



ANÁLISE DA PAISAGEM EM UM AFLUENTE DO RIO TOCANTINS NO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ -MA

Aichely Rodrigues da Silva
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
aichely.rodrigues@uemasul.edu.br

RESUMO – No Brasil, a ocupação de áreas sem infraestrutura sanitária causa a degradação da qualidade das águas superficiais. Esta pesquisa objetiva analisar a modificação do uso e da cobertura da terra na escala temporal e a qualidade ambiental pela dinâmica da paisagem do entorno do curso d'água na sub-bacia do Riacho Bacuri, no município de Imperatriz-MA. Para isso, foram utilizados dados de sensoriamento remoto disponibilizados pelo MapBiomias e a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) nos períodos chuvosos e de estiagem. Os resultados demonstram a redução de 49,9% nas áreas de pastagem e o aumento de 31,2% na mancha urbana entre os anos de 2009 e 2019. Na sub-bacia do Bacuri, é visível que o curso d'água vai perdendo sua qualidade após as áreas de intensa urbanização, fato que interfere na qualidade da água e, sobretudo, na saúde ambiental. Espera-se que o Riacho Bacuri seja visto pelo poder público e pela sociedade em geral com responsabilidade e que, ademais, medidas de recuperação desse curso d'água sejam implantadas nesta sub-bacia.

Palavras-chave: Qualidade ambiental; Protocolo de Avaliação Rápida; Sub-bacia do Riacho Bacuri.

LANDSCAPE ANALYSIS IN A TRIBUTARY OF THE TOCANTINS RIVER IN THE MUNICIPALITY OF IMPERATRIZ – MA

ABSTRACT – In Brazil, the occupation of areas without sanitary infrastructure causes the degradation of surface water quality. This research aims to analyze the modification of land use and land cover in the temporal and the environmental quality by the dynamics of the landscape around the watercourse in the Riacho Bacuri sub-basin, in the municipality of Imperatriz-MA. For this, remote sensing data provided by MapBiomias and the application of the Rapid Assessment Protocol (PAR) were used in the rainy and dry periods. The results demonstrate a 49.9% reduction in pasture areas and a 31.2% increase in the urban area between 2009 and 2019. In the Bacuri sub-basin, it is visible that the watercourse loses its quality after areas of intense urbanization, a fact that interferes with water quality and, above all, environmental health. It is expected that the Riacho Bacuri will be seen by the government and society in general with responsibility and that, in addition, measures for the recovery of this watercourse will be implemented in this sub-basin.

Keywords: Environmental Quality; Rapid Assessment Protocol; Riacho Bacuri sub-basin.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma enorme riqueza em relação à malha hídrica, no entanto, esses recursos hídricos estão sofrendo com o crescimento das cidades. Com afirmam Marotta, Santos e Enrich-Prast (2008), a extensão dos tecidos urbanos à margem da legislação de uso e a ocupação da terra, associadas à especulação imobiliária, vêm sendo reproduzidas por diferentes classes sociais. Esse fato resulta na ocupação de áreas sem infraestrutura sanitária, causando a degradação da qualidade das águas. No Brasil, várias cidades cresceram nas margens de rios e acabam virando as costas a eles: “isto resulta

das próprias dinâmicas históricas das cidades no cruzamento dos caminhos fluviais e terrestres; assim, as cidades-rios são chaves para a leitura do mundo e do ambiente” (ASSAD, 2013, p.7).

A Agência Nacional das Águas (ANA, 2021) destacou, nos estudos entre 2019 e 2020, que cursos d’água que atravessam áreas altamente urbanizadas receberam elevadas cargas orgânicas provenientes de efluentes domésticos não tratados e da poluição difusa. Dessa forma, a poluição por cargas orgânicas nos aglomerados urbanos é um dos principais problemas no país. Esse fato é mais preocupante no estado do Maranhão, em que apenas 11,5% da população foi atendida pela coleta de esgotos em suas residências em 2019 (TRATA BRASIL, 2021). Isto é, estima-se que, diariamente, são despejados cerca de 440 bilhões de litros de esgoto *in natura* nos cursos d’água desse estado. Conforme esse mesmo estudo, no município de Imperatriz, segunda maior cidade do estado, o *déficit* relativo à coleta de esgoto representou 70,8% da população. Para Calijuri *et al.* (2009), a conservação e a proteção do meio ambiente são decisórias nas medidas relativas à promoção da saúde nas populações.

Considerando tudo isso, esta pesquisa tem o objetivo de analisar a modificação do uso e da cobertura da terra na escala temporal de uma década e a qualidade ambiental pela dinâmica da paisagem do entorno do curso d’água na sub-bacia hidrográfica do Riacho Bacuri, no município de Imperatriz-MA. O artigo está estruturado como segue: na seção metodológica, será introduzida a análise do uso e da cobertura da terra com os dados do MapBiomass, além da análise da qualidade ambiental da sub-bacia com aplicação do PAR. Em seguida, serão apresentados os resultados e a discussão da análise conforme os objetivos propostos. Na seção final, serão discutidas as principais conclusões da pesquisa e uma sugestão de pesquisas futuras.

Como recortes de análise para compreender a atual situação de um curso d’água urbano no município de Imperatriz-MA, foi investigada a sub-bacia do Riacho Bacuri. Esse é um dos cursos d’água que corta a área urbana desse município. Nesta pesquisa, para a análise do uso e cobertura da terra na sub-bacia do Riacho Bacuri, afluente do Rio Tocantins, foram utilizados dados de sensoriamento remoto disponibilizados pelo MapBiomass. Além disso, para a análise *in loco* foi aplicado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) no período chuvoso e de estiagem (sem precipitação). Sobre o PAR, é uma ferramenta que proporciona a análise qualitativa não apenas dos cursos d’água, mas também dos ecossistemas que estejam inseridos na bacia hidrográfica.

METODOLOGIA

Área de estudo

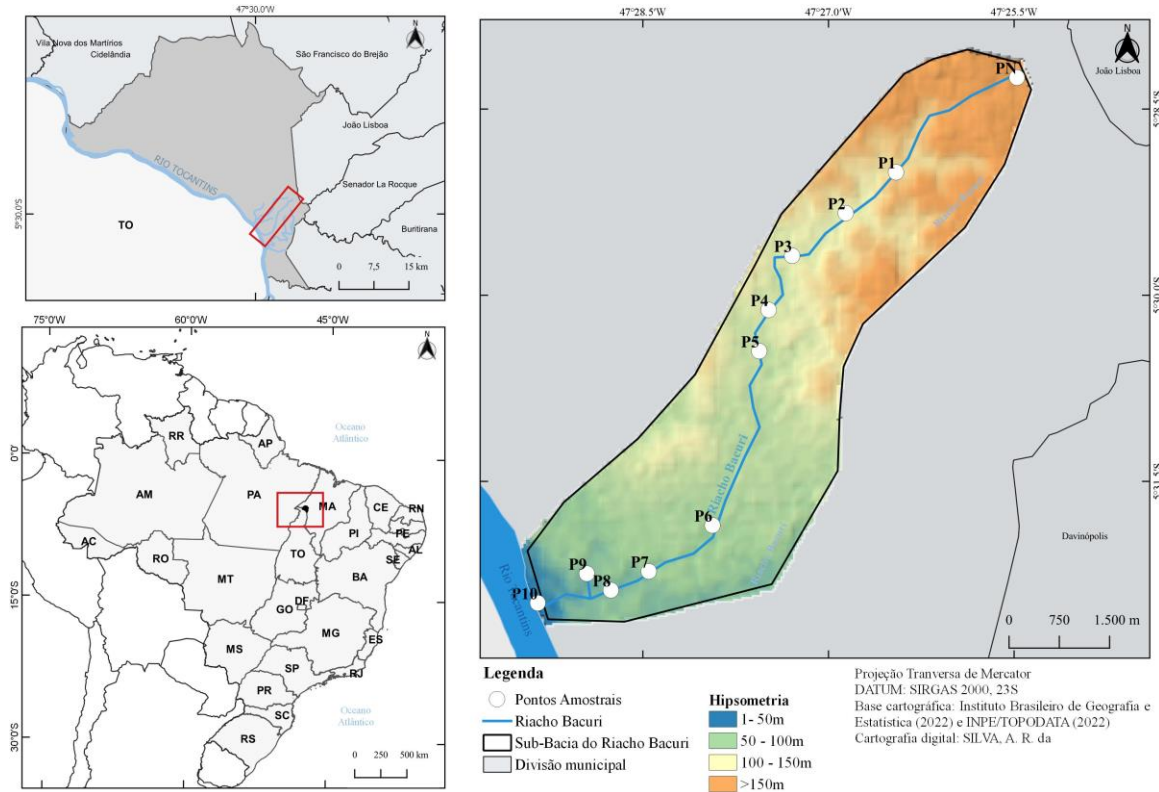
O município de Imperatriz, no Maranhão, é o segundo maior do estado, com 259.980 habitantes estimados e densidade demográfica de 180,8 hab/km² (IBGE, 2021). Está localizado numa área de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Pertence à mesorregião do Oeste Maranhense e é a capital da Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (RMSM).

O município é banhado pelo rio Tocantins, no Médio Tocantins, pertencente à bacia Araguaia-Tocantins. Esse rio é fonte de pescado para a população, sendo, ainda, uma oportunidade de lazer pelas praias fluviais. Em Imperatriz, o rio Tocantins dispõe de nove afluentes: os riachos Cacau, Bacuri, Santa Teresa, Capivara, Barra Grande, Cinzeiro, Angical, Grotão do Basílio e Saranzal. Nesta pesquisa, será analisada a sub-bacia do Riacho Bacuri (Figura 1).

O Riacho Bacuri possui cerca de 24,9 km², sendo que o rio principal detém 12,7 km de extensão. A vazão de referência (Qref) desse riacho é de 4.366,4 l/s (ANA, 2017). Esse curso d’água percorre diversos bairros, os quais são considerados os mais povoados do município. O riacho Bacuri inicia seu curso no limite entre os municípios de Imperatriz e João Lisboa, seguindo pelos bairros Vila Esmeralda, Vila João Castelo, Parque das Palmeiras, Amazonas, Vila Redenção I e II, Vila Lobão, Parque Sanharol, Parati, Jardim Planalto, Jardim Lopes, Vila

Nova, Jardim Imperatriz, Jardim São Luís, Aeroporto, Bacuri, Caema e União, como destacado por Oliveira *et al.* (2021).

Figura 1. Localização da sub-bacia do Rio Bacuri em Imperatriz – MA e os pontos amostrais desta pesquisa.



Org. Autora (2022)

Materiais e métodos

A área de contribuição da sub-bacia do riacho Bacuri foi delimitada com auxílio da carta da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) pela topografia matricial de Imperatriz, código SB-23-V-C-250.000, disponível no portal da BDGEX (<https://bdgex.eb.mil.br>). Já os dados de uso e cobertura solo foram adquiridos no site do Mapbiomas, coleção 5.0 (https://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collectionadquiridos) e manipulados com auxílio do *Google Engenier*. Para Gonçalves e Ribeiro (2021), a coleção 5 do MapBiomas resulta da classificação do histórico de imagens multiespectrais de 30 metros de resolução espacial, captadas pelo satélite *Landsat*. A análise das categorias de paisagem e a mudança temporal foram realizadas no *software* QGIS 3.0 e classificadas pelo *plugin* LecoS (*Landscape Ecology Statistics*). O LecoS calcula uma variedade de métricas básicas e avançadas de paisagem de forma automatizada, com dados de sensoriamento remoto (JUNG, 2016).

Para a avaliação da qualidade ambiental da paisagem ribeirinha, foram escolhidos onze pontos amostrais, da nascente à foz (Quadro 1). A pesquisa foi realizada no mês de abril (chuvoso) e julho (de estiagem) na região.

Quadro 1. Pontos amostrais na sub-bacia do Rio Bacuri, no município de Imperatriz-MA.

Ponto amostral	Coordenadas geográficas	Localização
Nascente	5°28'14.76"S / 47°25'28.66"O	Rua São Raimundo
Ponto 1	5°29'0.52"S / 47°26'27.30"O	Rua São João
Ponto 2	5°29'20.30"S / 47°26'51.66"O	Av. Manoel Francisco de Almeida
Ponto 3	5°29'40.90"S / 47°27'17.66"O	Rua Doná Floresta
Ponto 4	5°30'7.08"S / 47°27'29.06"O	Av. Jacob
Ponto 5	5°30'27.00"S / 47°27'33.62"O	Av. Guarani
Ponto 6	5°31'51.21"S / 47°27'56.30"O	Av. da Liberdade
Ponto 7	5°32'13.44"S / 47°28'27.17"O	Rua Leôncio Pires Dourado
Ponto 8	5°32'22.56"S / 47°28'45.53"O	Av. Godofredo Viana
Ponto 9	5°32'14.53"S / 47°28'57.19"O	Rua Coronel Manoel Bandeira
Ponto 10	5°32'28.74"S / 47°29'20.97"O	Foz do Riacho Bacuri

Org. Autora (2022).

A análise da paisagem foi realizada pelo Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que é uma investigação visual de ambiente que agrega resultados à análise de uso e cobertura da terra. Nesta pesquisa foi utilizado o PAR proposto por Silva (2016), que analisa as condições das margens (incluindo a presença de erosão), da vegetação ciliar, da qualidade da água (alteração na cor e cheiro, presença de resíduos sólidos); a intensidade de urbanização; e a presença de fauna nativa. O valor final do PAR foi obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro, conforme as condições encontradas no ambiente no dia da coleta: pontuação de 0 a 25 (área impactada), 26 a 50 (área alterada) e 51 a 75 (área natural).

Nesta pesquisa foi estimada ainda a população da área da sub-bacia do Riacho Bacuri com os dados dos setores censitários, em formato *shapefile*, e dos setores censitários de população pela tabela de arquivo do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), com auxílio do *software* QGIS 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da paisagem da sub-bacia do riacho Bacuri

A análise da paisagem da sub-bacia do Riacho Bacuri pela técnica de geoprocessamento demonstrou redução de 49,9% nas áreas de pastagem entre os anos de 2009 e 2019. Por outro lado, ocorreu aumento de 31,2% na mancha urbana nesse mesmo período (Tabela 1). Essa mudança na paisagem aconteceu recentemente na área sentida a montante da sub-bacia do Bacuri, como pode ser visto na Figura 2. Esse caso deu-se pelo fato de que a área passou a ser visada pelo capital após os investimentos na MA-122 (Avenida Pedro Neiva de Santana), que interliga os municípios de Imperatriz e João Lisboa. Além disso, nessa região aconteceu a instalação de novos empreendimentos, tais como: condomínios fechados, bares e restaurantes a partir de 2011. Para Crispim e Souza (2016), os processos de mudanças causados por atividades, sejam elas de cunho habitacional ou processos relacionados à infraestrutura, refletem sobremaneira no ambiente físico da bacia hidrográfica. Sobre isso, Coelho (2006, p. 27)

destacou que “a realidade de um espaço urbano é representativa de um estágio histórico dos movimentos de mudanças sociais e ecológicas (particulares e gerais) combinadas, que modificam permanentemente o espaço em questão”.

Tabela 1. Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Riacho Bacuri em 2009 e 2019.

Classe	Paisagem (km ²)		Proporção da Paisagem (%)		Diferença (%)
	2009	2019	2009	2019	(2009 - 2019)
Formação florestal	0,7	0,6	2,9	2,6	-8,5
Formação savânica	0,5	0,3	2,3	1,2	-48,3
Pastagem	8,2	4,1	35,3	17,7	-49,9
Área urbana	13,7	18,0	59,4	77,9	31,2
Rios e lagos	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0

Org: Autora (2022)

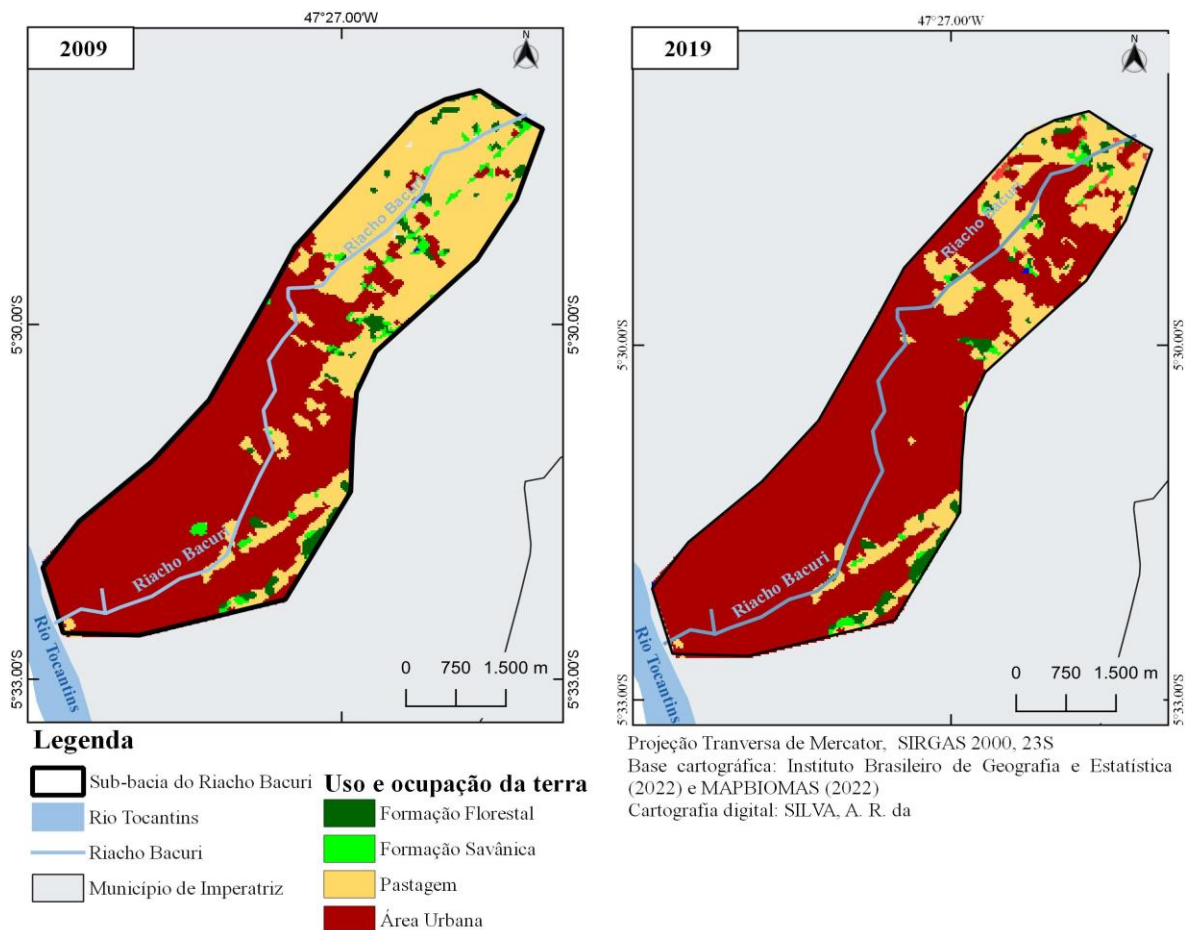
No entorno do Riacho Bacuri, o avanço da área urbana não foi acompanhado pelos investimentos em infraestrutura e pela democratização dos serviços urbanos, provocando desigualdades socioespaciais. Essa classe de uso e cobertura da terra na sub-bacia passou de 59,5% em 2009 para 77,9% em 2019, conforme Tabela 1. Segundo a classificação de Schueler, Fraley-Mcneal e Capiella (2009), as bacias hidrográficas com urbanização acima de 10% são consideradas impactadas, e na sub-bacia do Bacuri esse valor foi maior que 70%. Para Cruz e Fernandes (2013), a concentração da população e das atividades econômicas sobre o mesmo espaço tem causado pressões sobre o meio ambiente e conseqüente alteração negativa da qualidade ambiental do país.

Ao investigar diferentes bacias hidrográficas com variados níveis de urbanização em Massachusetts-EUA, Tu (2011) verificou que a qualidade da água decresce com o aumento da mancha urbana, ou seja, quanto mais urbanizada a bacia hidrográfica, pior é a qualidade da água. Nessas condições de intensa urbanização, as bacias hidrográficas, de acordo com Tucci e Clark (1997), têm a menor capacidade de reciclagem e de remoção dos nutrientes que geram o processo de eutrofização das águas superficiais urbanas. Vale ressaltar que a urbanização exige o aumento da coleta e do tratamento de esgotos nas bacias hidrográficas (TUNDISI; MASTUMURA-TUNDISI, 2011), fato que não está sendo observado no município de Imperatriz-MA.

Conforme o Atlas do Esgoto (ANA, 2017), a carga total de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que é um indicador de entrada de esgoto *in natura*, foi de 12.868,4 kg/dia no município. Desse total, cerca de 1.345,5 kgDBO/dia foi lançado no Riacho Bacuri. Esse mesmo estudo apontou que 59,5% da população imperatrizense não dispõem de coleta e tratamento de esgoto e que 14,8% apresentaram soluções individuais, como as fossas sépticas. Isto é, 74,3% da população não é atendida por esse serviço básico. Vale ressaltar que a carência de serviços de coleta e de tratamento de esgoto, mesmo quando há o acesso à água tratada, é a causa de outra parte das infecções gastrointestinais e das doenças transmitidas por mosquitos e animais domésticos. Sobre isso, o estudo da Trata Brasil “Saneamento e a vida da mulher brasileira” (2018) demonstrou que, no Maranhão, a incidência de afastamento do trabalho por diarreia ou vômito na população feminina foi de 107 a cada 1000 mulheres em 2013. Vale destacar que a

média brasileira foi de 34,7 a cada 1000 mulheres, o que representa três vezes mais que a média brasileira.

Figura 2. Paisagem da sub-bacia do Rio Bacuri destacando o uso e a cobertura da terra entre os anos de 2009 e 2019.



Org. Autora (2022)

Outra informação importante desta pesquisa é que, na área da sub-bacia do Riacho Bacuri, a população residente, conforme o censo (IBGE, 2010), foi de 87.523 habitantes. Com esse dado populacional, foi possível estimar a entrada de nutrientes (nitrogênio e fósforo) provenientes de efluentes domésticos nesse curso d'água. Assim, os dados de população foram utilizados para calcular a entrada de nutrientes (N e P), conforme metodologia de von Sperling *et al.* (2009): a contribuição *per capita* de nutrientes para área sem coleta e tratamento de esgoto foi de 10 g/hab/dia de nitrogênio total (NT) e de 2g/hab/dia de fósforo total (PT). Dessa forma, estima-se que, diariamente, são lançados cerca de 875,2 kg/dia de NT e 175 kg/dia de PT no riacho Bacuri. Vale lembrar que os nutrientes N e P podem provocar o processo de eutrofização, que tem como consequências a degradação da saúde do ecossistema e/ou a prestação sustentável de produtos e serviços para a população. Salienta-se que, com a falta da coleta e tratamento de esgotos nessa área, não podemos ignorar a presença de outros possíveis contaminantes, como: nanopartículas, fármacos e pesticidas nas águas do riacho Bacuri.

Análise da qualidade da paisagem do Riacho Bacuri

A aplicação do PAR ao longo do Riacho Bacuri demonstrou apenas um ponto amostral como natural (nascente - PN), e os demais como alterado e impactado. O PN está localizado no limite dos municípios de Imperatriz e João Lisboa. Essa área alagada com a presença de mata ciliar, e fauna nativa (terrestre e aquática), neste ponto amostral não foi visível a presença de lançamento de efluentes domésticos e de resíduos sólidos, considerado natural (PAR 50), na tabela 2. Para Tundisi e Tundisi (2010) as florestas ripárias e os mosaicos de vegetação nas bacias hidrográficas são peças fundamentais dos ciclos hidrogeoquímicos e do ciclo hidrológico. Ainda assim, na sub-bacia analisada essa área que corre risco devido ao avanço da mancha urbana.

Tabela 2. Avaliação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para o período de estiagem e chuvoso na sub-bacia do Riacho Bacuri.

PONTO/PAR	PN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
CHUVOSO	50	35	27,5	32,5	25	20	30	17,5	15	17,5	30
ESTIAGEM	50	30	27,5	27,5	17,5	17,5	27,5	12,5	12,5	15	20

Org. Autora (2022).

Os pontos amostrais P1 e P2 apresentaram, no período chuvoso, PAR de 35 e 27,5. Por outro lado, o P1, na estiagem, demonstrou PAR de 30, isto é, sofreu alterações na paisagem na estiagem com a presença dos efluentes domésticos. Enquanto o P2 permaneceu inalterado nos dois períodos amostrais, sendo considerado alterado nas figuras 3 e 4, respectivamente. Nessas áreas que recebem efluentes domésticos de condomínios particulares, há uma lagoa onde, no período de estiagem (mais seco), se constatou a presença de espuma na água e muitas macrófitas, como mostra a Figura 4. Essa presença de macrófitas aquáticas está relacionada à estrutura e ao funcionamento de *hábitats*, ao fluxo de energia, à ciclagem de nutrientes e ao processo de sedimentação no ambiente aquático. Além desses fatores, a proliferação dessa vegetação está associada à dinâmica populacional que afeta os fatores abióticos, como: físicos (morfometria do sistema, velocidade da água, temperatura e radiação solar), químicos (nutrientes na água e no sedimento, carbono inorgânico) e físico-químicos. Entretanto, em grandes concentrações as macrófitas aquáticas podem afetar a qualidade ambiental, o que é indicativo do processo de eutrofização (NIELSEN, 1997; CAMARGO *et al.*, 2003; KUHAR *et al.*, 2011). Isso impacta na qualidade e na disponibilidade de água nos corpos hídricos, pois as macrófitas, se mantidas no sistema, ao morrerem, disponibilizam novamente os nutrientes nitrogênio e fósforo para o sistema, aumentando a velocidade dos sintomas da eutrofização, além de favorecerem o consumo de oxigênio dissolvido (BIANCHINI JUNIOR, 2003).

No ponto 3, foi visível a modificação do canal e a presença de erosão nas margens, ocasionando a perda da sinuosidade natural desse curso d'água. Essas modificações da estrutura fluvial alteram o regime hídrico, favorecendo o processo erosivo das margens, afetando a qualidade da água e a distribuição de sedimento ao longo do rio (SALOMONS, 2005; RODRIGUES e CASTRO, 2008) e levando ao assoreamento, que resulta na perda de *hábitats* aquáticos, já que o rio se torna cada vez mais raso e estreito (MINATTI-FERREIRA e BEAUMORD, 2006) – fato observado no Riacho Bacuri com a construção de residências nas margens e a implantação de tubulação fluvial, na figura 5 e 6. No período de estiagem, a Prefeitura Municipal realiza o trabalho de retirada da vegetação no leito dos riachos e de resíduos sólidos para evitar o alagamento no período chuvoso, que se estende de janeiro a maio. Contudo, nota-se que não são criadas medidas de reabilitação das margens, como a recuperação da mata ciliar com a vegetação nativa. Também vale destacar que esse processo altera a zona hiporreica desses cursos d'água. Para Marmontel e Rodrigues (2015), as matas ciliares exercem funções

hidrológicas e ecológicas de proteção aos solos e aos recursos hídricos por meio de manutenção da qualidade da água, regularização dos cursos d'água, conservação na biodiversidade, educação ambiental, pesquisa científica, paisagem de beleza cênica e turismo.

Figura 3. Ponto 1: leito do canal do Riacho Bacuri, coberto por *Eichhornia crassipes* e gramíneas (período chuvoso).



Org. Autora (2022).

Figura 4. Ponto 1: leito do canal do Riacho Bacuri, coberto por *Eichhornia crassipes* e gramíneas (período de estiagem).



Org. Autora (2022).

Figura 5. Ponto 3: leito do Riacho Bacuri com presença de erosão e modificação do leito



Org. Autora (2022).

Figura 6. Ponto 3: leito do Riacho Bacuri com presença de erosão e modificação do leito



Org. Autora (2022).

Os piores valores do PAR ocorreram nos pontos 7, 8 e 9, nos dois períodos analisados (Tabela 2). Nesses trechos, foram encontradas as piores condições do riacho Bacuri, com a falta de mata ciliar, lançamentos de efluentes sem tratamento e presença de resíduos sólidos. A água apresentou tonalidade acinzentada, indicando fonte pontual de lançamento de esgoto e presença

de matéria orgânica proveniente dos efluentes domésticos. O odor era intenso de ovo podre, e não foi encontrada nenhuma presença de vegetação ou fauna nativa. A urbanização é intensa neste trecho do riacho (Figura 7), onde se nota a construção e as canalizações, sendo o riacho apenas um receptor de efluentes domésticos e resíduos sólidos lançados pela população. No riacho Bacuri, Oliveira *et al.* (2021) destacaram que as margens, em todo o seu percurso, foram utilizadas para a expansão urbana, com condomínios e casas construídos de forma irregular ou por ocupações não consolidadas e vulneráveis nas margens e em outros locais sobre o seu leito. Vale ressaltar que o lançamento de resíduos sólidos domésticos e de materiais de construção potencializam as inundações, como os que ocorrem todos os anos durante o período chuvoso na região. Com isso, para compreender as características das inundações faz-se necessário realizar uma análise integrada de vários elementos do meio físico, o que é facilitado com a criação de modelo digital do terreno, e banco de dados georreferenciados (SANTOS, 2012).

Figura 7. Ponto 8: Lançamento de efluentes domésticos no Riacho Bacuri



Org. autora (2022).

Figura 8. Foz do Riacho Bacuri no município de Imperatriz-MA



Org. autora (2022).

Salienta-se que o esgoto sanitário é composto por 99,9% de água e 0,1% de sólidos: disso, 75% são compostos por matéria orgânica em decomposição (VON SPERLING, 2014), que causa mau cheiro, visual desagradável, hipóxia e possível contaminação de animais e humanos pelo consumo ou contato com a água. Na pesquisa de Conceição e Rodrigues (2017) em uma bacia hidrográfica no município de Urbano Santos-MA, por exemplo, detectou-se que a ausência ou ineficiência dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário representam os condicionais para o cenário de insalubridade detectado nos povoados pesquisados, aumentando os riscos dos moradores em contrair os agravos relacionados à água, tais como: cólera, amebíase, diarreia e dengue. No bairro Bacuri, onde estão localizados os pontos 5 e 6, Silva *et al.* (2021) concluíram que a população residente apresentou alto risco de adoecimento por tuberculose devido ao contato com os resíduos lançados pelos habitantes locais, além das enchentes em consequência do transbordamento do riacho Bacuri.

Nesta pesquisa, do ponto 1 até a foz, foram encontrados, além do odor característico de lançamento de efluentes domésticos, a presença, na água, de espuma proveniente de produtos de limpeza no período de estiagem, figura 8. Essa formação de espumas e a intensa exalação de

mau cheiro gerado pela liberação de gás sulfídrico são fatos preocupantes do ponto de vista ecológico e sanitário, visto que existe a formação de aerossóis. Além disso, as espumas apresentam maiores concentrações de poluentes, micro-organismos patogênicos e toxicidade em relação às águas (FCTH, 2005).

Ao longo do Riacho Bacuri foi visível o lançamento de efluentes domésticos *in natura*, e, em alguns locais, ainda há o lançamento de resíduos de lava-jatos. Os lava-jatos, para Nascimento *et al.* (2015), contêm elevado grau de variabilidade nas concentrações das espécies metálicas (dissolvidas e totais) de cobre, chumbo, cromo e ferro que foram encontrados nas águas do riacho Bacuri. Isso demonstrou a contribuição de ação antrópica, lixiviação e hidrodinâmica do fluxo da coluna d'água, o que proporciona alteração na dinâmica da distribuição dos metais. Vale lembrar, ainda, que esses valores ficaram acima do estabelecido pela Resolução Conama nº 375 para águas de classes 1, 2 e 3, podendo causar riscos às populações ribeirinhas que sobrevivem da pesca na foz desses corpos hídricos com o rio Tocantins, no Maranhão, onde os cursos d'água estão classificados apenas como classe 2.

Neste curso d'água, não está sendo respeitado o espaço de 10 metros das margens, como estabelecido pelo Código Florestal Federal, na lei nº 12.651. Para Souza, Moraes e Borja (2013), a resolução do *déficit* na drenagem urbana das cidades deve considerar os efeitos de escala nos processos (quantitativos e qualitativos) com abordagem ecológica, além dos efeitos de escala das soluções adotadas (microdrenagem, macrodrenagem e bacia hidrográfica). Na sub-bacia do rio Bacuri, são necessárias medidas de restauração do meio hídrico como aquelas aplicadas em países desenvolvidos, tais como: remover fontes de poluição pontual, restaurar a vegetação ripária nativa, aumentar e melhorar os *hábitats* físicos dentro dos cursos d'água, propiciar a passagem de peixes, estabilizar as margens e o canal fluvial e controlar enchentes (MACEDO; CALLISTO; MAGALHÃES JUNIOR, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sub-bacia do Bacuri, é visível que o curso d'água perde sua qualidade após a intensa urbanização das áreas. Isso porque o uso e a cobertura da terra em uma bacia hidrográfica são de extrema importância por influenciarem diretamente sobre os parâmetros de qualidade da água. Além disso, a área da sub-bacia é carente de coleta e tratamento de esgoto, e as ocupações das margens são intensas, sobretudo, no sentido à jusante. Vale destacar que, todos os anos, os moradores dessas áreas ribeirinhas sofrem com os alagamentos que ocorrem no período chuvoso e com o contato com a água degradada, além de estarem expostos às doenças de veiculação hídrica.

Nesta pesquisa, a aplicabilidade da visão empírica possibilitou uma análise crítica dos usos da terra que repercutem na qualidade ambiental. As metodologias utilizadas nesta pesquisa foram complementares: primeiro entender o uso e a cobertura da terra na sub-bacia e as transformações ocorridas no período de uma década, e em seguida verificar, *in loco*, os impactos socioambientais sofridos por esse curso d'água.

Nesse cenário, espera-se que a sub-bacia do Riacho Bacuri seja visto pelo poder público e pela sociedade em geral como sua responsabilidade e que medidas de recuperação sejam aplicadas nesta sub-bacia. Esse tipo de avaliação proporcionou apresentar o estado qualitativo do ecossistema aquático, fato que poderá subsidiar as ações de controle ambiental e apresentar as localidades mais críticas desse curso d'água. Em síntese, além dos impactos socioambientais que o riacho Bacuri está sofrendo, há as questões de saúde pública.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Artur Alexandre B. da Costa pela colaboração na logística da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA Nacional das Águas. ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>. Acesso em: 11 maio 2022.
- ASSAD, L. Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. *Cienc. Cult.* [online], v. 65, n. 2, p. 06-09, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000200003>.
- ATLAS do Esgoto. Agência Nacional de Águas. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 08 jun. 2022.
- BIANCHINI JUNIOR, I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, M. *Ecologia e manutenção de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, 2003. p. 85-126.
- BRASIL. Código Florestal, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm. Acesso em: 22 abril 2022.
- CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. da F.; CAMARGO, R. de A.; MOREIRA NETO, R. F. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000100003>
- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. (2003). Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: Editora EDUEM, p. 59-84, 341 pp.
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da C. (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 416p.
- CONCEIÇÃO, F. S.; RODRIGUES, Z. M. R. Geografia da saúde: contexto dos agravos relacionados à água na bacia hidrográfica do Rio Boa Hora, município de Urbano Santos, MA. *Hygeia*, v.13, n. 26, p. 148 - 155, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/Hygeia132612>
- CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N. Degradação, impacto ambiental e uso da terra em bacias hidrográficas: o contexto da bacia do Pacoti/CE. *Acta Geográfica*, v. 10, n. 22, p. 17-33, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5654/acta.v10i22.2578>.
- CRUZ, A. A. da; FERNANDES, E. A. F. Relação PIB e meio ambiente: abordagem da pegada ecológica. *REDES - Rev. Des. Regional*, v. 18, n. 1, p. 88 - 107, 2013.
- FUNDAÇÃO CENTRO DE TECNOLOGIA HIDRÁULICA – FCTH. Estudo sobre a formação de espumas nas barragens do Rio Tietê: Efeitos da implantação de central hidrelétrica na Barragem de Pirapora – Relatório Final. São Paulo – SP, 2005.
- GONÇALVES, V. P.; RIBEIRO, E. A. W. Obtenção de série histórica da evolução da classe Floresta Plantada a partir dos dados de uso e cobertura do solo da Coleção 5 do projeto MapBiomias. *Revista Metodologias e Aprendizado*, v. 1, p. 99 - 105, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21166/metapre.v4i.1491>
- IBGE. Cidades. Imperatriz. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/imperatriz/panorama>. Acesso em: 12 out. 2022.
- JUNG, M. LecoS — A python plugin for automated landscape ecology analysis. *Ecological Informatics*, v. 31, p. 18–21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>
- KUHAR, U.; GERM, M.; GABERSCIK, A.; URBANI, G. Development of a River Macrophyte Index (RMI) for assessing river ecological status. *Limnologica*, v. 41, p. 235–243, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.11.001>

- MACEDO, D.R.; CALLISTO, M.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P. Restauração de cursos d'água em áreas urbanizadas: perspectivas para a realidade brasileira. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, v. 16, n. 13, p. 127-139, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v16n3.p127-139>
- MARONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Floresta Ambient.*, v. 22, n. 2, p. 171 – 181, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082014>
- MAROTTA, H.; SANTOS, R. O. dos; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. *Ambiente & Sociedade*, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100006>
- MINATTI-FERREIRA, D. D; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 7, n 1, p. 39-47, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.996>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000113620>
- NIELSEN, S. N. Examination and optimization of different exergy forms in macrophyte societies. *Ecological Modelling*, v. 102, p.115 127, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(97\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(97)00102-6)
- OLIVEIRA, F. S. L. de; TARGA, M. dos S.; BALDUÍNO, R.; CATELANI, C. de S.; CASTRO, M. P. de. Análise das ações antrópicas na bacia hidrográfica do Riacho Bacuri no município de Imperatriz – MA. *Rev. Tec. Ciências Ambientais*, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2021.
- RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Adaptation of a rapid assessment protocol for rivers on rocky meadows. *Acta Limnol. Bras.*, v. 20, n. 4, p. 291-303, 2008.
- SALOMONS, W. Sediments in the catchment-coast continuum. *Soils & Sediments*, v. 5, n.1, p. 2 – 8, 2005. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1065/jss2005.01.129>
- SANTOS, K. dos. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. *Élisée - Revista de Geografia da UEG*, v. 1, n. 1, p. 177 – 190, 2012.
- SCHUELER, T. R.; FRALEY-MCNEAL, L.; CAPIELLA, K. Is impervious cover still important? Review of recent research. *J. Hydrol. Eng.*, v. 14, p. 309-315, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1061>
- SILVA, A. R. da; FONSECA, A. L. D' O.; RODRIGUES, C. J.; BELTRAME, Â. da V. Aplicação de indicadores ecológicos em bacia costeira sob elevada pressão da atividade de veraneio. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, v. 21, n. 3, p. 537-548, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011615106>
- SILVA, J. C. da; SANTOS, L. F. S.; SANTOS, F. S. et al. Aglomerados espaciais e espaço-temporais de tuberculose em município do Nordeste brasileiro. *Saúde Pesq.*, v. 14, n. 3, p. 1- 16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9206.2021v14n3e8493>
- SOUZA, V. C. B. de; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v. 1, n. 2, p. 162-175, 2013. DOI: <https://doi.org/10.9771/gesta.v1i2.7213>
- TRATA Brasil. Saneamento e a vida da mulher brasileira. 2018. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/pt/estudos/estudos-itb/itb/o-saneamento-e-a-vida-da-mulher-brasileira>. Acesso em: 08 jun. 2022.
- TU, J. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. *Applied Geography*, v. 31, p. 376-392, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.001>
- TUCCI, E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Recursos hídricos no século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotrop.*, v. 10, n. 4, p. 67 – 75, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400010>

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

VON SPERLING, M.; ANDRADE NETO, C. O. de; VOLSCHAN JÚNIOR, I.; FLORÊNCIO, L. Impacto dos Nutrientes do Esgoto Lançado em Corpos de Água. In: MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (Orgs.). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428p.

WARD, J. V. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation*, v. 83, n. 3, p. 269-278, 1998.