

RISCOS AMBIENTAIS DAS OCUPAÇÕES IRREGULARES NAS PLANÍCIES ALAGÁVEIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BACANGA, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO

ENVIRONMENTAL RISKS OF IRREGULAR OCCUPATIONS IN THE FLOOD PLAINS OF THE BACANGA WATER BASIN, SÃO LUÍS ISLAND, MARANHÃO

RIESGOS AMBIENTALES DE LAS OCUPACIONES IRREGULARES EN LAS LLANURES DE INUNDACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO BACANGA, ISLA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v15i0.1352>

ANTONIO CARLOS LEAL DE CASTRO ^{1*}

JACIELLY DE JESUS COSTA ²

MARCELO HENRIQUE LOPES SILVA ³

JAMES WERLLEN DE JESUS AZEVEDO ⁴

¹ Professor do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
Cidade Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, 1966. CEP: 65080-805, São Luís (MA), Brasil,
alec@ufma.br, <http://orcid.org/0000-0002-8681-4587>

*Autor correspondente

² Graduada em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
Cidade Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, 1966. CEP: 65080-805, São Luís (MA), Brasil,
jacielly.costa@discente.ufma.br, <http://orcid.org/0009-0007-6557-4362>

³ Professor do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
Cidade Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, 1966. CEP: 65080-805, São Luís (MA), Brasil,
marcelo.silva@ufma.br, <http://orcid.org/0000-0003-2579-5690>

⁴ Professor do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
Cidade Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, 1966. CEP: 65080-805, São Luís (MA), Brasil,
james.werllen@ufma.br, <http://orcid.org/0000-0002-7034-4592>

Histórico do Artigo:

Recebido em 01 de Junho de 2024.

Aceito em 08 de Julho de 2024.

Publicado em 09 de Julho de 2024.

RESUMO

O presente estudo apresenta uma análise das possíveis mudanças ocorridas no rio Bacanga nos anos de 1960 e 2020. A base inicial contemplou um levantamento bibliográfico quanto às características ambientais da região, compreendendo o relevo, geomorfologia, pedologia, hidrografia, clima, vegetação e fatores socioeconômicos da bacia. Posteriormente, utilizou-se o software Qgis para análise das principais modificações ambientais que ocorreram ao longo das décadas na área da bacia. Essas informações foram relacionadas às áreas marginais da bacia que são resididas por moradores dos bairros e que estão sujeitas a inundações. A partir dos dados obtidos com a análise de áreas passíveis de inundações e pelas características socioeconômicas das pessoas que habitam a região, se propôs ações de gerenciamento. Os resultados obtidos revelaram um processo de degradação do trecho inferior do rio Bacanga, a partir da construção da barragem, que propiciou o estabelecimento espacial da população. A redução de aproximadamente 35% da vegetação natural na região, demonstra o nível de antropização que a bacia sofre continuamente, além de processos de deterioração da calha do rio que se reduziu pelo processo de assoreamento e alteração da qualidade da água, uma vez que passou pelo processo de represamento e limitou suas trocas com a maré.

Palavras-chave: Conservação. Uso e ocupação do solo. Risco de inundações.

ABSTRACT

The present study presents an analysis of the possible changes that occurred in the Bacanga River in the years 1960 and 2020. The initial base included a bibliographic survey regarding the environmental characteristics of the region, comprising the relief, geomorphology, pedology, hydrography, climate, vegetation and socioeconomic factors of the basin. Subsequently, the Qgis software was used to analyze the main environmental changes that occurred over the decades in the basin area. This information was related to the marginal areas of the basin that are lived by residents of the neighborhoods and that are subject to flooding. Based on the data obtained from the analysis of areas prone to flooding and the socioeconomic characteristics of the people who inhabit the region, management actions were proposed. The results obtained revealed a process of degradation of the lower stretch of the Bacanga River, following the construction of the dam, which led to the spatial settlement of the population. The reduction of approximately 35% of natural vegetation in the region demonstrates the level of anthropization that the basin continually suffers, in addition to processes of deterioration of the river channel, which was reduced by the silting process and alteration of water quality, once it passed by the damming process and limited its exchanges with the tide.

Keywords: Conservation. Land use and occupation. Flood risk.

RESUMEN

El presente estudio presenta un análisis de los posibles cambios ocurridos en el río Bacanga en los años 1960 y 2020. La base inicial incluyó un levantamiento bibliográfico sobre las características ambientales de la región, comprendiendo el relieve, geomorfología, edafología, hidrografía, clima, vegetación y factores socioeconómicos de la cuenca. Posteriormente, se utilizó el software Qgis para analizar los principales cambios ambientales ocurridos a lo largo de las décadas en el área de la cuenca. Esta información estuvo relacionada con las zonas marginales de la cuenca que son habitadas por residentes de los barrios y que están sujetas a inundaciones. A partir de los datos obtenidos del análisis de las zonas propensas a inundaciones y las características socioeconómicas de las personas que habitan la región, se propusieron acciones de manejo. Los resultados obtenidos revelaron un proceso de degradación del tramo inferior del río Bacanga, tras la construcción de la presa, que propició el asentamiento espacial de la población. La reducción de aproximadamente el 35% de la vegetación natural en región demuestra el nivel de antropización que continuamente sufre la cuenca, además de procesos de deterioro del cauce del río, el cual se vio reducido por el proceso de sedimentación y alteración de la calidad del agua, una vez pasada por el proceso de represamiento y limitó sus intercambios con la marea.

Palabras clave: Conservación. Uso y ocupación del suelo. Riesgo de inundaciones.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural dotado de importância e com extensas limitações. Apesar de estar presente em mais de 70% do planeta terra, as suas formas e composições são limitadas ao uso humano, além do consumo que é o fator principal do uso da água para a humanidade. Os recursos hídricos possuem ainda várias utilidades relacionadas ao bem estar e economia, seja para o lazer com usos de rios, cachoeiras e praias, para amenização da temperatura do planeta através do ciclo hidrológico, hidroelétricas para fornecimento de energia, geração de produtos desde a plantação até os setores industriais, tornando água um mineral único e imprescindível (GOMES, 2011).

Nesse contexto quanto a importância dos recursos hídricos, a Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, normatiza a gestão, uso e importância das bacias hidrográficas. Segundo Barrella (2001), as bacias hidrográficas consistem em uma bacia formada nas regiões mais altas, responsáveis pela drenagem da terra por um rio e seus afluentes, onde as águas chegam por precipitação ou escoam pela superfície formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de lençol freático.

Tendo em vista a importância dos recursos naturais, Santos et al., (2020a) demonstra que deve ocorrer uma rápida ação para a gestão dos recursos hídricos no uso e na ocupação do solo próximo de rios e bacias hidrográficas, como forma de proteger e manter as suas características naturais.

A ilha de São Luís no Maranhão começou um rápido processo de urbanização e industrialização a partir da década de 1970, gerando um atrativo populacional. Segundo dados do censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), São Luís

possuía uma população de 1.014.837 pessoas, sendo esse valor estimado para 2021 em 1.115.935 habitantes (IBGE, 2021). Segundo dados do Departamento da Informação e Inteligência Econômica (DIIE), em 2014 residiam na área do Itaqui-Bacanga cerca de 250 mil pessoas em torno de 1/4 da população de São Luís, área denominada de aglomerados subnormais caracterizadas por regiões extremamente populosas (DIIE, 2014).

Aliado ao crescimento, a falta de planejamento urbano fez com que grande parte da população se estabelecesse próximo dos rios, gerando problemas ambientais, sanitários e paisagísticos e exercendo uma grande pressão sobre esses sistemas aquáticos (MOREIRA et al., 2006).

Soares et al., (2021), aborda que na cidade de São Luís as bacias hidrográficas sofrem pressão direta das atividades antrópicas realizadas em consequência da ausência de um planejamento populacional e da superexploração dos recursos naturais, gerando a sua degradação e poluição do principal ecossistema presente na região, os manguezais.

O crescimento desordenado e a expansão urbana próxima a bacia hidrográfica têm resultado na potencialização do desmatamento e supressão da vegetação nativa e também na intensificação da erosão, alagamentos e poluição da água, ampliando as áreas de risco na região (SOARES et al., 2021).

Ocupações humanas em áreas de risco provocam impactos de natureza socioambientais relacionados a prejuízos materiais, interrupção de atividade econômica das áreas inundadas e contaminação por doenças de veiculação hídrica (TUCCI, 2005).

As modificações nos cursos de água, retirada da vegetação, ocupação indiscriminada das margens, ineficiência na coleta dos resíduos e a destinação inadequada do esgoto sanitário constituem práticas que podem contribuir para o aumento do assoreamento ao longo da calha dos rios e na inundação de suas planícies alagáveis, gerando diversos transtornos às populações que vivem nessa região (OLIVEIRA; BOTELHO, 2014).

A retirada de vegetação de manguezais para o aterramento e construções de casas, o despejo direto e irregular de efluentes domésticos que alteram a qualidade da água e o uso inadequado do solo, contribuem fortemente para a degradação ambiental do território, tendo em vista que na bacia hidrográfica do Bacanga estão localizadas importantes áreas de conservação e proteção ambiental como as três Unidades de Conservação, (Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã, a APA de Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiça e o Parque Estadual do Bacanga) e também a Reserva Florestal do Sacavém (SOARES et al., 2021). Assim, se demonstra a clara necessidade de estudos voltados para o planejamento e gestão do uso e ocupação do solo na bacia Hidrográfica do Bacanga.

Neste cenário, pretende-se identificar os principais fatores responsáveis por potencializar a ocorrência de inundações no trecho inferior do rio Bacanga, a partir do reconhecimento das alterações na drenagem, desmatamento das encostas e das margens, impermeabilização do solo, ocupação de áreas indevidas e assoreamento ao longo da calha do rio.

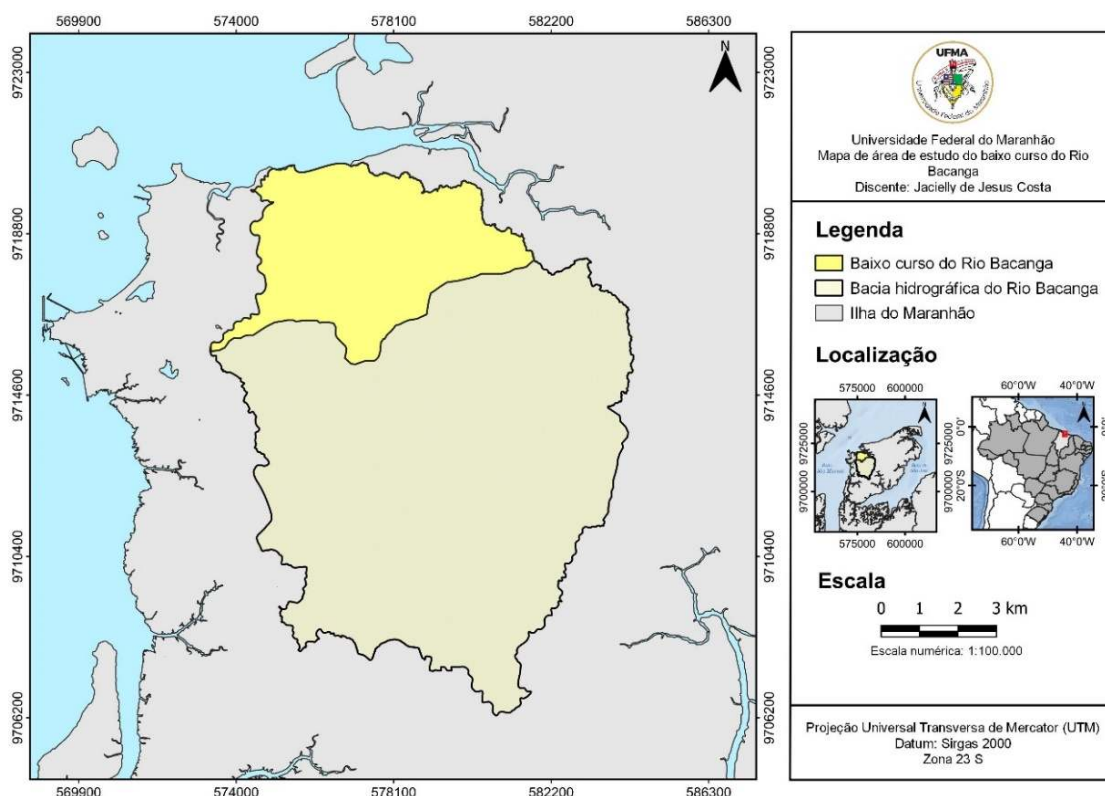
METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O município de São Luís fica localizado no estado do Maranhão, Brasil. Tendo uma área territorial de 827 km² e 1.014.837 habitantes (IBGE, 2010). A região fica localizada no aglomerado urbano de São Luís sendo composta pelos municípios de São José de Ribamar, Raposa, Paço do Lumiar. Possui uma posição privilegiada, voltada para o oceano Atlântico e com inúmeros rios e riachos e uma grande diversidade faunística e florística, sendo de grande importância ecológica para os ecossistemas locais (SOARES et al., 2021; MARTINS, 2008).

A área do estudo consiste na bacia hidrográfica do Bacanga que fica localizada no município de São Luís do Maranhão, ocupando a porção noroeste, entre as coordenadas 2°32'26" e 2°38'07" S e 44°16'00" e 44°19'16" W (Figura 1).

Figura 1 – Localização do baixo curso da bacia hidrográfica do Bacanga no município de São Luís



Fonte: Própria.

Apresenta uma superfície estimada em 11.030,00 ha, sendo limitada na sua região norte pela baía de São Marcos e com a bacia do Anil; logo ao sul a chapada do Tirirical, na sua porção leste a presença das bacias do Anil, Paciência e Cachorros; e por ao Oeste, com a bacia do Itaqui.

A bacia é estratégica para a manutenção do sistema de abastecimento de água da cidade de São Luís, haja vista que em seus limites aloca-se o manancial composto pelo sistema hidrográfico do rio da Prata e por um conjunto de poços que complementam o sistema de abastecimento da cidade de São Luís.

Não obstante toda essa importância, observa-se mais recentemente um acentuado adensamento populacional, com o surgimento de conjuntos habitacionais para baixa renda, cujo entorno está sendo ocupado por loteamentos sem infraestrutura e que estão avançando para as áreas de proteção ambiental e ampliando os conflitos da bacia. Mesmo com a presença do poder público na dotação de infraestrutura básica, como asfaltamento de vias, construção de áreas de sociabilização e iluminação das ruas, ainda sobressaem muitos problemas como as ocupações irregulares em áreas insalubres e com riscos à vida, como as casas que são construídas nas bases das encostas de morros ou em trechos sujeitos a inundações.

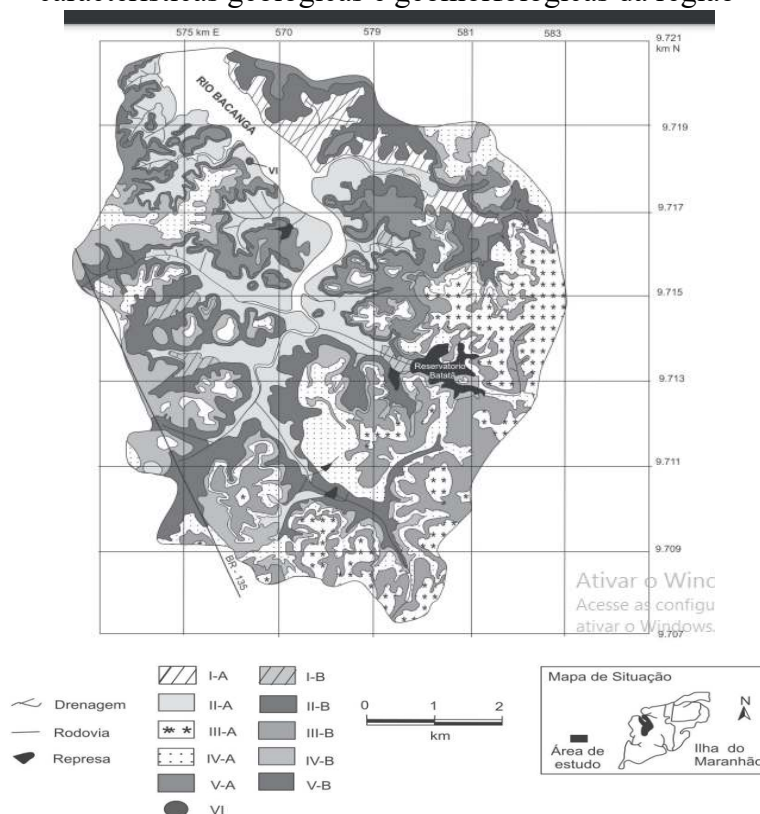
ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

O curso inferior do rio Bacanga apresenta formas de tabuleiros com altitudes de 60-40 m, colinas suaves em níveis de 20 a 30 metros e nas baixas altitudes (0 - 5m) as planícies fluviomarinhas (PEREIRA, 2006).

Pereira e Zaine (2007) em um estudo baseado na primeira etapa do "método de detalhamento progressivo desenvolvido por Cerri et al., (1996)" apresentaram o Mapa geológico-geotécnico da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, o qual descreve as principais características do solo presente na região, sendo dividida em 6 setores (Figura 2). No setor 1a foram apresentadas as características geológicas (Depósitos construídos no Holoceno) e geomorfológicas (Planície Flúvio marinha), 2a, b geológicos (sedimentos quaternários) e geomorfológicos (1a flúvio marinha e 1b fluvial), sendo nessas regiões apresentados os principais problemas de inundações, assoreamento, impermeabilização, desmatamentos, aterramentos, processos de eutrofização e despejo de esgoto in-natura.

Nos pontos 3a,b características geológicas (fácies arenosas) e geomorfológicos (3a tabuleiros e 3b vertentes), 4a,b geológicos (4a,b fácies areno-argilosa) geomorfológicos (4a topo de colina e 4b vertentes), 5a,b formação geológica (fácies argilosa) e geomorfológica (5a topo de colina e 5b vertentes) e por fim o ponto 6 com a formação geológica (fácies arenosas, formação do Itapecuru) e o geomorfológico (vertente dissecada), nesses pontos são apresentados como principais problemas a erosão, susceptibilidade de escorregamentos (PEREIRA; ZAINÉ, 2007) (Figura 2).

Figura 2 – Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga, apresentando as principais características geológicas e geomorfológicas da região



Fonte: Pereira; Zaine (2017).

CLIMA

O clima do Maranhão se caracteriza com a presença de massas de ar Equatorial atlântica e Equatorial continental que ao convergirem, geram em alguns pontos regiões de instabilidade denominada Zona de Convergência INTERTROPICAL (ZCIT), (SILVA et al., 2009). A cidade de São Luís apresenta um clima tropical quente e semi-úmido, segundo a classificação de Köppen (1900), levando em consideração a proximidade com o oceano e a presença de correntes marítimas. A região metropolitana está inserida em uma área de transição entre os climas semi-árido nordestino e tropical úmido da Amazônia.

As informações climáticas disponíveis permitem considerar o clima de São Luís como de transição entre o equatorial e o tropical: quente e úmido, predominando uma grande variabilidade de precipitação, temperatura e umidade, não definindo estações ao longo do ano (NUGEO, 2016). A temperatura média está em torno de 27,5°C, sendo o período de chuvas no período de janeiro a junho, enquanto a estiagem se inicia em julho até dezembro. O trimestre mais chuvoso correspondente ao período Fevereiro - Abril e o mais seco de Julho a Setembro. (SILVA et al., 2009).

344

DECLIVIDADE E RELEVO

A declividade de uma bacia hidrográfica é um dos elementos importantes no que tange ao planejamento e gestão da área, sendo usada para o cumprimento da legislação e tornar mais eficientes possíveis intervenções no ambiente e principalmente na forma como a água irá escoar e se distribuir ao longo da superfície e na infiltração para os reservatórios subterrâneos. A compreensão da declividade e relevo atrelados às características do ambiente, como a cobertura vegetal presente, tipo do solo e a intensidade das precipitações em bacias hidrográficas, auxilia nos estudos do comportamento da água nessas regiões, permitindo identificar a presença de alagamentos e enchentes em regiões baixas e com intensa urbanização.

Segundo Araújo et al., (2009) no estudo denominado “Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM” A bacia hidrográfica do Bacanga apresentou os seguintes dados quanto às classes de declividade: (Classe: Plano, grau de declividade 0 a 2,9, área 66,8 km² e % da Bacia 63,08); (Classe: Suave Ondulado, grau de declividade 2,9 a 5,7, área 38,5 km² e % da Bacia 36,36); (Classe: Ondulado, grau de declividade 5,7 a 8,5, área 0,65 km² e % da Bacia de 0,62).

Em relação aos aspectos de relevo da bacia do rio Bacanga, se apresentam feições típicas das estruturas dominantes em bacias sedimentares submetidas a extensos períodos de agentes externos, dando origem às formas tabulares e sub tabulares de suas superfícies erosivas que se intercalam por colinas dissecadas e esparsas, e também de formas deposicionais como a planície fluvial, planície de maré, e feições praias, sendo o relevo do curso inferior da bacia do rio Bacanga classificado, em sua maioria, como: (Plano 0 a 3%) e (Suave Ondulado 3 a 8%) (MARTINS, 2019).

PEDOLOGIA E HIDROLOGIA

Segundo Pereira (2006) existe a presença de altas concentrações de ferro nos sedimentos areno-argilosos, argilo-arenosos, areia fina, sendo recobertos por laterita, cuja formação está ligada a geologia local e clima característico tropical. Tendo um predomínio da vegetação de cerrado, e com resultado do avanço das ocupações humanas e um significativo aumento das instalações de áreas agrícolas nessa região, principalmente nas últimas três décadas, se

observou o domínio de: Matas de Várzeas e Matas de Galeria, Florestas Secundárias e Mata Secundária de Terra Firme (MORAIS *et al.*, 2014).

Segundo Lopes (2017) a Bacia hidrográfica do Bacanga compreende os seguintes afluentes: Rio Bacanga, tem como principais afluentes o Rio das Bicas, Igarapé Itapicuriá, Igarapé do Tamancão, Igarapé do Tapete e Igarapé do Piancó. O principal afluente da bacia, o rio Bacanga, inicia é formado por dois cursos diferentes d'água e quando se encontram em determinado ponto, passam a ter o mesmo percurso de 16,8 km. Por ser um rio de baixa energia, acaba não conseguindo transportar todos os materiais, como a areia e acaba gerando áreas de deposição ao longo do seu curso, que muitas vezes acabam por se ramificar ou alterar o seu curso, dessa forma, gerando canais secundários rasos que ficam às margens das zonas de depósito de material e surgindo ali uma cobertura por vegetação, diversificando a flora da área.

Segundo Castro (2008) A bacia Hidrográfica do Bacanga demonstra uma baixa densidade de drenagem, com valores 2,26 km/km² e uma densidade hidrológica baixa, com 2,71 canais/km². Constatando a presença de menos de 3 (três) canais por km² (SOARES, 2010).

VEGETAÇÃO

Por estar localizada em uma região de contato com o oceano, ocorre a presença da vegetação de manguezal, uma vez que é típica de ambiente estuarino e sedimento lamoso, sendo essa ocorrência maior na área da bacia no seu médio e baixo curso (PEREIRA *et al.*, 2018).

A área de ocorrência de manguezal, fica situada na margem esquerda do rio Bacanga, na sua desembocadura fluvial, que está em contato com a entrada de marés. As principais espécies presentes são: Mangue Branco (*Laguncularia racemosa*, Gaertn) sendo característica de um sedimento mais arenoso que lamoso, nas regiões com sedimento mais lamoso se observa a ocorrência das espécies: Mangue Vermelho (*Rhizophora mangle* L.; *Rhizophoraceae*), Siriba (*Avicennia germinans* (L.) Stearn.; *Avicenniaceae*) (PEREIRA *et al.*, 2018).

ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A primeira etapa realizada foi a aquisição dos dados cartográficos em formato digital pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que foram utilizados para levantamento dos dados de base para a criação dos mapas temáticos.

A classificação foi realizada com base nos dados disponibilizados pelo MAPBIOMAS (<https://mapbiomas.org/>), para os anos de 1960 e 2020 – resolução de 30 metros.

Para o mapeamento, foram utilizadas as seguintes classes de uso e cobertura: área construída, água, mangue, vegetação densa, vegetação rasteira e solo exposto. Os resultados de área (km²) do mapeamento foram convertidos em porcentagem, com intenção de identificar os processos de mudanças da paisagem.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Os resultados referentes ao trecho inferior da bacia do Bacanga e ao seu desenvolvimento de acordo com a linha temporal analisada são apresentados na Tabela 1.

Para a classe de área construída no trecho inferior da bacia no ano de 1960, se apresenta uma porcentagem de 22,75% do total da área, com uma área estimada em 5,38 km². Em contrapartida a vegetação densa nesse mesmo ano possui valores maiores, representando 42,12% da área total, podendo ser justificado esses valores pelo baixo crescimento urbano da época, onde ainda não havia sido construído a barragem do Bacanga, que favoreceu a ligação

de São Luís e o Porto do Itaqui pela construção da BR 315, promovendo a circulação de veículos e propiciando a criação de bairros e residências no local.

O ano de 2020 apresenta um grande aumento nos valores de área construída, sendo demonstrado valores de 14,21 km² representando 60,13% da área total, tendo um aumento de 37,38% das construções. Tal fator colaborou para a diminuição da vegetação densa na região, que apresentou valores de 1,79 km² para o ano de 2020, em torno de 7,56% da área estudada, tendo esta redução representado menos de 34,56% da vegetação original do ambiente, demonstrando a crescente perda do ecossistema original para a construção civil.

As classes de água e mangue apresentaram ambas uma redução. A água no ano de 1960 apresentou valores de 5,29 km² em torno de 22,37% da área total, já para o ano de 2020 os valores registrados foram de 4,48 km² correspondendo a 18,97%, gerando uma diminuição de 3,41% do seu volume original. Isso pode ter ocorrido a partir do represamento da água com a construção da barragem que alterou o fluxo natural na região e com a intensificação do processo de urbanização e assoreamento do leito do rio.

Da mesma forma, a classe de mangue também sofreu alteração nos seus valores originais. Em 1960 com uma área estimada em 3,02km² sendo 12,76% do total, para o ano de 2020 tendo decaído os seus valores para 2,61km² representando 11,02 %, com uma redução de 1,73% da vegetação de mangue. Acredita-se que tal fator pode ter condicionado a modificação na dinâmica fluvial da barragem, que trouxe alterações físicas e química da água, uma vez que não havia mais a livre troca da água salina e doce, favorecendo assim o crescimento da vegetação do local. Atrelado a essa modificação, ocorreu a urbanização de áreas próximas a vegetação de mangue e sua retirada para construções.

A vegetação rasteira e solo exposto não apresentaram valores relevantes para o ano de 1960, isso pode ter ocorrido pela inexistência dessas áreas nessa década, uma vez que toda a região possuía uma extensa vegetação densa que recobria a área e ainda não havia iniciado os processos urbanísticos no local. Para o ano de 2020, vegetação rasteira e solo exposto apresentaram valores respectivamente 0,26 km² e 0,29 km², representando 1,08% e 1,24% da área total. Tais condições podem ser explicadas pelo aumento da retirada da vegetação no local.

Tabela 1 – Uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Bacanga para os anos de 1960 e 2020

Classes	Área (km ²)		Porcentagem (%)		Diferença (%)
	1960	2020	1960	2020	
Área Construída	5,38	14,21	22,75	60,13	37,38
Água	5,29	4,48	22,37	18,97	-3,41
Mangue	3,02	2,61	12,76	11,02	-1,73
Vegetação Densa	9,96	1,79	42,12	7,56	-34,56
Vegetação Rasteira	-	0,26	-	1,08	1,08
Solo exposto	-	0,29	-	1,24	1,24
Total	23,64	23,64	100	100	-

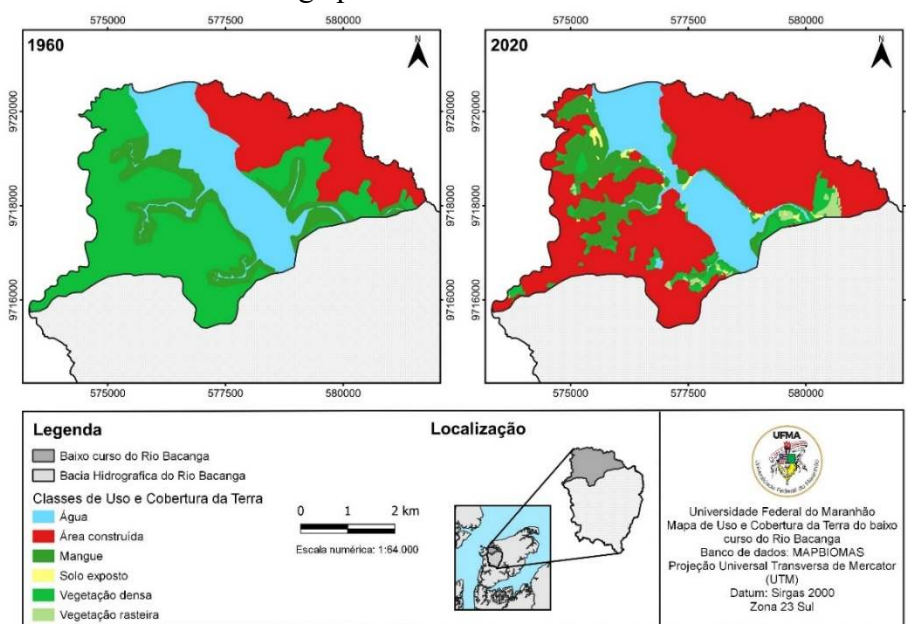
Fonte: elaborada pela autora.

O mapa de uso e cobertura da terra (Figura 3) mostra que a classe referente a área construída teve um grande aumento ao longo das décadas, tal aumento é confirmado numericamente com os dados apresentados na Tabela 1.

Visualiza-se uma grande mancha em vermelho que representa todo esse crescimento, enquanto no lado direito da imagem e em verde, se destaca a grande extensão da vegetação densa na região no ano de 1960. É notório que no ano de 2020, houve uma grande redução da vegetação, sendo toda essa redução atribuída ao crescimento desordenado na região.

O rio Bacanga é um sistema com características estuarinas que tinha ligação direta com a zona costeira adjacente, permitindo trocas químicas e físicas entre os sistemas.

Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Bacanga para os anos de 1960 e 2020



Fonte: Própria.

Registros históricos relatam que a construção da barragem objetivou a ligação do Porto do Itaqui com a capital São Luís e dessa forma expandindo o crescimento urbano naquela região, Pereira et al., (2018). Dessa forma surgiram aglomerações que se consolidaram como os bairros: Bacanga, Vila Embratel, Sá Viana, entre outros. Todo esse crescimento urbano, esteve atrelado a ocupação das áreas baixas da bacia hidrográfica, onde com a retirada da vegetação e uso inadequado do solo, passaram a sofrer processos de inundações.

Segundo Tucci (2005) toda essa alteração na dinâmica hidrológica do rio Bacanga, com a construção da barragem, tornou as áreas baixas do entorno mais suscetíveis a inundações, exigindo medidas de controles e ações preventivas do poder público, para reduzir os riscos de alagamento nas áreas marginais. As modificações oriundas do mau uso do solo e das ocupações realizadas de forma inadequada são representadas diretamente nas degradações presentes no ecossistema local.

Segundo os dados apresentados na Tabela e no mapa ilustrativo, os valores para classe de água e mangue, nos anos de 1960 e 2020, refletem as alterações na calha do rio e nas suas áreas marginais, que passou a ser menor no trecho em que está construído a barragem. Segundo Soares (2010), a presença da barragem gerou um aumento natural em processos deposicionais e assoreamento concentrados na margem direita da calha estuarina, provocando uma diminuição no prisma de maré. Tal processo e mudanças nas características químicas e físicas do ambiente foram sendo alteradas pela limitação de trocas de água, modificação no volume de água circundante, além das alterações na flora e fauna nativa, com a retirada de árvores e mangue para construções urbanas e despejo de efluentes domésticos, ocasionando uma total modificação na dinâmica fluvial (PEREIRA et al., 2018).

RISCOS AMBIENTAIS E AÇÕES DE GERENCIAMENTO DAS ÁREAS AFETADAS

As modificações ambientais ocorridas ao longo do tempo na bacia hidrográfica do Bacanga geradas pelo crescimento desordenado nas áreas marginais do baixo curso do rio, fez com que ocorresse modificações perceptíveis em sua dinâmica fluvial.

Esse grande crescimento urbano sem planejamentos, tem gerado diversos problemas e transtornos para o ambiente e consequentemente trazendo prejuízos para as populações que vivem nas regiões. As comunidades que moram em áreas baixas influenciam diretamente nas modificações da vegetação, estabilidade do solo, qualidade da água, no ciclo de precipitações e secas. Essas modificações alteram o escoamento superficial e infiltração, uma vez que geram instabilidade no solo com o desmatamento e construções urbanas. Todos esses fatores acarretam mudanças do fluxo de água e na armazenagem da água em bacias hidrográficas, gerando efeitos que são adversos quanto ao uso do solo nessas áreas (PEREIRA *et al.*, 2018).

Processos de assoreamentos são comuns na região e gera uma modificação no curso natural do rio. Devidos aos baixos níveis de declividade na região, atrelados às construções de naturezas irregulares em áreas baixas presentes na região, em períodos chuvosos, o local acaba por sofrer inundações, gerando danos ao ecossistema e prejuízos para os moradores da região.

As inundações recorrentes nas áreas baixas da bacia, também conhecida como planície de inundação, onde em períodos de cheias ocorre o extravasamento natural da água, passa a sofrer um acréscimo pelos processos antrópicos já existentes nessa área, como as construções irregulares de moradias, o escoamento superficial e a dificuldade de infiltração do solo. Todos esses problemas acabam por se caracterizar como um desastre natural, gerando processos de inundações.

A população que habita essas regiões é em via de regra pessoas com uma maior vulnerabilidade socioeconômica, que sofrem com as consequências negativas e com os infinitos prejuízos financeiros e socioeconômicos ocasionados pelas inundações (CAMPIOLI; VIEIRA, 2019).

A adoção da bacia hidrográfica como uma unidade planejamento prevista na Lei 12.608 de 10 de abril de 2012, art. 4º, do parágrafo IV, instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), possibilitando a análise de desastres e permitindo que os municípios estabeleçam medidas e possam identificar as áreas de risco, realizar os estudos técnicos e mapeamentos de suscetibilidade, ameaças e vulnerabilidade de desastres ambientais nas áreas da própria Bacia e entorno. Tais medidas de gerenciamento da área, permitem que os órgãos responsáveis criem mecanismos de controle e fiscalização de forma a evitar deslizamentos de grandes impactos e construções próximas as áreas susceptíveis a inundações (LEAL *et al.*, 2020).

Ao longo do tempo se realizaram medidas que diminuíssem e/ou tentassem evitar os processos de inundações, visando sempre minimizar as consequências e os transtornos causados. Barbosa (2006) propõe que para o controle eficiente das inundações, são necessárias medidas de forma estrutural e não estrutural, garantindo os prejuízos mínimos para a sociedade e redução dos danos aos ecossistemas.

Entende-se, com essenciais diversas medidas para que ocorra ações de prevenção e controle de inundações nas margens dos rios. Entre as medidas estruturais que podem ser adotadas de forma efetiva, pode ser apontada o reflorestamento das áreas baixas do rio, onde tal ação gera o amortecimento da vazão e controle de erosão, como também a preservação do meio ambiente. Como medidas não-estrutural, se propõe a execução de medidas regulamentadoras do uso e ocupação do solo. O planejamento das áreas a serem desenvolvidas, através de um zoneamento urbano atrelado ao controle das áreas que foram loteadas, sendo essas ações executadas através de um Plano Diretor (BARBOSA, 2006).

Essas ações de controle evitariam a ocupação irregular e desprevenida de regiões com propensão a sofrerem com enchentes, inundações e deslizamentos, que ofereçam sérios riscos para as populações que se estabeleçam nessa região, além de evitar a permanente degradação do ecossistema pelas ocupações que geram lixos, esgotos e desmatamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do Bacanga ao longo do tempo apresentou diversos problemas referentes ao rápido crescimento da região. O trecho inferior se apresenta como uma das regiões mais antropizadas e com um grande processo de urbanização. Tal situação é evidenciada a partir dos dados analisados pelo uso e ocupação do solo na região, onde foi observado seu processo de degradação a partir da construção da barragem, que propiciou o estabelecimento espacial da população. A redução de aproximadamente 35% da vegetação natural na região, demonstra o nível de antropização que a bacia sofre continuamente, além de processos de deterioração da calha do rio que se reduziu pelo processo de assoreamento e alteração da qualidade da água, uma vez que passou pelo processo de represamento e limitou suas trocas com a maré.

Tais problemas relacionados a bacia evidenciam a necessidade de um controle e medidas efetivas que minimizem os problemas relacionados ao uso irregular das áreas baixas da bacia. O uso das bacias hidrográficas como áreas de planejamento urbano, se apresentam como medidas no controle de crescimento urbano, uma vez que se tratam de áreas fisicamente limitadas e com grande valor ecológico e socioeconômico. Dessa forma, a realização de estudos, mapeamentos de áreas de riscos visam reconhecer os problemas atrelados ao seu uso e ocupação, e fornecem um planejamento urbano da área.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. P.; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S.; Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM, In: **Anais XIV do simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**. Natal, Brasil, 2009. p. 4631-4638.
- BARBOSA, F. A. R.; **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na Bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- BARRELLA, W. *et al.* As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F (Org.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p.187-207.
- CARNEIRO, L. R.; CORDEIRO, E. C.; Considerações socioeconômicas sobre o Itaqui-Bacanga. **Departamento da informação e inteligência econômica (DIIE)**, 2014.
- CASTRO, T. C. S. **Identificação de áreas potenciais para a recarga de aquífero na bacia hidrográfica do rio Bacanga**. 2008, 56f. Monografia (Curso Ciências Aquáticas). Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.
- GOMES, M. A. F.; Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã, **Conselho Nacional de Procriação Medica Assistida (CNPMA)**, 2011. Disponível em: <<https://www.brasilagricola.com/2011/08/agua-sem-ela-seremos-o-planeta-marte-de.html#:~:text=%C3%81gua%20%C3%A9%20fonte%20da%20vida,perman%C3%Aancia%20da%20vida%20no%20Planeta>>. Acesso em: 08 dezembro 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 08 dezembro 2021.

LEAL, F. C. B. S.; BARBOSA, I. M. B. R.; AQUINO, J. T.; Mapeamento de áreas vulneráveis à inundação com uso do SIG e da análise multicritério: o caso da bacia hidrográfica do Rio Una em Pernambuco. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, <Florianópolis, v. 9, n. Especial, p. 20-40, 2020. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9614>. Acesso em: 12 fevereiro 2023. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0I202020-40>.

LOPES, J. A. V; Gestão e Planejamento de Bacia Hidrográfica: requalificação urbana e ambiental da bacia do Rio Bacanga. **Revista Científica do CEDS**, Maranhão, n. 7, p. 1-28, 2017.

MARTINS, A. L. P.; **Avaliação da qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga (São Luís – MA) com base em variáveis físico-químicas, biológicas e populacionais: subsídios para um manejo sustentável**. 2008, 88f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade e Ecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Ecossistemas, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

MARTINS, B. N.; **Avaliação da vulnerabilidade à intrusão salina no curso inferior do rio bacanga através do método GALDIT**, 2019, 112f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica, Departamento de História e Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

MORAIS, M. S. **Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Bacanga, município de São Luís – MA**. Relatório de Iniciação Científica. Maranhão São Luís, 2014.

MORAIS, M. S.; LISBOA, G. S; VIANA, J. D.; SILVA, T. P; GUERRA, A.J. T.; BEZERRA, J.F. R; Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio Bacanga, município de São Luís - MA. **Revista Geonorte**. Manaus, v. 10, n. 1, p. 531-536, 2014.

MOREIRA, T. S.; SILVA, E. G.; GOMES, F. C. R.; RODRIGUES, A. L. S.; GONÇALVES, M. F. P. Análise dos impactos ambientais na barragem do bacanga e alternativa para o planejamento e gestão da bacia do rio Bacanga, São Luís – MA. **Geomorfologia – SBGA**, 2006.

OLIVEIRA, B.R.G, BOTELHO, R.G.M. Alterações antrópicas em cursos de água em ambiente urbano e o potencial de ocorrência de enchentes: O caso da bacia do canal do mangue (Rio de Janeiro - RJ). **GEOGRAFIA**. Rio Claro, v. 39, n. 1, p. 125-14. 2014.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do reservatório Batatã – São Luís (MA)**. 2006, 174f. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

PEREIRA, E. D.; ZAINÉ, J. E.; Mapa geológico- geotécnico da Bacia do Rio Bacanga – São Luís (MA). **Geociências**. São Paulo, v. 26, n. 1, p. 45-54, 2007.

PEREIRA, S. V.; BEZERRA, D. S.; MELO, K. C.; GONZAGA, L. F.; Análise espacial das formas de ocupação da bacia hidrográfica do rio Bacanga. **Revista Ceuma Perspectivas**. São Luís, v. 31, n. 1, p. 173-182, 2018. Disponível em:

<<http://www.ceuma.br/portalderevistas/index.php/RCCP/article/view/192>>. Acesso em: 25 março 2023. <https://doi.org/10.24863/rccp.v31i1.192>.

SANTOS, E. R.; LEITE, C. R. S.; PERIM, M. A.; GONÇALVES, S. F.; TARGA, M. S. Urbanização Sustentável e o Escoamento em Bacias Hidrográfica. **Coleção de Ciências Ambientais**. São Paulo, p. 1-13, 2016.

SILVA, F. S.; OLIVEIRA, J. O.; OLIVEIRA, I. C. S. C.; RODRIGUES, M. T. F.; ARAÚJO, R. R.; Comportamento térmico no centro histórico e comercial de São Luís-MA, **Universidade Federal do Maranhão**, São Luís, 2009.

SOARES, L. S.; BANDEIRA, A. M.; SILVA, M. H. L.; CASTRO, A. C. L.; Análise integrada e problemas socioambientais da Bacia Hidrográfica do Bacanga, São Luís - MA, **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 15, n 1, p. 138–150, 2021.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Inundações Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – Unesco. 2005.

UEMA, Universidade Estadual do Maranhão. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão**. São Luís: UEMA, 2016. p. 2016.