficas. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da água e a qualidade ambiental do uso e cobertura da terra nas sub-bacias hidrográficas do rio Tocantins, no município de Imperatriz-MA, entre os anos de 1990 e 2020. Foram analisadas amostras de água superficial dos riachos Bacuri, Cacao e Capivara. Os parâmetros analisados para caracterizar a qualidade da água foram: pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e fósforo total, indicando alteração na qualidade da água por ações antrópicas. Em seguida, houve aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), em que foi possível avaliar e identificar possíveis fragilidades nos pontos dos riachos analisados, ressaltando aspectos naturais e antrópicos devido ao uso e ocupação do solo. Utilizando pesquisas anteriores foi possível fazer um comparativo analisando o resultado dos dados dessas pesquisas e da pesquisa atual e por fim, foi utilizado análise estatística para discutir os impactos apresentados nos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, Qualidade ambiental, Eutrofização.

INTRODUÇÃO

As mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra dependem do desenvolvimento natural e socioeconômico que acontece no espaço e no tempo. Este cenário foi retratado no estudo do *Global Land Outlook* (2022), o qual demonstrou que 70% da área terrestre do planeta Terra foi modificada por atividades antrópicas e que 40% foram degradadas, isto é, não é tão fértil quanto era originalmente (UNCCD, 2022). Para Nascimento (2016), a expansão urbana ocorre com a incorporação de novas áreas ao espaço urbano, tornando-se parte área urbanizada ou “mancha urbana”. Sob outro ponto de vista, McGrane (2016) defende que não existe concordância, na literatura, com a terminologia “mancha urbana”, pois os usos múltiplos das áreas urbanas são analisados em relação à densidade populacional, população total e presença de estruturas específicas, como moradia/escolas, superfícies impermeáveis, percentual de

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

atividades econômicas e não agrícolas.

Esse processo de urbanização traz diversos distúrbios aos cursos d'água causados pela falta de destinação apropriada dos efluentes e dos resíduos sólidos. Dessa forma, um estudo integrado é fundamental, dado que a bacia hidrográfica é um ambiente de múltiplas integrações naturais e socioeconômicas. Essas complexidades não podem ser “reduzidas a comportamentos lineares, muito menos o será quando encarada sob uma perspectiva ambiental (...). Não há como entender tal realidade por partes, separá-las, dividi-las e depois juntá-las para que funcionem novamente” (Vicente; Perez Filho, 2003, p. 342).

Outro dado importante, de um recente estudo realizado pelo MapBiomass (2022), constatou que no Estado do Maranhão a área de uso e ocupação antrópica passou de 111.310 hectares em 2010 para 123.077 hectares em 2020. O município de Imperatriz, segundo maior do Maranhão, presencia um modelo de expansão contínua e urbanização dispersa que contribui para a atual tendência das cidades médias brasileiras (Santos; Nunes, 2020).

Neste sentido, essa pesquisa buscou analisar a dinâmica da mudança do uso e cobertura da terra e a qualidade ambiental nas principais sub-bacias hidrográficas no município de Imperatriz-MA. Vale destacar que essas sub-bacias drenam para o rio Tocantins, a saber: Bacuri, Cacaú e Capivara que sofrem degradação oriunda do aumento da mancha urbana, desmatamento das matas ciliares e falta de saneamento ambiental (Nascimento; Gomes; Costa et al. 2015; Silva; Santos, 2015; Mendes Neto; Soares; Lucena, 2018, Rodrigues; Santos; Barbosa, 2019; Santos; Nunes; Santos 2020; Oliveira; Targa; Balduino, 2021).

Para tal propósito, nesta pesquisa foram utilizadas imagens de satélite essenciais no monitoramento do desmatamento, na preservação ambiental e na identificação de impactos causados pela ação humana (Florenzano, 2002). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) colaboram para o mapeamento e zoneamento, sendo utilizados na fiscalização e planejamento em bacias hidrográficas e seus respectivos espaços, uma vez que as mudanças ocorrem em uma pequena escala temporal (Rodrigues et al., 2014). Além disso, foi utilizado o modelo *LecoS* (*Landscape Ecology Statistics*). Além disso, foi aplicado a Análise de Componentes Principais (ACP) que é uma ferramenta eficaz no gerenciamento de recursos hídricos e controle de poluição, além de ser útil na identificação de possíveis fatores de influência nas bacias hidrográficas (Finkler et al., 2015). Considerando tudo isso, a pesquisa buscou refletir sobre os cursos d'água que temos e os que queremos, além dos impactos socioambientais gerados e suas consequências para o bem-estar da população imperatrizense.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

METODOLOGIA

Por se tratar de uma pesquisa em três sub-bacias afluentes do rio Tocantins que drenam o município de Imperatriz-MA, foram necessárias as seguintes metodologias: revisão bibliográfica, coleta de dados primários e secundários, formação de banco de dados, estudo de caso e aplicação do modelo utilizando geoprocessamento.

Para a pesquisa in loco para a análise da qualidade Ambiental foi adotado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que é uma investigação visual de ambiente que agrega resultados à análise de uso e cobertura da terra, proposto por Silva (2016). Esse protocolo analisa as condições das margens, da vegetação ciliar, da qualidade da água, a intensidade de urbanização e a presença de fauna nativa. Em seguida, para identificar a dinâmica espaçotemporal do uso/cobertura da terra nas áreas de estudo foram utilizadas informações de uso e cobertura adquiridas no Mapbiomas e Google Engenier Pro. A identificação das categorias de paisagem e a mudança temporal serão feitas com auxílio do plugin LecoS (*Landscape Ecology Statistics*) no software QGis 3.14 Pi π . O LecoS é capaz de calcular, de forma automatizada, as métricas básicas e avançadas de paisagem com dados de sensoriamento remoto (JUNG, 2016). Foi ainda calculado o índice de diversidade Shannon das espécies vegetais analisadas basearam-se em a fórmula, conforme Kaufmann e Pinheiro (2009):

RESULTADOS E DISCUSSÃO

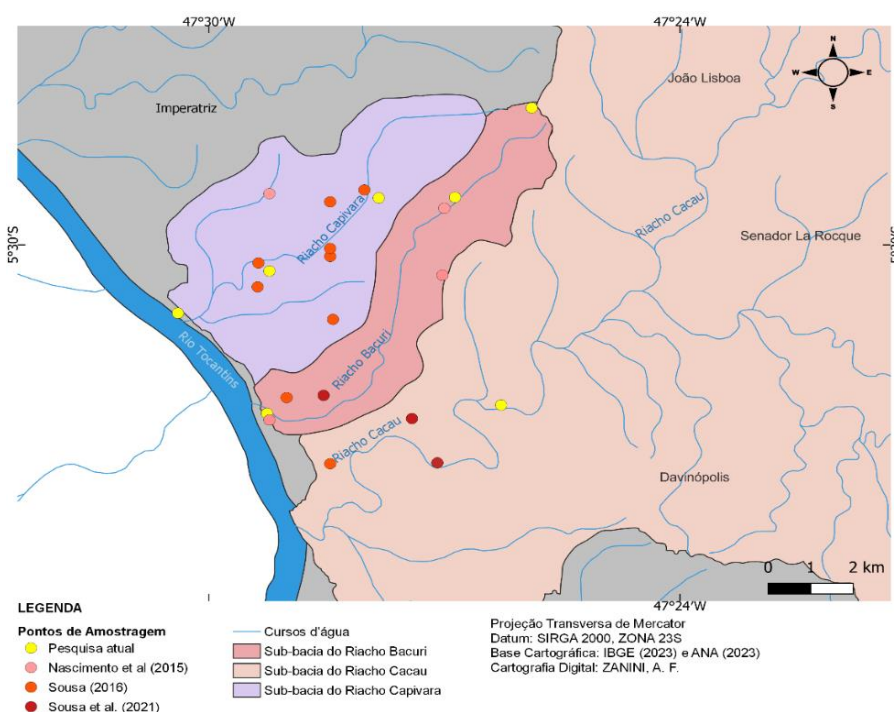
Foi realizado levantamento de dados pretéritos de pesquisas realizadas nas sub-bacias dos riachos Bacuri, Cacaú e Capivara, no município de Imperatriz-MA. Na figura 1, estão representados os pontos das pesquisas realizadas nos anos de 2015, 2016, 2021 e a pesquisa atual no ano de 2023. Dito isto, observa-se maior concentração de coleta de dados nas sub-bacias dos riachos Bacuri e Capivara, dado que o território destas se encontra no perímetro urbano de Imperatriz-MA. Um dos fatores a ser analisado, visto que houve poucas pesquisas na sub-bacia do riacho Cacaú seria a sua grande extensão territorial, de 917 km². Os pontos de amostragem estão concentrados no perímetro urbano da cidade de Imperatriz e próximo ao Rio Tocantins. Além disso, o transporte até o local e a área das coletas são mais acessíveis quando realizadas dentro da cidade, facilitando a realização da pesquisa.

Na pesquisa de Nascimento (2015) foi realizado um levantamento da concentração de

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

metais (Cu, Pb, Cr e Fe), nos riachos Bacuri e Capivara. Para o autor, as variações dos parâmetros físico-químico indicam alteração na qualidade da água, alterações que são ocasionadas por ações antrópicas, tais como: despejo de resíduos domésticos líquidos, deflúvio superficial urbano, assoreamento, disposição inadequada de resíduos sólidos e erosão do solo. Foram detectadas ainda concentrações de todos os metais estudados, indicando poluição nos riachos Bacuri e Capivara, colocando em risco a saúde da população.

Figura 1- Pontos de coletas nas sub-bacias Bacuri, Cacao e Capivara, entre os anos de 2015 à 2021, no Maranhão.



Fonte: Autora (2023)

A pesquisa de Sousa (2016) realizou uma análise dos impactos do processo de urbanização na deterioração da qualidade da água e do ambiente na sub-bacia do riacho Capivara. O estudo apontou que houve ao longo dos anos um intenso processo de ocupação das margens do riacho, além de ações antrópicas que tem causado grande impacto. De acordo com Sousa (2016), a principal causa desse impacto advém do excessivo lançamento de efluentes que são lançados nas águas do riacho, prejudicando a capacidade de autodepuração desse curso d'água. Já a pesquisa de 2021 foi realizada no riacho Cacao, onde foi avaliado a qualidade da água, trazendo variáveis físico-químico ao longo do percurso amostrado. Segundo Sousa (2021), a pesquisa indicou haver alterações na qualidade da água em decorrência de ações

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

antrópicas, como: despejo de resíduos domésticos e sanitários líquidos, assoreamento e erosão do solo, causados pelo crescimento imobiliário ao longo dos anos, provocando processo de eutrofização em vários pontos do riacho Cacau.

Dito isto, os valores obtidos para o pH, que tiveram variância de 6,60 a 8,04 em nove pontos das três sub-bacias, encontram-se dentro da faixa considerada para a manutenção da vida aquática de acordo com o CONAMA 357/05, Figura 2. Essa lei estabelece valores variados entre 6 e 9, portanto, os valores dos riachos Bacuri, Cacau e Capivara permanecem dentro dos valores da resolução do CONAMA. O pH é um parâmetro importante na avaliação de um corpo hídrico, pois este está diretamente relacionado a disponibilidade de nutrientes para as plantas, influenciando várias reações definindo mecanismos de sorção e alterando o equilíbrio químico (Jordão et al., 1999).

Figura 2 – Concentração de pH nas sub-bacias hidrográficas analisadas: Bacuri (B), Cacau (CA) e Capivara (CP), no Maranhão

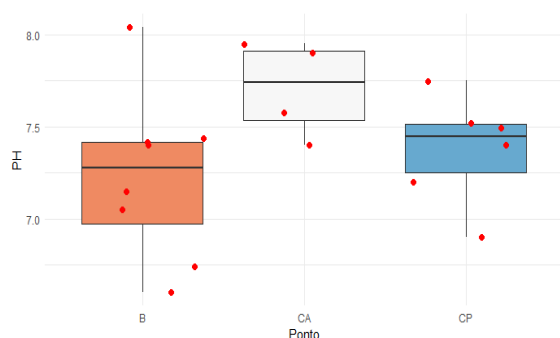
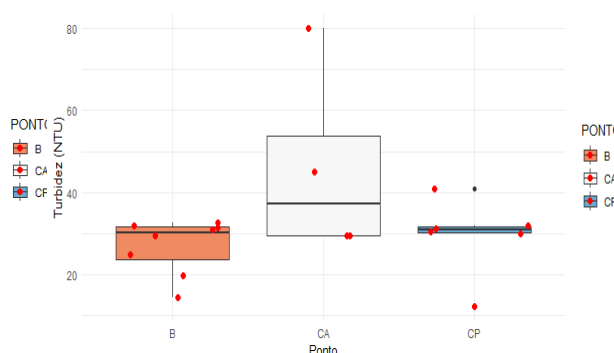


Figura 3 – Concentração de turbidez nas sub-bacias hidrográficas analisadas: Bacuri (B), Cacau (CA) e Capivara (CP), no Maranhão



Fonte: Autora (2023)

Os valores de turbidez da água observados nos três riachos estavam dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA, abaixo do nível permitido de 100 UNT, figura 3. Segundo Heller e Padua (2006) *apud* Petry et al. (2014), a turbidez é definida como uma medida de transparência da água. Essa transparência é determinada pela quantidade de partículas em suspensão (silte, argila, sílica, colóides), que podem ser tanto matéria orgânica como inorgânica. Em relação a coloração da água, o Ministério da Saúde que prevê valores inferiores a 15 UH25. Segundo Viana et al (2009), valores superiores ao permitido significam que a água está com coloração escura, e, portanto, é imprópria para consumo humano.

Os valores para Oxigênio Dissolvido (OD), em alguns pontos amostrais da pesquisa

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

está bem abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA (5,00 mg/L). Como pode ser destacado o riacho do meio (afluente do riacho Bacuri), em que tanto em período seco como período chuvoso obtive valores de 1,30 e 1,00 mg.L⁻¹. Seguindo do ponto 1 do riacho Capivara, com valores de 3,10 e 4,50 mg.L⁻¹ em período seco e chuvoso, na figura 4. Para Silva et. al. (2014) o Oxigênio Dissolvido pode ser considerado como o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Além de ser importante para os organismos anaeróbicos (sobrevivem na ausência de oxigênio), durante a estabilização da matéria orgânica as bactérias utilizam oxigênio em seus processos respiratórios, podendo reduzir sua concentração nos esgotos tratados ou em cursos d'água. A ausência de animais, como peixes por exemplo, nos pontos citados pode se dar pela baixa concentração de OD na água. Segundo Silva et al. (2014), a maioria das espécies de peixes não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg.L⁻¹.

A temperatura média das amostras ficou em 28,3°C, considerada adequada de acordo com CONAMA (2005), que estabelece que a temperatura no ambiente aquático seja inferior a 40° C. A menor temperatura foi 25,3 °C, no ponto 1 do riacho Bacuri e a maior 30,1 °C no ponto 2, deste curso d'água (Figura 5). A temperatura afeta algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, concentração de gases dissolvidos) e tem efeito direto sobre a taxa ou cinética das reações químicas, nas estruturas proteicas e funções enzimáticas dos organismos (Araújo; Santos; Oliveira, 2013).

Figura 4 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD) em mg.L⁻¹, nas sub-bacias hidrográficas analisadas: Bacuri (B), Cacau (CA) e Capivara (CP), no Maranhão

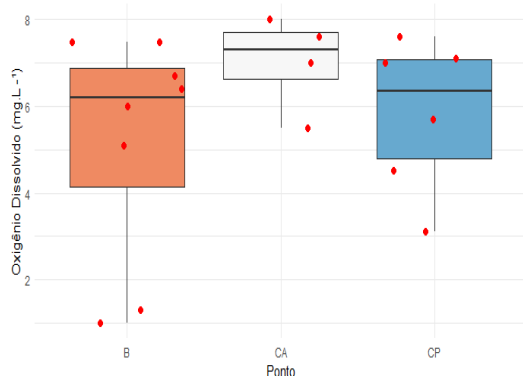
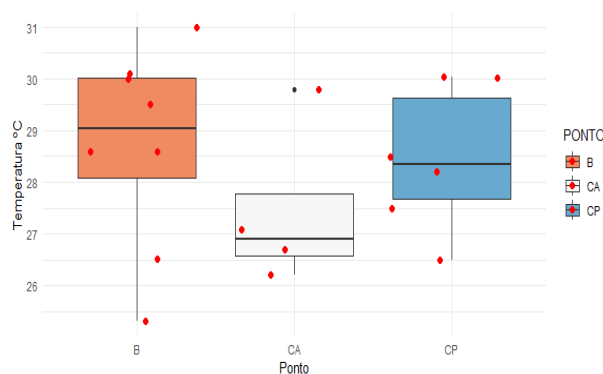


Figura 5 – Temperatura da água (°C), nas sub-bacias hidrográficas analisadas: Bacuri (B), Cacau (CA) e Capivara (CP), no Maranhão



Fonte: Autora (2023)

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Nas análises desta pesquisa as concentrações de nitrogênio e fósforo (Figura 6 e 7), destacaram-se com valor elevado de fósforo nas fozes do riacho Bacuri e Capivara. Enquanto os valores elevados de nitrogênio foram em pontos onde havia casas construídas nas margens dos riachos, resultando em lançamento direto do esgoto doméstico. A presença de grande quantidade de nutrientes como nitrogênio e fósforo nos efluentes leva ao desenvolvimento em excesso de algas e por consequência tem-se a eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (Braga et al., 2005).

Figura 6 - Concentração de nitrogênio total (NT) em mg.L^{-1} , nas sub-bacias hidrográficas analisadas: Bacuri (B), Cacau (CA) e Capivara (CP), no Maranhão

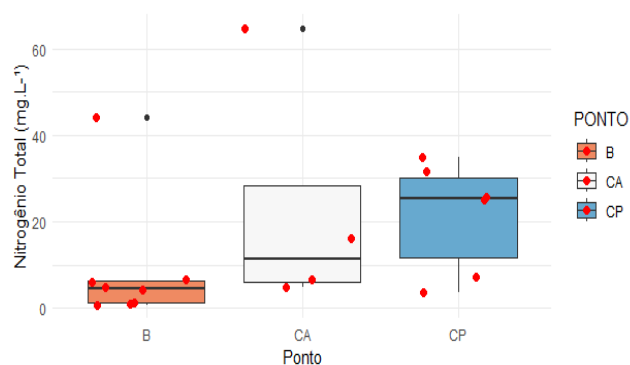
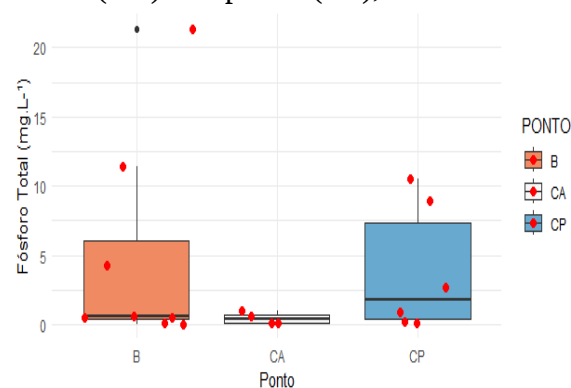


Figura 7 - Concentração de fósforo total (PT) em mg.L^{-1} , nas sub-bacias hidrográficas analisadas: Bacuri (B), Cacau (CA) e Capivara (CP), no Maranhão



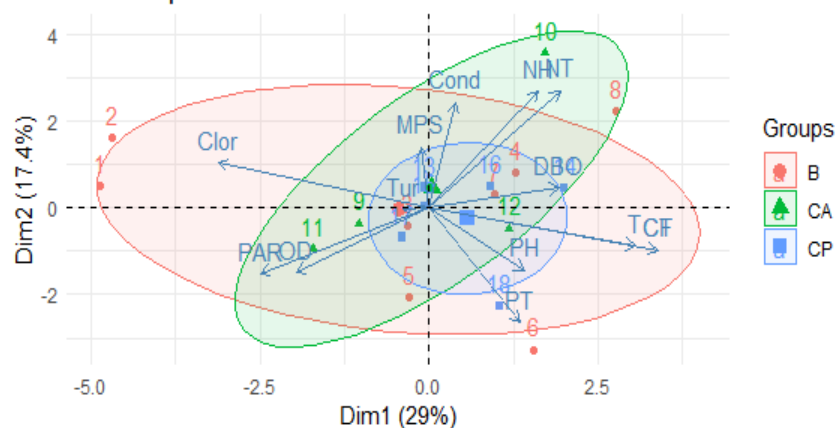
Fonte: Autora (2023)

O teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) apresentou $D=0,09$ e p -valor de $0,4$ para a normalidade dos dados. A apresentação dos resultados da aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP), neste estudo, expõe uma análise conjunta das três sub-bacias, com o objetivo de visualizar o arranjo dos parâmetros que influenciam a variação da qualidade da água de maneira global. A variância explicada foi de 29% para os dados de qualidade da água no eixo 1 e $17,4\%$ no eixo 2 (Figura 8). De acordo com os resultados, o agrupamento das variáveis mais representativas e as sub-bacias, nas ACP demonstrou que a sub-bacia do Riacho Bacuri (vermelho) incluiu o maior número de variáveis indicando a péssima condição ambiental retratada também no uso e ocupação do solo como indicado anteriormente. Desse modo, pode-se concluir que, esses parâmetros são influenciados pelo processo de lançamento de resíduos líquidos domésticos, industriais e pluviais que arrastam resíduos sólidos para esses corpos hídricos. A associação desses parâmetros indica que as águas que cortam o perímetro urbano de Imperatriz estão contaminadas pelos despejos de efluentes domésticos *in natura* devido à

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

falta de saneamento básico no município.

Figura 8 – Análise de Componentes principais (ACP) com as variáveis que descrevem a qualidade da água nas sub-bacias analisadas



Fonte: Autora (2023)

A sub-bacia do Capivara foi que englobou um menor número de variáveis, apenas pH, DBO, Turbidez. Já as melhores condições foram retratadas na sub-bacia do Cacau com o melhor PAR, sendo a área com menor ação antrópica, pois é onde se encontra menor concentração de poluentes. Vale destacar que os pontos da sub-bacia estão localizados a maior distância da área urbana e que ainda existem preservação da mata ciliar neste riacho a montante de Imperatriz. Apesar de serem localizado nessas áreas, ainda se verifica presença de nitrogênio total (NT), que pode estar associada a águas residuais domésticas ou agrícolas.

CONCLUSÕES

A realização de pesquisas e coletas de água dos riachos teve como objetivo analisar os impactos que esses riachos sofrem todos os anos ocasionado pelos problemas cotidianos da cidade, como, excesso de resíduos sólidos nas encostas dos riachos, falta de saneamento básico, construções de moradia à margem dos riachos, córregos e canais que despejam dejetos diariamente, resultando na eutrofização das sub-bacias analisadas e consequentemente, ocasionando impacto no rio Tocantins. Neste estudo o riacho Bacuri demonstrou maior impacto tanto da parte de qualidade ambiental e como consequência da qualidade da água.

Em linhas gerais para todas as três sub-bacias e um afluente pesquisados, a análise do PAR mostra que, todas as quatro sub-bacias estão em condições precárias de sua qualidade ambiental. As áreas que tiveram maior impacto foram riacho do Meio e Capivara, que obtiveram uma média de 8,5 e 21,57.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

APOIO FINANCEIRO

À FAPEMA pela bolsa de Iniciação Científica da acadêmica e a UEMASUL pelo auxílio na elaboração da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UNCCD. United Nation Convention to Combat Desertification. **Global Land Outlook**, 2022. Disponível online: <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo2-summary-decision-makers>. (Acesso em 25 de Agosto de 2023).

MCGRANE, S. J. Impacts of urbanization on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 13, p. 2295–2311, 2016.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

MAPBIOMAS. Plataforma – uso e cobertura do solo. Disponível online: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>. (Acesso em 27 de Agosto de 2023).

SANTOS, R. L.; NUNES, F. G. Mapeamento da expansão urbana e dos vetores de crescimento no município de Imperatriz-MA. **Espaço & Geografia**, v. 23, n. 1, p. 209 – 234, 2020

NASCIMENTO, B. L. M.; GOMES, D. R. C. de S.; COSTA, G. P.; ARAÚJO, S. S.; SANTOS, L. C. A. dos; OLIVEIRA, J. D. de. Comportamento e avaliação de metais potencialmente tóxicos (Cu (II), Cr (III), Pb (II) e Fe (III)) em águas superficiais dos Riachos Capivara e Bacuri Imperatriz-MA, Brasil. **Eng Sanit Ambient.**, v.20, n.3, p. 369-378, 2015.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002, 97 p.

RODRIGUES, M. T.; POLLO, R.A.; RODRIGUES, B.T.; *et al.* Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao uso da terra para avaliação entre classificadores a partir do índice Kappa. **Revista Científica de Eng. Florestal**, v. 23, n. 1, p. 60 – 70, 2014.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Rev. Ambient. Água**, v. 10, n. 4 p. 782-792, 2015.

SOUSA, R. C. de. **Efeitos da expansão urbana na microbacia do riacho Capivara, Imperatriz-Maranhão**. Goiânia, 2016. Disponível online: <https://www.semanticscholar.org/paper/EFEITOS-DA-EXPANS%C3%83O-URBANA-NA-MICROBACIA-DO-RIACHO-Sousa/edd3d0ce9109b119235aa2075b37c07189bf12f7>. (Acesso em 04 de Setembro de 2023).

SOUSA, M. J. A. de; et al. Índice da qualidade de água da sub-bacia do riacho cacau, portal da amazônia Imperatriz-MA. **Research, Society and Development**. v 10, n. 2 p. 1-18, 2021.

JORDÃO, C. P.; SILVA, A. C.; PEREIRA, J. L.; BRUNE, W. (1999) Contaminação por cromo de águas superficiais proveniente de curtumes em Minas Gerais. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 47-52, 1999.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

PETRY, D.; OLIVEIRA, D. M. de; CORTEZ, I. C.; BARELLA, L. A.; SILVA, M. O.; KRONBAUER, M. A.; CAVALCANTE, S. M. A.; OLIVEIRA, E. C. Análise físico-química da água de nascentes do Vale do Taquari no Município de Cruzeiro do Sul – RS. **Anais...** do VI Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari, 22 a 27 de outubro de 2012, Lajeado, RS / Orgs.: Mouriac Halen Diemer, Emanuele Amanda Gauer, Fabiane Maria Datsch. - Lajeado, RS: Ed. da Univates, 2014

VIANA, E. P. T.; GALDINO, P. O.; FERREIRA, R. C.; DANTAS, T,R ; ARAUJO, K,D . Poluição do Riacho Agon em Catolé do Rocha - PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p. 77-77, 2009.

SILVA, Viviane Farias; FERREIRA, Aline Costa; SILVA, Vanessa Farias; BARACUHY, Jose Geraldo Vasconcelos. Análise de corpos hídricos constituintes do Riacho das Piabas em Campina Grande/PB. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, v.13, n.4, p.3460-3466, 2014.

ARAÚJO, M. C.de; SANTOS, F. M.da S.; OLIVEIRA, M. B. M. de. **Análise da Qualidade da Água do Riacho Cavouco – UFPE**. 2013. Disponível online: http://www.unicap.br/encontrodasaguas/wp-content/uploads/2013/07/Marlyeta-Chagas-de-Araujo-ufpe-Trabalho_2073002545.pdf . (Acesso em 28 de Agosto de 2023).

BRAGA, B, HESPANHOL, B., CONEJO, J. G. L., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N. & EIGER, S Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Prentice Hall, 2005.