

EXPANSÃO URBANA E IMPACTOS NAS BACIAS DO BACANGA E DO ANIL: UM OLHAR SOBRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM SÃO LUÍS, MARANHÃO

URBAN EXPANSION AND IMPACTS ON THE BACANGA AND ANIL BASINS: A LOOK AT SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN SÃO LUÍS, MARANHÃO

EXPANSIÓN URBANA E IMPACTOS EN LAS CUENCAS DE BACANGA Y ANIL: UNA MIRADA AL DESARROLLO SOSTENIBLE EN SÃO LUÍS, MARANHÃO

Luana do Nascimento Dias

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA - UFMA)
Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRpesq)
dias.luana@discente.ufma.br

Alef Fontinele Teixeira

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Universidade Federal do Maranhão)
Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRPesq - UFMA)
alef.fontinele@discente.ufma.br

Marina Rocha de Carvalho

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)
marina.carvalho@discente.ufma.br

Antonio Carlos Leal de Castro

Professor Dr. Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão
alec@ufma.br

RESUMO: A expansão urbana de São Luís, Maranhão, tem se consolidado historicamente sobre áreas estuarinas e de elevada sensibilidade ambiental, intensificando pressões socioambientais nas bacias hidrográficas dos rios Bacanga e Anil. Considerando a relevância estratégica dessas bacias para a dinâmica ecológica, hidrológica e urbana da capital maranhense, o presente estudo se propõe a analisar comparativamente os impactos da urbanização e da prática de aterros sobre o uso e cobertura da terra, a dinâmica hidrológica e a governança territorial nessas unidades hidrográficas. Adotou-se abordagem quali-quantitativa, de caráter exploratório-descritivo, fundamentada em revisão bibliográfica sistematizada, análise documental, mapeamento temático em Sistema de Informações Geográficas (QGIS 3.38.3), interpretação de imagem de satélite e verificação em campo. Os resultados evidenciam contrastes expressivos entre as bacias: no Bacanga, a vegetação ainda predomina (56,42%), embora a urbanização represente 33,88% da área total; enquanto no Anil, verifica-se estágio avançado de urbanização (72,63%), com reduzida cobertura vegetal (15,84%) e maior presença relativa de áreas aterradas (12,31%). A associação entre expansão urbana e aterros hidráulicos tem promovido impermeabilização do solo, alteração do regime de escoamento superficial, comprometimento de nascentes e magnificação de riscos hidrológicos, como alagamentos e degradação da qualidade da água. A análise do arcabouço normativo compostos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e a legislação municipal pertinente, revelam avanços institucionais, ainda que demonstrem limitações na integração entre planejamento urbano e gestão de bacias. Infere-se que a sustentabilidade das bacias do Bacanga e do Anil depende da adoção de modelos

integrados de governança ambiental, baseados na articulação entre ordenamento territorial, proteção de áreas sensíveis e fortalecimento institucional, de modo a promover a resiliência socioecológica e o desenvolvimento urbano sustentável em São Luís.

Palavras-chave: planejamento ambiental; geografia urbana; vulnerabilidad socioambiental.

ABSTRACT: The urban growth of São Luís (MA) has historically encroached upon estuarine areas, intensifying socio-environmental pressures on the Bacanga and Anil river basins. This study conducts a comparative technical-geographical analysis of these basins, aiming to understand the impacts of disordered urbanization and landfill practices on environmental and hydrological dynamics. The methodology employs a qualitative-quantitative approach, based on bibliographic research, document and legislative analysis, cartographic development using GIS, and fieldwork. The land use and land cover mapping revealed contrasts between the basins: in the Bacanga basin, vegetation predominates (56.42%), although urbanization is significant (33.88%); in the Anil basin, the urbanized area prevails (72.63%), with low vegetation cover (15.84%). The presence of reclaimed land associated with the urban fabric reinforces the intensification of impacts such as soil impermeability, altered drainage, compromised springs, and degradation of water bodies. It is concluded that strengthening territorial planning and the application of legal instruments is essential to guarantee the sustainability of the urban basins of São Luís.

Keywords: planejamento ambiental; geografia urbana; vulnerabilidade socioambiental.

RESUMEN: El crecimiento urbano de São Luís (MA) ha invadido históricamente las áreas estuarinas, intensificando las presiones socioambientales en las cuencas de los ríos Bacanga y Anil. Este estudio realiza un análisis técnico-geográfico comparativo de estas cuencas, con el objetivo de comprender los impactos de la urbanización desordenada y las prácticas de vertedero en la dinámica ambiental e hidrológica. La metodología emplea un enfoque de métodos mixtos, basado en investigación bibliográfica, análisis documental y legislativo, desarrollo cartográfico SIG y trabajo de campo. El mapeo del uso y la cobertura del suelo reveló contrastes entre las cuencas: en la cuenca de Bacanga, predomina la vegetación (56,42%), aunque la urbanización es significativa (33,88%); en la cuenca de Anil, prevalece el área urbanizada (72,63%), con baja cobertura vegetal (15,84%). La presencia de tierras recuperadas asociadas al tejido urbano refuerza la intensificación de impactos como la impermeabilidad del suelo, la alteración del drenaje, el compromiso de manantiales y la degradación de los cuerpos de agua. Se concluye que el fortalecimiento de la planificación territorial y la aplicación de instrumentos legales es fundamental para garantizar la sostenibilidad de las cuencas urbanas.

Palabras clave: planificación ambiental; geografia urbana; vulnerabilidad socioambiental.

1. INTRODUÇÃO

O município de São Luís, capital do estado do Maranhão, região Nordeste do Brasil, possui uma área total de 583,063 km² e uma população de 1.037.775 habitantes (IBGE, 2023). A cidade detém uma posição privilegiada, voltada para o oceano Atlântico, com diversos rios e riachos e uma grande diversidade faunística e florística, o que reforça a importância ecológica para os ecossistemas locais (PAIVA; ALMEIDA, 2020).

No final da década de 1960, São Luís se expandiu avançando sobre a foz de seus rios mais importantes: rio Anil e rio Bacanga. Até então, o município contava com uma população de cerca de 100.000 habitantes e sua zona urbanizada alcançava apenas a margem esquerda da porção inferior do rio Anil e a margem direita do baixo curso do rio Bacanga (PEREIRA, 2006).

Na foz do rio Anil ocorreu a construção da Ponte José Sarney, que permitiu a ampliação de novas áreas residenciais em direção as praias e ao bairro do São Francisco. Por outro lado, na

foz do rio Bacanga foi construída uma barragem, que interligou o Centro Histórico com a zona Oeste da Ilha, facilitando o acesso a futura região portuária e do Distrito Industrial (FONSECA NETO, 2003). Estas construções permitiram o crescimento de setores urbanos adjacentes as bacias hidrográficas dos rios Anil e Bacanga, como os bairros Fátima, Jordoa, João Paulo e Monte Castelo (PEREIRA; ALCÂNTARA JR., 2017).

A industrialização na década de 1970 também impulsionou o crescimento urbano na Ilha de São Luís. A implantação de grandes projetos industriais como a Vale, ALUMAR, assim como a florescência do comércio local, resultaram no aumento gradativo do número de ocupações desenfreadas no município (PEREIRA, 2024). Atraída por ofertas de trabalho, uma expressiva massa populacional migrou para a cidade, provocando agravamento das questões fundiárias já existentes no estado, conduzindo a um incremento da população e favelização das principais bacias hidrográficas urbanas do município (PEREIRA, 2006).

As bacias hidrográficas de São Luís 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 (SOARES *et al*, 2021; TEIXEIRA *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a análise das bacias hidrográficas do Bacanga e do Anil dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente o ODS 3 (Saúde e Bem-estar), ODS 6 (Água Potável e Saneamento), ODS 10 (Redução das Desigualdades), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). A intensificação da urbanização sobre áreas estuarinas e zonas de preservação permanente compromete a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, amplia a vulnerabilidade a eventos extremos e agrava desigualdades socioespaciais, aspectos centrais na agenda da sustentabilidade urbana. Assim, a investigação proposta contribui para o debate sobre a necessidade de integrar planejamento territorial, gestão de recursos hídricos e políticas ambientais como estratégias fundamentais para alinhar o desenvolvimento urbano de São Luís às metas globais de sustentabilidade, resiliência e justiça socioambiental.

Diante desse quadro, o presente estudo tem como propósito central analisar os impactos socioambientais decorrentes da expansão urbana desordenada sobre as bacias hidrográficas urbanas do Bacanga e do Anil, enfatizando as alterações na dinâmica ambiental, a degradação dos ecossistemas associados e os riscos inerentes à gestão dos recursos hídricos. Propõe-se, também discutir a efetividade dos instrumentos normativos e de planejamento territorial frente às demandas de conservação e uso sustentável dessas bacias, visando subsidiar reflexões acerca de estratégias integradas que promovam a resiliência socioecológica e o desenvolvimento urbano sustentável no contexto maranhense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga

A bacia hidrográfica do rio Bacanga está inserida 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. A bacia possui uma superfície estimada de 11.030,00 ha, sendo delimitada ao norte pela Baía de São Marcos, ao sul pela Chapada do Tirirical, a leste pelas bacias do Anil, Paciência e Cachorros, e a oeste pela bacia do Itaqui (PEREIRA, 2024). Segundo o IBGE (2022), a região abriga uma população estimada de 111.678 habitantes (Figura 1).

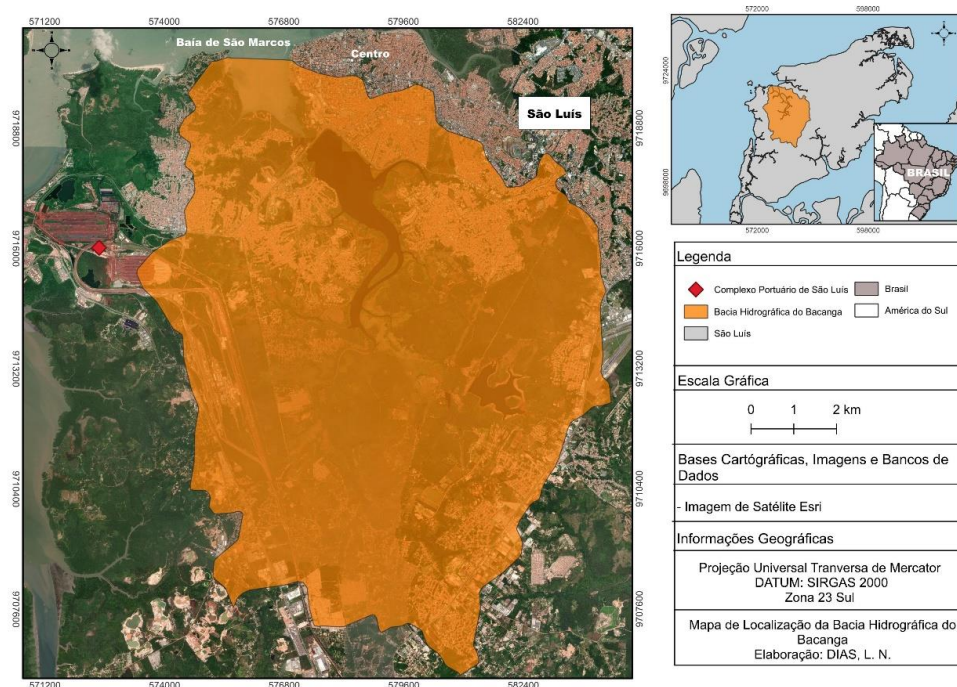


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia do Rio Bacanga, São Luís do Maranhão. Fonte: Autores (2025).

A geologia da região Itaqui-Bacanga é composta pelas formações Itapecuru e Barreiras, enfatizando os depósitos terciários que formam os principais aquíferos explorados da região (SOARES, 2004). O curso inferior do rio Bacanga apresenta formas de tabuleiros com altitudes de 40-60 m, colinas suaves em níveis de 20 a 30 metros e nas baixas altitudes (0 – 5m), as planícies flúvio-marinha (PEREIRA, 2006). As estruturas geológicas superficiais são compostas por rochas da Formação Itapecuru originárias do Cretáceo, sobrepostas, em algumas áreas, por camadas da Formação Barreiras que datam do Terciário, e por sedimentos quaternários da Formação Açu (BEZERRA, 2011; CASTRO *et al.*, 2024).

O relevo da bacia hidrográfica do rio Bacanga é caracterizado por planícies aluviais, influenciadas pelas marés, e áreas de topografia elevada, fortemente modeladas por processos erosivos (SOARES, 2004). A bacia, em sua maioria, é caracterizada por superfícies planas, tendo duas situações distintas: os altiplanos e os baixios (SILVA; SILVA; SILVA, 2016).

O solo da região da bacia do Bacanga é caracterizado por altas concentrações de ferro nos sedimentos de diferentes texturas, areno-argilosos, argilo-arenosos, areia fina, sendo recobertos por laterita, cuja formação está ligada a geologia local e clima característico tropical. Os solos se diferem pelas condições de drenagem, transporte do material lixiviado, deslocamentos e reposição de componentes químicos móveis, acumulação dos resíduos insolúveis, modificações físico-químicas e perturbação por penetração de raízes e escavação de animais (PEREIRA, 2006).

Por estar localizada em área de contato com a zona costeira, ocorre na bacia do Bacanga a presença de vegetação de mangue, característica de ambientes estuarinos com sedimentos lamosos, predominando especialmente nas porções de médio e baixo curso (PEREIRA *et al.*, 2018). Ao longo da bacia observa-se a cobertura vegetal, composta por Matas de Várzeas, Matas de Galeria, Florestas Secundárias (capoeira) e Mata Secundária de Terra Firme que são resultados do avanço das ocupações urbanas e instalações de áreas agrícolas de subsistências, principalmente nas últimas três décadas (MORAIS *et al.*, 2014).

A região 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 o mangue branco (*Laguncularia racemosa*), mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) e Siriba (*Avicennia germinans*) (PEREIRA *et al.*, 2018).

2.2 Bacia Hidrográfica do Rio Anil

A bacia hidrográfica do Rio Anil apresenta grande importância ecológica, econômica e social (Figura 2). Limita-se ao Norte e ao Leste com a bacia hidrográfica do Paciência, e a Oeste, com a bacia hidrográfica do Bacanga. Possui uma área de 40,77 km², o seu principal tributário possui uma extensão de 13,8 km (RIBEIRO; CRUZ; PEREIRA, 2020).

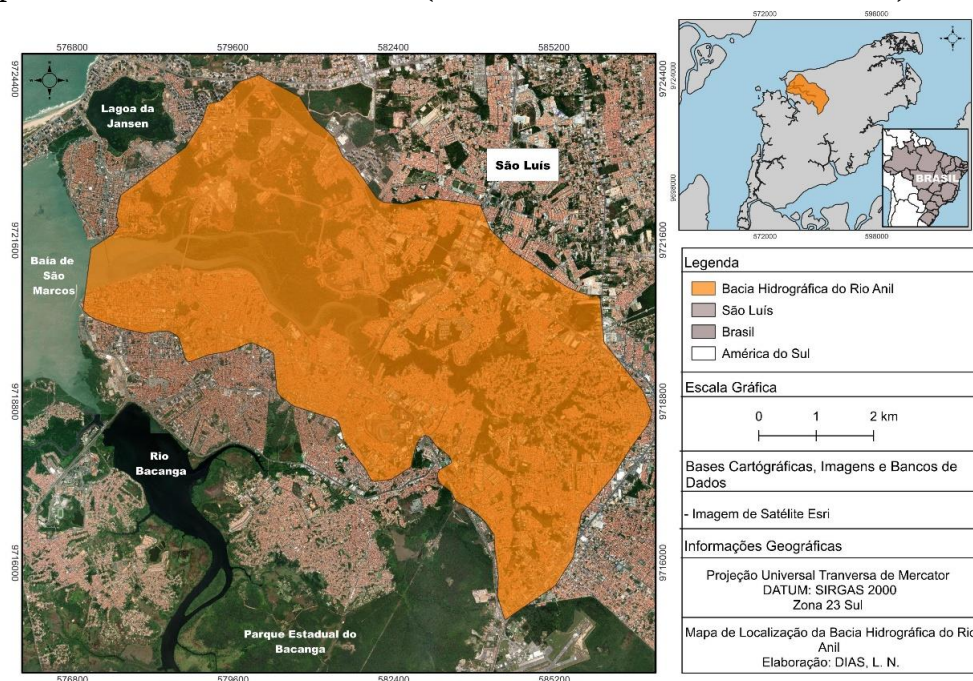


Figura 2 – Mapa de Localização da Bacia do Rio Anil, São Luís do Maranhão. Fonte: Autores (2025).

A bacia hidrográfica do Rio Anil possui estratificação geomorfológica/pedológica subdividida, composta por sedimentos do Grupo Barreiras e possui em maioria, sedimentos oriundos de decomposições sucessivas de materiais transportados (PEREIRA; ZAINE, 2007). A bacia possui influência de maré notável em grande parte do seu curso pois sua influência marinha pode chegar a 3,5 km (SOUSA, 2018).

O alto curso da bacia do Rio Anil apresenta duas principais unidades de relevo: as denudacionais, que incluem marrotes, tabuleiros e vertentes e as agradacionais, representadas pela planície fluvial. Essa configuração influencia diretamente nos processos geomorfológicos e a dinâmica ambiental da região (SILVA, 2012).

Os tabuleiros apresentam topos planos e rebordos com declividade pronunciada, onde a superfície encontra-se levemente reafeiçoada por uma rede de baixa densidade de drenagem, em vertente muito amplas e suaves. As planícies fluviomarinhas são caracterizadas por mangues, compõem-se de superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais fluviais e marinhos, constituídas de depósitos argilo-arenosos a argilosos. Essas áreas são diariamente inundadas e apresentam uma rede de canais, com padrão meandrante de alta sinuosidade e divagante, sob influência de refluxo de marés, com desenvolvimento de vegetação de manguezais e apicuns (ANA; CPRM, 2019).

A bacia do Rio Anil possui grande parte das suas Áreas de Preservação Permanente fortemente urbanizadas, devido a sua localização em área comercial e residencial no centro do

município de São Luís. Os autores acrescentam que há predominância da urbanização sobre a bacia e as áreas verdes remanescentes estão sendo progressivamente pressionadas pela urbanização em várias regiões da bacia, onde a área urbanizada com solo exposto chega em torno de 66% de uso do solo (CRUZ; RIBEIRO; PEREIRA, 2020).

2.3 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa possui abordagem quali-quantitativa, de caráter exploratório e descritivo, estruturada a partir da integração entre levantamento bibliográfico, análise documental, análise da legislação pertinente, elaboração cartográfica e trabalho de campo. A dimensão quantitativa foi aplicada por meio da mensuração das classes de uso e cobertura da terra (km² e %), enquanto a dimensão qualitativa permitiu interpretar os processos de ocupação urbana, as transformações ambientais e os instrumentos político-institucionais associados às bacias hidrográficas do Bacanga e do Rio Anil, no município de São Luís do Maranhão.

A etapa inicial consistiu na revisão bibliográfica sistematizada, contemplando artigos científicos, livros, capítulos de livros, dissertações e teses que abordam temas relacionados à dinâmica urbana, gestão de bacias hidrográficas, impactos ambientais da urbanização, planejamento territorial e sustentabilidade em ambientes urbanos. As buscas foram realizadas em bases de dados acadêmicas reconhecidas, como SciELO, Google Scholar e Portal de Periódicos CAPES, priorizando publicações de relevância científica e aderentes ao recorte temático e territorial do estudo.

Paralelamente, desenvolveu-se uma análise documental de materiais técnicos e normativos, incluindo legislações ambientais e urbanísticas, planos diretores, planos de bacias hidrográficas, relatórios técnicos, documentos institucionais e instrumentos de política pública relacionados à gestão territorial e dos recursos hídricos. Essa etapa teve como finalidade compreender as bases jurídicas e políticas que orientam as intervenções e o uso do solo nas bacias estudadas, bem como identificar lacunas, conflitos e limitações na aplicação dos instrumentos legais.

No que se refere aos dados cartográficos, estes foram obtidos a partir do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Plano Diretor de São Luís (2023), especificamente do Mapa de Macrozoneamento Urbano (Anexo III). Além disso, foram elaborados dados cartográficos próprios, a partir do processamento e interpretação das informações espaciais.

Para a análise da cobertura e uso da terra, utilizou-se imagem de satélite disponibilizada pela plataforma Esri, referente ao ano de 2026, com o objetivo de identificar e delimitar as classes de interesse nas bacias hidrográficas dos rios Anil e Bacanga.

A simbologia adotada para as classes cartográficas seguiu, sempre que possível, padrões oficiais: as cores utilizadas para áreas urbanizadas e corpos hídricos seguiram o padrão estabelecido pelo IBGE (2019). As classes referentes à vegetação e à Área de Proteção Ambiental (APA) foram definidas com base no mapa de macrozoneamento do Plano Diretor de São Luís (2023). Já as classes relacionadas a áreas de aterro e drenagem foram estabelecidas considerando as características específicas da área de estudo.

O sistema de classificação utilizado para cobertura e uso da terra foi simplificado, baseado nas propostas de Heymann (1994) e do IBGE (2006), conforme apresentado por França (2019), com adaptações para a realidade das bacias hidrográficas dos rios Anil e Bacanga. Todo o processamento cartográfico, incluindo organização dos dados, edição vetorial, classificação e elaboração dos mapas, foi realizado no software QGIS, versão 3.38.3.

Adicionalmente, foram realizadas visitas de campo, com o objetivo de verificar *in loco* as condições ambientais observadas na literatura e nos documentos analisados, bem como registrar evidências empíricas relacionadas à ocupação urbana, aos processos de degradação ambiental e à infraestrutura existente nas bacias do Bacanga e do rio Anil. As observações de campo

permitiram confrontar as informações secundárias com a realidade local, fortalecendo a consistência analítica do estudo.

A sistematização e interpretação dos dados ocorreram por meio de análise temática e integrada, possibilitando a articulação entre os aspectos físicos, ambientais, sociais, urbanos e institucionais das bacias hidrográficas investigadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Uso e cobertura da terra como indicador do processo de urbanização nas bacias do Bacanga e Anil

A distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas do Bacanga e do Rio Anil (Figura 3), mostra que nas duas bacias a urbanização apresenta expansão progressiva e desordenada, refletindo a ocupação de áreas sensíveis e a intensificação das pressões sobre recursos naturais. De acordo com Pinheiro e Aquino (2024), a expansão urbana em São Luís tem provocado alterações significativas nos ambientes naturais e reconfigurado o espaço urbano, como resultado das pressões antrópicas associadas ao crescimento demográfico e à urbanização acelerada da capital maranhense.

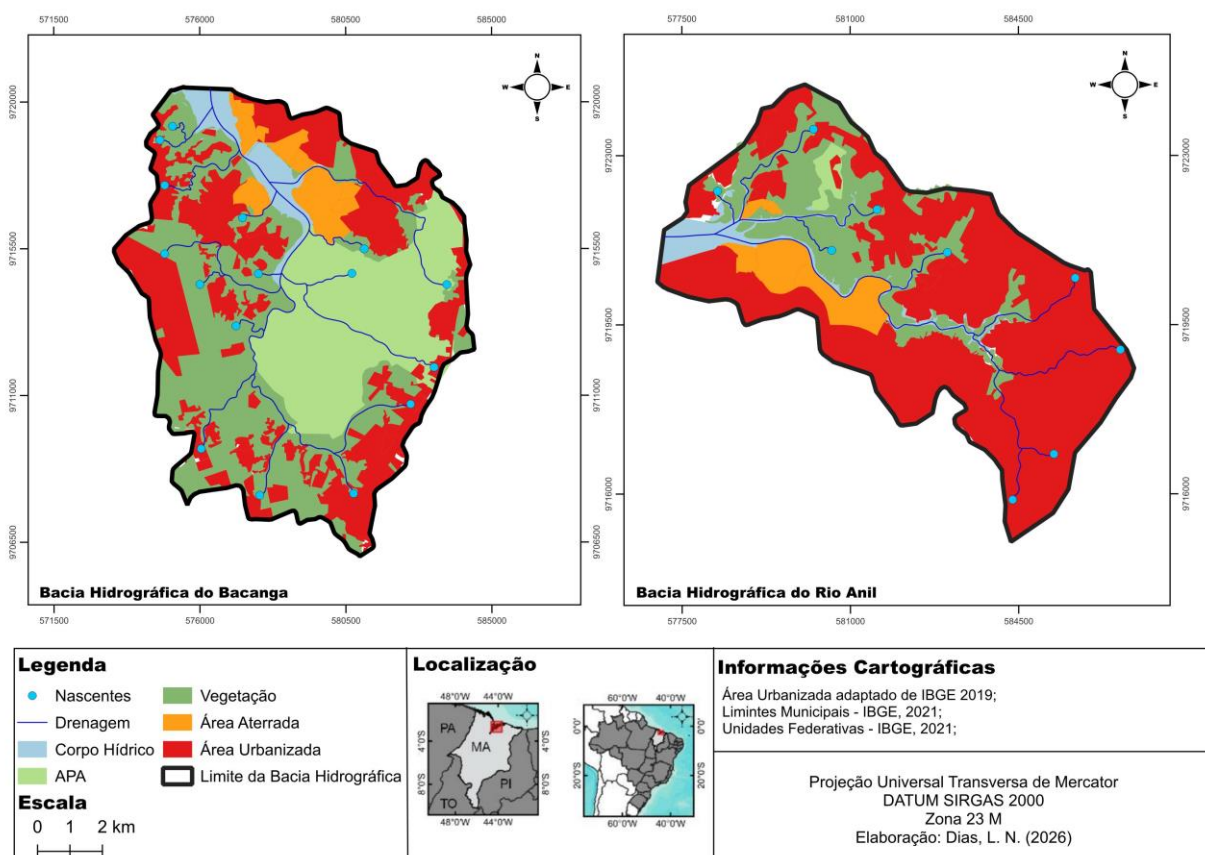


Figura 3 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo das Bacias do Bacanga (A) e do Rio Anil (B) em 2026, em São Luís (MA).

As bacias hidrográficas dos rios Anil e Bacanga configuram-se entre as mais urbanizadas do município de São Luís, resultado de um processo histórico de ocupação predominantemente desordenada e marcado pela ausência de planejamento urbano adequado. Esse cenário tem favorecido o uso irregular do solo, especialmente pela expansão de ocupações urbanas informais que modifica a paisagem natural e gera diversas consequências para o desenvolvimento urbano e para a qualidade ambiental, com impactos diretos sobre os corpos hídricos e a dinâmica hidrológica local (Castro *et al.*, 2017; Coelho; Castro, 2019; Teixeira *et al.*, 2024; Soares *et al.*,

2025).

Com base na Tabela 1, verifica-se que a bacia hidrográfica do Bacanga apresenta predominância de áreas de vegetação (56,42%), indicando a manutenção de parcela significativa de cobertura natural. Entretanto, a expressiva participação da área urbanizada (33,88%) revela um processo de expansão urbana em curso, com potencial de aprofundar as pressões sobre a dinâmica ambiental e os recursos hídricos da bacia. Pereira (2024) constata que a falta de planejamento urbano ambiental e urbanização acelerada na bacia do Bacanga levam à ocupação de áreas de risco e potencializam as pressões sobre os sistemas de drenagens e recursos hídricos.

Tabela 1 – Conflitos de uso e cobertura da terra nas bacias do Bacanga e Rio Anil – São Luís (MA).

Bacia Hidrográfica	Usos	Área (Km²)	Percentual (%)
Bacanga	Urbano	35,605	56,42
Bacanga	Vegetação	59,295	33,88
Bacanga	Aterro	0,056	0,16
Anil	Urbano	29,634	72,63
Anil	Vegetação	6,461	15,84
Anil	Aterro	3,649	12,31

Em contrapartida, na bacia do Rio Anil observou-se a predominância de áreas urbanizadas, correspondendo 72,63% da área total, enquanto a vegetação representou apenas cerca de 15,84%. Esse resultado evidencia um estágio avançado de urbanização, marcado pela intensa substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeabilizadas, o que tende a ampliar pressões sobre o sistema ambiental e hidrológico da bacia. Costa (2020) identificou que o uso e ocupação inadequados de áreas de preservação permanente na bacia do Rio Anil intensificam os riscos de inundações e demonstram a pressão antrópica sobre zonas sensíveis, reforçando a relação entre urbanização desordenada e impactos hidrológicos.

Outro uso analisado corresponde às áreas aterradas inseridas no setor urbanizado, prática historicamente associada ao processo de expansão urbana em São Luís. Nas duas bacias hidrográficas, a ocupação do território ocorreu, em parte, por meio da implantação de aterros, identificados no mapeamento pela classe representada na cor laranja. Essa prática tem sido recorrente em áreas ambientalmente sensíveis, com margens de cursos d'água, planícies de inundação e zonas úmidas, promovendo alterações expressivas na dinâmica ambiental, sobretudo pela modificação do relevo e pela redução de áreas naturais (Wu *et al.*, 2018; Christofidis *et al.*, 2019; Ferraro, 2020; Capoane, 2024).

Do ponto de vista hidrológico, o avanço da urbanização associado da prática de aterro em ambas as bacias contribui para a impermeabilização do solo, o que reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial, contribuindo para mudanças do regime hidrológico e agravamento de problemas urbanos, como alagamentos e perda da qualidade ambiental (Tu; Hang, 2023; Van Maren *et al.*, 2025). Como consequência, ocorrem alterações no regime hidrológico, com maior ocorrência de picos de vazão durante eventos chuvosos e redução da recarga subterrânea, comprometendo a vazão de base nos períodos secos. Esse processo afeta diretamente a estabilidade dos cursos d'água e pode intensificar eventos de enchentes, alagamentos e erosão das margens, especialmente em áreas onde o planejamento urbano e a infraestrutura de drenagem são insuficientes.

Outro impacto fundamental associado à urbanização e ao aterro é o comprometimento das nascentes. A expansão urbana tende a ocorrer sobre áreas de recarga hídrica, encostas e zonas úmidas, provocando compactação do solo, supressão vegetal e contaminação por efluentes domésticos e resíduos. Esse cenário compromete a manutenção das nascentes e reduz a disponibilidade hídrica ao longo do ano, afetando tanto a dinâmica ambiental quanto o uso social

da água (Figueiredo *et al.*, 2019). Caso o processo de urbanização continue ocorrendo de forma desenfreada e sem planejamento urbano e ambiental adequado nessas regiões, há risco de intensificação da degradação ambiental, podendo comprometer significativamente as áreas de recarga e resultar na degradação progressiva, ou até mesmo na extinção, de nascentes presentes nas bacias do Bacanga e do Rio Anil.

Além das alterações hidrológicas já mencionadas, as duas bacias investigadas apresentam impactos ambientais cumulativos que comprometem sua integridade ecológica e funcional. Observa-se a intensificação do assoreamento dos cursos d'água, decorrente da supressão vegetal e da ocupação de encostas, bem como o lançamento inadequado de efluentes domésticos e resíduos sólidos, que contribuem para a deterioração da qualidade da água e para processos de eutrofização (Castro *et al.*, 2025).

Nas áreas estuarinas e de manguezal, especialmente nos trechos sob influência de maré, a substituição de ecossistemas naturais por superfícies impermeabilizadas e aterros altera fluxos sedimentares, reduz a biodiversidade e compromete serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação climática, a proteção contra eventos extremos e a manutenção da pesca artesanal (Coelho e Castro, 2018). Esse conjunto de impactos evidencia que a degradação não se restringe à escala local, mas repercute sobre a dinâmica costeira e sobre a qualidade de vida das populações que dependem diretamente dessas bacias, reforçando o caráter sistêmico da problemática ambiental analisada.

Em síntese, os resultados evidenciam que o processo de urbanização, quando associado à prática de aterros, intensifica impactos ambientais sobre os corpos hídricos, alterando o regime de escoamento, comprometendo áreas de nascentes e reduzindo a capacidade natural de regulação hidrológica das bacias. Logo, a análise comparativa reforça a necessidade de políticas públicas e instrumentos de planejamento urbano que integrem gestão ambiental e gestão de recursos hídricos, priorizando a proteção de áreas sensíveis e a recuperação de funções ecológicas essenciais para o equilíbrio ambiental das bacias urbanas de São Luís.

3.2 Legislação e Políticas Públicas

A Lei de nº 9.433/1997 estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que possui como objetivo garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas aos variados usos, buscando ao desenvolvimento sustentável através dos seus princípios e objetivos (BRASIL, 1997). Santos e Silva (2023) explicam que a PNRH, promoveu mudanças significativas para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, introduzindo uma nova visão ao estabelecer como princípios a gestão descentralizada, colaborativa e unificada, tendo a bacia hidrográfica como unidade regional de planejamento e gerenciamento das águas.

Cerezini e Hanai (2017) pontuam que após quase três décadas de implementação da PNRH no Brasil, inúmeros desafios ainda existem em relação às questões fundamentais para o planejamento e administração dos recursos hídricos. Os autores completam que é essencial reconhecer os avanços alcançados na gestão da água, mas também compreender que há extenso trajeto a ser percorrido e muitas barreiras a serem superadas.

Para Caminha (2020) é fundamental que a comunicação entre as instituições e setores envolvidos na governança hídrica seja baseada em uma gestão compartilhada e descentralizada, promovendo a inclusão das diversas comunidades e conhecimentos envolvidos, de forma a construir alternativas de gestão que atendam as diferentes realidades presentes no país.

A Lei de nº 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tendo em vista a gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, com foco na redução, reutilização e reciclagem através dos seus objetivos e princípios estabelecidos (BRASIL, 2010).

Em São Luís, a Lei Municipal de nº 6.321/2018 visa fortalecer a gestão de resíduos sólidos no município, estabelecendo e organizando o Sistema de Limpeza Urbana do Município,

englobando a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (SÃO LUÍS, 2018). Segundo Oliveira (2021), a lei municipal possui suas diretrizes instrumentos e princípios, fundamentados na Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o que a torna altamente qualificado tecnicamente, porém apesar da qualidade técnica apresenta grandes desafios a serem implantados na Gestão Municipal (Quadro 1).

Quadro 1. Objetivos e Princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Resíduos Sólidos e Sistema de Limpeza Urbana de São Luís.

LEI	PRINCÍPIOS	OBJETIVOS
Lei nº 9.433/1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos	Água como bem de domínio público natural; Gestão descentralizada, com participação do poder público, usuários e comunidades; Adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.	Assegurar a disponibilidade de água para as presentes e futuras gerações; Utilização racional e integrada dos recursos hídricos; A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.
Lei nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos	Prevenção e precaução; Poluidor-pagador e protetor-recebedor; Vista sistêmica na gestão dos resíduos sólidos; Desenvolvimento sustentável; Cooperação entre diferentes esferas do poder público, setor empresarial e sociedade; Respeito às diversidades locais e regionais.	Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos; Disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; Estimular a adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo; Incentivo a indústria da reciclagem; Gestão integrada de resíduos sólidos;
Lei Municipal Nº 6.321/2018 – Sistema de Limpeza Urbana de São Luís (SULIP)	Garantir a todos os cidadãos o acesso aos serviços de limpeza urbana em condições adequadas; Assegurar a prestação contínua e sem interrupções dos serviços; Buscar soluções que sejam ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis; Promover o desenvolvimento social, reduzir as desigualdades e melhorar condições de vida.	Proteger e promover a saúde pública e qualidade do meio ambiente; Preservar e assegurar a utilização sustentável dos recursos naturais; Promoção de padrões ambientalmente sustentáveis de produção e consumo; Redução na geração de resíduos sólidos; Incentivar o consumo sustentável; Coleta seletiva; Minimizar impactos ambientais e sociais causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos.

Fonte: Adaptado de BRASIL (1997; 2010) e SÃO LUÍS (2018).

Oliveira (2021) aborda que ao longo dos anos, o município de São Luís se adaptou lentamente a nova realidade determinada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. Mesmo diante das dificuldades que ainda precisam ser ultrapassadas, é inegável os grandes avanços realizados pela Gestão Municipal, no que tange aos resíduos sólidos (Quadro 2).

Quadro 2. Avanços na Gestão de Resíduos Sólidos em São Luís do Maranhão.

AVANÇO	DESCRIÇÃO
Sistema de Limpeza Urbana (SULIP)	Lei Municipal nº 6.321/2018 criou o SULIP com diretrizes para a gestão integrada de resíduos (SÃO LUÍS, 2018);
Encerramento do lixão e aterro controlado da Ribeira	Desativação do lixão e implantação de infraestrutura com central de triagem, pátio de compostagem (SÃO LUÍS, 2025a);
Destinação ao Aterro Sanitário de Rosário	Resíduos domiciliares passaram a ser enviados ao Aterro Titara, com transbordo e ETE de chorume (SÃO LUÍS, 2025b);
Coleta seletiva programada	Coleta de recicláveis por agendamento via WhatsApp, com prazo de atendimento de até 72h (SÃO LUÍS, 2025c);
Ecopontos	Implantação de 18 ecopontos com sistema de pontos por descarte correto (O Imparcial, 2020);
Controle de grandes geradores	Estabelecimentos com ≥ 200 L/dia devem apresentar PGRS e contratar empresa habilitada (SÃO LUÍS, 2025d);
Selo Recicla SLZ	Certificação para empresas e condomínios que adotam práticas sustentáveis e fazem parcerias com catadores (SÃO LUÍS, 2025e);
Educação ambiental e inclusão social	Campanhas educativas, ações em escolas e inclusão de catadores em programas e cooperativas (SÃO LUÍS, 2025f).

Fonte: Adaptado de SÃO LUÍS (2018; 2025).

Os elementos analisados ao longo do capítulo evidenciam que o processo de expansão urbana nas bacias hidrográficas do Bacanga e do Anil tem ocorrido de forma historicamente marcada por intervenções estruturais, como aterros hidráulicos e ocupações em áreas ambientalmente sensíveis, resultando em profundas alterações na dinâmica hidrológica, geomorfológica e ecológica desses sistemas.

A intensificação da impermeabilização do solo, a supressão de áreas naturais e a insuficiência de infraestrutura de saneamento configuram fatores centrais na degradação da qualidade ambiental e no aumento da vulnerabilidade socioambiental da população local. Observa-se, ainda, que a fragmentação do planejamento urbano e a aplicação setorial das políticas públicas têm limitado a efetividade dos instrumentos legais existentes, reforçando a necessidade de abordagens integradas de gestão territorial e de bacias hidrográficas.

Nesse sentido, o conjunto da discussão aponta para a urgência de modelos de ordenamento urbano que conciliem o crescimento das cidades com a conservação dos recursos hídricos, reconhecendo as bacias como unidades estratégicas para o planejamento e para a promoção da sustentabilidade urbana.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas demonstram que as bacias hidrográficas urbanas do Bacanga e do Anil constituem elementos importantes para a dinâmica socioambiental da cidade de São Luís, porém apresentam elevado grau de vulnerabilidade em função da expansão urbana desordenada. A análise integrada do uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Bacanga e do Rio Anil evidenciou que ambas apresentam pressões socioambientais associadas ao avanço da urbanização, porém em estágios distintos. Enquanto a bacia do Bacanga ainda mantém predominância de vegetação (56,42%), a presença expressiva de áreas urbanizadas (33,88%) indica um processo de expansão territorial em curso, com tendência de intensificação caso não haja planejamento e controle efetivo do uso do solo. Em contrapartida, a bacia do rio Anil apresentou um quadro mais crítico, com predominância urbana (72,63%) e baixa cobertura

vegetal (15%), demonstrando elevado nível de substituição de áreas naturais por superfícies impermeabilizadas.

Além disso, foi possível identificar a presença de áreas aterradas inseridas no setor urbanizado, reforçando que o aterramento constitui uma prática recorrente no processo histórico de expansão urbana em São Luís. Essa dinâmica contribui para alterações significativas no sistema ambiental, especialmente sobre os corpos hídricos, ao modificar a drenagem natural, reduzir áreas de infiltração, intensificar processos de assoreamento e comprometer a qualidade ambiental das bacias.

Constata-se que, embora o arcabouço normativo nacional e municipal disponha de instrumentos de gestão ambiental, sua aplicação ainda se mostra insuficiente diante da complexidade dos processos de degradação observados. A fragilidade institucional e a desarticulação entre políticas setoriais dificultam a implementação de medidas eficazes de controle, conservação e recuperação ambiental.

Nesse sentido, a gestão das bacias em questão requer a integração de instrumentos de planejamento territorial, tais como o zoneamento ambiental e a revisão dos planos diretores, de modo a assegurar a compatibilização entre crescimento urbano e preservação ambiental. Torna-se essencial o fortalecimento das políticas de saneamento básico, habitação, mobilidade urbana e educação ambiental, assegurando efetividade na mitigação dos impactos socioambientais.

Por fim, entende-se que a sustentabilidade das bacias do Bacanga e do Anil depende da adoção de um modelo de governança ambiental pautado na cooperação entre poder público, sociedade civil e setor privado. Acredita-se que somente por meio de estratégias integradas e baseadas nos princípios do desenvolvimento sustentável será possível reverter os processos de degradação em curso e promover a resiliência socioecológica desses territórios costeiros.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido via bolsa, o que foi essencial para a realização desta pesquisa

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. S. PAC Rio Anil: a periferia e os grandes projetos de infraestrutura e logística. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE ANTROPOLOGIA, 32., 2020, Virtual. *Anais* [...]. Brasília: Associação Brasileira de Antropologia, 2020.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, CPRM. **Estudos hidrogeológicos da Ilha de São Luís, MA:** subsídios para o uso sustentável dos recursos hídricos: relatório final, volume I. Brasília: ANA; CPRM, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22801>. Acesso em: 20 maio 2025.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís – MA.** 2011. 251p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html>. Acesso em: 19 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes para o zoneamento industrial nas áreas críticas com poluição e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 3 jul. 1980.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em:

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/1997/lei-9433-8-janeiro-1997-351579-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 19 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CAMINHA, C. Desafios da Gestão Hídrica no Brasil: Reflexões sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 1, 2020. 1-15.

CAPOANE, V. Mudanças no uso da terra, urbanização e seus impactos ambientais na bacia hidrográfica do córrego Estribo, Campo Grande – MS. **Geografia em Questão**, [S. l.], v. 17, n. 03, 2024.

CASTRO, A. C. L.; COSTA, J. J.; SILVA, M. H. L.; AZEVEDO, J. W. J. Riscos ambientais das ocupações irregulares nas planícies alagáveis da Bacia Hidrográfica do Bacanga, Ilha de São Luís, Maranhão. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 15, p. 339-351, 2024.

CASTRO, A. C. L., Teixeira, A. F., Silva, M. H. L., & Dias, L. N. Impacto do desenvolvimento urbano na bacia hidrográfica do rio Bacanga: Aspectos sociais, ambientais e econômicos. **Revista Territorium Terram**, 8(16), 632–655, 2025.

CASTRO, Tatiana Cristina de; CASTRO, Antonio Carlos; SOARES, Leonardo Silva; LOPES SILVA, Marcelo Henrique; SILVA FERREIRA, Helen Roberta; AZEVEDO, James Werllen de Jesus; FRANÇA, Victor Lamarao de. Impactos sociais e ambientais em comunidades rurais residentes próximas ao complexo industrial da Ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. **Journal of Sustainable Development**, v. 10, n. 2, p. 249-?, 2017.

CEREZINI, M. T.; HANAI, F. Y. Gestão sustentável e integrada da água em bacias hidrográficas: 20 anos da Lei das Águas no Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 159–168, 2017.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. Especial 3, p. 94–108, dez. 2019.

COELHO, C. J. C.; DAMÁZIO, E. Aspectos da disponibilidade e dos usos da água na bacia do rio Bacanga/Ilha do Maranhão (I. de São Luís) – MA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís, v. 19, n. 1, 2006.

COELHO, Keyton Kylon Fonseca; CASTRO, Antônio Carlos Leal de. Mudanças socioeconômicas e ambientais da população ribeirinha na Bacia Hidrográfica do Rio Anil, São Luís-MA. **Revista de Políticas Públicas**, v. 22, n. 2, p. 1091-1120, 2018.

COSTA, C. M.; FRANÇA, D. V. B.; SILVA, Q. D.; SANTANA, R. G.; TEIXEIRA, E. C. Uso e ocupação das áreas de preservação permanente e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – Maranhão. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 23, p. e44, 2020.

COSTA, Josiane Moraes *et al.* PAISAGEM PERCEPÇÕES E ANÁLISE SWOT: ABORDAGEM HOLÍSTICA: TURISMO, SAÚDE AMBIENTAL DA BACIA DO BACANGA. *Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais* (2238-3565), v. 13, n. 5, p. 272-289, 2024.

CRUZ, W. L.; RIBEIRO, D. Q.; PEREIRA, E. D. Conflitos de uso e ocupação em áreas de preservação permanente na bacia do rio Anil – São Luís, MA: Conflicts of use and occupation in permanent preservation areas in the Anil river basin – São Luís, MA. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 37, p. 229–247, 2020.

CRUZ, W. L.; SILVA, Q. D.; RIBEIRO, D. Q.; SANTANA, R. G. Análise do relevo do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil (São Luís – MA) como subsídio para o planejamento ambiental. In: Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia – Enanpege, 16., 2021, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: ANPEGE, 2021. ISSN 2175-8875. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA120_ID340616112021162352.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

FERRARO, Luiza Helena. Sobre territórios, limites e relações físicas e visuais no Aterro da Baía Sul em Florianópolis, SC. **Arq. Urb.** n. 27, 2020.

FERREIRA, É. P.; CASTRO, A. C. L.; SOARES, L. S.; SOUZA, A. J. S.; SILVA, T. S.; MATOS, M. E. S.; JANSEN, T. R. S.; LYRA, I. N. O. Alterações na dinâmica territorial do distrito industrial de São Luís–MA e os impactos no modo de vida das comunidades tradicionais. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 3, p. e3848-e3848, 2024.

FIGUEREDO, Rosamaria Rosan Dias; SUBTIL, Letícia Paredes; TASCA, Bárbara Fernanda; NEVES, Rafael de Alencar; CAMPOS, Patrícia Alana dos Santos; XAVIER, Fernanda Vieira; SIQUEIRA, Auberto José Barros. Expansão urbana e degradação de nascentes: identificando padrões espaço-temporais de um processo **crônico** em Cuiabá, MT. **Nativa, Sinop**, v. 7, n. 4, p. 396–406, jul./ago. 2019.

FONSECA NETO, H. **Potencial de integração de uma área periférica ao centro histórico: o caso do Aterro do Bacanga em São Luís-MA**. 2003. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

FRANÇA, D. V. B. **Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2019.

HEYMANN, Y. **Corine land cover technical guide**. Luxembourg: European Commission, 1994.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha de Setores Censitários: divisões intramunicipais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>. Acesso em: 16 jun. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **São Luís (MA) – Panorama**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>. Acesso em: 20 maio 2025.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra. Série Manuais Técnicos em Geociências**, n. 3, 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra. Série Manuais Técnicos em Geociências**, n. 7, 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

MARANHÃO. **Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Bacanga, Diagnóstico**. Secretaria de Estado das Cidades e do Desenvolvimento Urbano. MPB Engenharia. São Luís. 2018.

MORAIS, M. S.; LISBOA, G. S.; VIANA, J. D.; DA SILVA, T. P. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do Rio Bacanga, município de São Luís–MA. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 23, p. 531-536, 2014.

O IMPARCIAL. **Coleta seletiva voltará a funcionar em São Luís**. São Luís, 30 jun. 2020. Disponível em: <https://oimparcial.com.br/meio-ambiente/2020/06/coleta-seletiva-voltara-a-funcionar-em-sao-luis/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

OLIVEIRA, J. M. F. F. **A gestão de resíduos sólidos no município de São Luís-MA: principais avanços e desafios uma década após a implantação da política nacional de resíduos sólidos**. 2021. 116 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

OLIVEIRA, M. M. C. **O processo de socialização da questão da habitação: o Residencial Rio Anil Camboa**. 2016. 166 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

PAIVA, B. H. I.; ALMEIDA JR, E. B. Diversidade, análise estrutural e serviços ecossistêmicos da vegetação lenhosa da restinga da praia da Guia, São Luís, Maranhão, Brasil. **Biodiversidade**, v. 19, n. 2, p. 46-60, 2020.

PEREIRA, C. R. P. Planejamento urbano e gestão de risco de inundação na bacia hidrográfica do rio Bacanga – São Luís, MA. **Geoconexões**, v. 1, n. 18, p. 129–150, 2024.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do reservatório Batatã - São Luís (MA)**. 2006. 141 f. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 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, M. R. S.; ALCÂNTARA JR., J. O. A mobilidade e a expansão territorial na cidade de São Luís, MA: um novo paradigma social na ocupação do espaço urbano. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 19, n. 40, p. 977-998, 2017.

PEREIRA, S. V.; BEZERRA, D. S.; COSTA MELO, K. 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.

PINHEIRO, Cláudio Urbano Bittencourt; AQUINO, Heloísa Helena Vasconcelos. Ecossistemas (Trans)formados: levantamento e avaliação de alterações ambientais na Laguna da Jansen, cidade de São Luís, Maranhão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 4, p. 2711–2728, 2024.

PINHEIRO, J. M.; GALVANI, E. **Caracterização da direção e velocidade do vento na cidade de São Luís - MA**. In: Galvani, E.; GOBO, J.P.A.; LIMA, N. G.B. *Climatologia Aplicada II*. Curitiba, Ed. CRV, 2018, p. 95-113.

PINHEIRO, S. S. F. **Palafitas serão apartamentos: concepções, mecanismos e limites da participação popular no PAC Rio Anil no bairro da Liberdade, em São Luís do Maranhão**. 2013. Dissertação (Programa de Estudos Pós-Graduados em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.

RIBEIRO, D. Q.; CRUZ, W. L.; PEREIRA, E. D. Levantamento das características hidrodinâmicas dos aquíferos da bacia hidrográfica do Rio Anil, São Luís–MA. **Águas Subterrâneas**, v. 34, n. 1, 2020.

SANTOS, K. R., SILVA, J. D. O. Impacto da Urbanização na Gestão de Recursos Hídricos: Uma Análise da Política Nacional. **Revista Brasileira de Políticas Públicas em Recursos Hídricos**, v. 15, n. 1, p. 23-38, 2023.

SÃO LUÍS (MA). **Aterro Controlado da Ribeira: projeto de recuperação e gestão de resíduos**. São Luís: SEMOSP, atualizado em 17 jul. 2025a. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/aterro-controlado/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

SÃO LUÍS (MA). **Centro de Educação Ambiental**. São Luís: SULIP, atualizado em 20 jul. 2025e. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/centro-de-educacao-ambiental/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SÃO LUÍS (MA). **Coleta seletiva programada**. São Luís: SULIP. Prefeitura Municipal, 2025c. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/coleta-seletiva-programada---sulip/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SÃO LUÍS (MA). **Lei nº 6.321, de 5 de abril de 2018**. Institui o Sistema de Limpeza Urbana de São Luís – SULIP, e dá outras providências. Diário Oficial do Município, São Luís, MA, 6 abr. 2018. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/lei-municipal-n-6a321/2018---sistema-de-limpeza-urbana-de-sao-luis---sulip/>. Acesso em: 19 maio 2025.

SÃO LUÍS (MA). **Selo Recicla SLZ – SULIP**. São Luís: SULIP, atualizado em 20 jul. 2025e. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/selo-recicla-slz---sulip/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SÃO LUÍS (MA). **Sistema de Gerenciamento de Grandes Volumes – SULIP**. São Luís: SULIP, atualizado em 20 jul. 2025d. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/sistema-de-gerenciamento-de-grandes-volumes---sulip/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SÃO LUÍS (MA). **Superintendência de Limpeza Pública – SULIP**. Para onde vai o lixo recolhido diariamente em São Luís?. São Luís: SULIP, atualizado em 17 jul. 2025b. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/para-onde-vai-o-lixo-recolhido-diariamente-em-sao-luis---sulip/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

SILVA, J. S.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Mudanças do uso e ocupação do solo e degradação eco-ambiental usando imagens orbitais: o estudo de caso da bacia do rio Bacanga, São Luís (MA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 01, p. 265-279, 2016.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 248 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2012.

SOARES, L. A. L. **A análise da vulnerabilidade à salinização das águas subterrâneas da Ilha de São Luís: estudo de caso na área Itaqui - Bacanga**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2004.

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

SOARES, Luciana Amorim; SANTOS, Paula Verônica Campos Jorge; MACHADO, Adilson Matheus Borges; SOARES, Leonardo Silva. Análise ambiental integrada de uma bacia hidrográfica costeira sujeita a modificações por urbanização: bacia hidrográfica do rio Calhau na Ilha do Maranhão. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, [S. l.], 2025.

SOUZA, P. R. **Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) – Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Naturais, São Luís, 2018.

SOUZA, B. B. G. **Caracterização de indicadores sócio-ambientais na bacia do rio Anil, São Luís-MA, como subsídio à análise econômico-ambiental do processo de desenvolvimento**. 2005. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

TEIXEIRA, A. F.; ROSA, D. T. V.; DO NASCIMENTO DIAS, L.; DE CASTRO, A. C. L. Impactos da ocupação humana na sub-bacia do Rio Maracanã, pertencente à bacia hidrográfica do Bacanga, Ilha de São Luís-MA. **Revista Territorium Terram**, Minas Gerais, v. 7, n. 13, p. 574-586, 2024.

TU, M.; HUANG, Y. Impact of land reclamation on coastal water in a semi-enclosed bay. **Remote Sensing, Basel**, v. 15, n. 2, art. 510, 2023.

VAN MAREN, D. S. et al. Land reclamation impacts on tidal landscape evolution. **Reviews of Geophysics**, [S. l.], v. 63, 2025.

WU, Wenting; YANG, Zhaoqing; TIAN, Bo; HUANG, Ying; ZHOU, Yunxuan; ZHANG, Ting. Impacts of coastal reclamation on wetlands: loss, resilience, and sustainable management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 210, p. 153–161, 2018.