

# 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

Use and occupancy of areas of permanent preservation and danger of floods in the upper course of Anil river basin, São Luís – Maranhão

**Cristiane Mouzinho Costa<sup>I</sup>; Danyella Vale Barros França<sup>II</sup>; Quésia Duarte da Silva<sup>III</sup>; Ricardo Gonçalves Santana<sup>IV</sup>; Estevânia Cruz Teixeira<sup>V</sup>**

## RESUMO

As inundações são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica hidrológica dos rios. O fenômeno em questão pode ser agravado por fatores antrópicos, como o uso e ocupação inadequados e consequente descumprimento da legislação ambiental. O presente artigo tem como objetivo analisar a ocupação das áreas de preservação permanente e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – MA. Para isso, foram realizados trabalhos de campo, mapeamento do uso e cobertura da terra, delimitação das áreas de preservação permanente de acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e delimitação das manchas de perigo de inundação. Dessa forma foram mapeadas sete manchas de perigo de inundação, todas localizadas em APPs, o que constata que estas não cumprem a função ambiental prevista na Lei no que se refere às inundações, acarretando perigo para a população exposta, devido ao uso e ocupação inadequados.

**Palavras-chave:** Lei nº 12.651/2012; Fenômenos hidrometeorológicos; Ilha do Maranhão; Desastres

## ABSTRACT

Floods are natural phenomena that form part of the hydrological dynamics of rivers. The studied phenomena maybe aggravated by anthropic factors such as inadequate use and occupation and consequent non-compliance with environmental legislation. The objective of this article is to analyze the occupancy of the permanent preservation areas and the danger of flooding in the upper reaches of the Anil river basin, São Luís - MA. To get those results , fieldwork, land use and land cover mapping, delimitation of permanent preservation areas that were considered in accordance with federal law nº. 12,651, of may 25, 2012, besides the delineation of flood hazard spots. Considering this, seven spots of flood hazard were mapped, all located in APPs, which shows that they do not fulfill the environmental function provided for in the law with regard to floods, posing a danger to the exposed population due to inappropriate use and occupation .

**Keywords:** Law nº 12.651/2012; Hydrometeorological phenomena; Maranhão Island; Disasters

<sup>I</sup>Mestre em Geografia e graduada em Geografia Licenciatura e Bacharelado pela Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: [cristianemouzinho@hotmail.com](mailto:cristianemouzinho@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5892-4877>

<sup>II</sup>Mestranda em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: [danyellabarrosgeo@hotmail.com](mailto:danyellabarrosgeo@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7659-658X>

<sup>III</sup>Professora Adjunta III do Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual do Maranhão.. E-mail: [quesiaduartesilva@hotmail.com](mailto:quesiaduartesilva@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4496-3426>

<sup>IV</sup>Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão E-mail: [ricardogsantana19@hotmail.com](mailto:ricardogsantana19@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6611-0451>

<sup>V</sup>Graduada em Geografia Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão E-mail: [estevaniacruz@gmail.com](mailto:estevaniacruz@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8716-2392>

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização brasileira, caracterizado pela apropriação do mercado imobiliário das melhores áreas das cidades e pela ausência, quase completa, de áreas urbanizadas destinadas à moradia popular, levou a população de baixa renda a buscar alternativas de moradia (JORGE, 2011), ocupando assim Áreas de Preservação Permanente - APPs, as quais são ambientalmente frágeis. As morfologias como planícies fluviais, nascentes, encostas íngremes, planícies de maré, entre outros, são exemplos de APPs.

A preservação destas áreas é fundamental para o funcionamento eficaz dos sistemas ambientais e para o gerenciamento dos problemas urbanos. Porém, o crescimento rápido, espontâneo e desordenado das cidades do ponto de vista ambiental e do planejamento territorial urbano tem provocado o inchaço de muitas cidades e conseqüentemente a ocupação das áreas de preservação permanente (MOREIRA, 2013).

Segundo o Estatuto da Cidade Lei 10.257, capítulo II seção I (BRASIL, 2001), existem alguns instrumentos que contribuem para o combate da problemática urbano-ambiental como planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social, planejamento municipal, em especial o plano diretor e leis municipais que contribuem para o parcelamento do uso e da ocupação do solo e zoneamento ambiental. Tais instrumentos não têm sido eficazes e diversos problemas urbano-ambientais têm se desencadeado ao longo dos anos.

Para melhor estudar e pontuar os problemas existentes na esfera urbana, é necessário definir a unidade de estudo. De acordo com a literatura especializada, a bacia hidrográfica é considerada uma unidade de planejamento e gestão, levando em consideração os elementos naturais e sociais que nela existem. Nela são definidos os limites de proteção permanente a partir de suas características naturais, e a instalação das populações nestes limites tem ocasionado desastres diversos.

Em termos gerais, esta unidade de gerenciamento pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e abastecimento dos lençóis freáticos (BARRELLA *et al.*, 2001). Fazendo parte da dinâmica hidrológica existente nessas unidades estão os fenômenos de enchentes e inundações, considerados sinônimos por muitos, porém não o são.

As inundações são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica hidrológica. Elas são caracterizadas pelo transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação, enquanto que as enchentes ou cheias o são pela elevação do nível de água no canal de drenagem, em virtude do aumento da vazão chegando a atingir a cota máxima do canal, sem extravasamento (CARVALHO *et al.*, 2007).

De acordo com Braick e Mota (2006), desde o surgimento das primeiras comunidades humanas que as enchentes e inundações fazem parte do cotidiano das populações. A civilização egípcia, que ocupava as margens do rio Nilo, se beneficiava das cheias do rio, pois na época destas, as águas inundavam as áreas baixas vizinhas ao rio, depositando nessas terras grande quantidade de húmus, deixando o solo preparado para a agricultura e fazendo crescer as pastagens dos animais.

Neste sentido, notável é que os seres humanos sempre conviveram com estes fenômenos naturais e se beneficiavam dos mesmos, e os desastres relacionados a cheias e inundações sempre estavam associados a eventos climáticos extremos e à ocupação humana às margens desses cursos d'água.

Considerando a literatura especializada sobre este assunto, com destaque para a United Nations International Strategy for Disaster Reduction - UN-ISDR (2004) que conceitua perigo como "um fenômeno físico ou um processo natural potencialmente prejudicial, que pode causar sérios danos socioeconômicos às comunidades expostas", acredita-se que a preservação das áreas de proteção permanente associadas ao uso e ocupação do solo adequado, pode se configurar em uma ferramenta eficaz na prevenção do perigo às inundações.

Tendo em vista o papel primordial das matas ciliares no processo de proteção dos corpos d'água e na infiltração da água no solo, o sistema jurídico brasileiro estabeleceu na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), as Áreas de Preservação Permanente (APP). Segundo o inciso II do Artigo 3º desta lei, considera-se APP a

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxogênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Além disto, estabeleceu no Artigo 4º os critérios para delimitação das faixas de APPs nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural, nas áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, nas áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa

definida na licença ambiental do empreendimento, nas áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, nas encostas ou partes destas, nas restingas, nos manguezais, nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, no topo de morros, montes, montanhas e serras, as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros e em veredas.

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 2012, p. 5).

Tendo em vista o processo de ocupação urbana vertiginosa, que se deu na maior parte das cidades brasileiras, tem-se eventos de deslizamentos de terra, contaminação das águas e inundações em várias áreas, associadas ou não ao processo em questão.

No município de São Luís a ocupação urbana se deu de forma desordenada do ponto de vista ambiental e do planejamento territorial e o rio Anil foi o primeiro eixo de ocupação do município. Sendo assim, o alto curso da bacia hidrográfica do Anil foi ocupado a partir do aumento da população advinda das áreas rurais e continental do Estado, em virtude da instalação dos empreendimentos das empresas Vale e Alumar que se estabeleceram na Ilha do Maranhão na década de 1980, o que rapidamente culminou com a instalação de diversas áreas de ocupação irregular nas áreas de proteção permanente.

Considerando perigo como "um fenômeno físico ou um processo natural potencialmente prejudicial, que pode causar sérios danos socioeconômicos às comunidades expostas" (UN-ISDR, 2004), Costa (2018) afirma que o descumprimento da legislação pode acarretar o perigo de inundação, no período chuvoso na Ilha do Maranhão, nas áreas ocupadas pela população.

Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo analisar a ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, no município de São Luís – Maranhão. Para isso, faz-se uma explanação a respeito da metodologia utilizada para o alcance do objetivo proposto, uma síntese dos aspectos geoambientais da área em estudo e como resultado apresenta-se o mapeamento das áreas de APP e de uso e ocupação do solo da área de estudo.

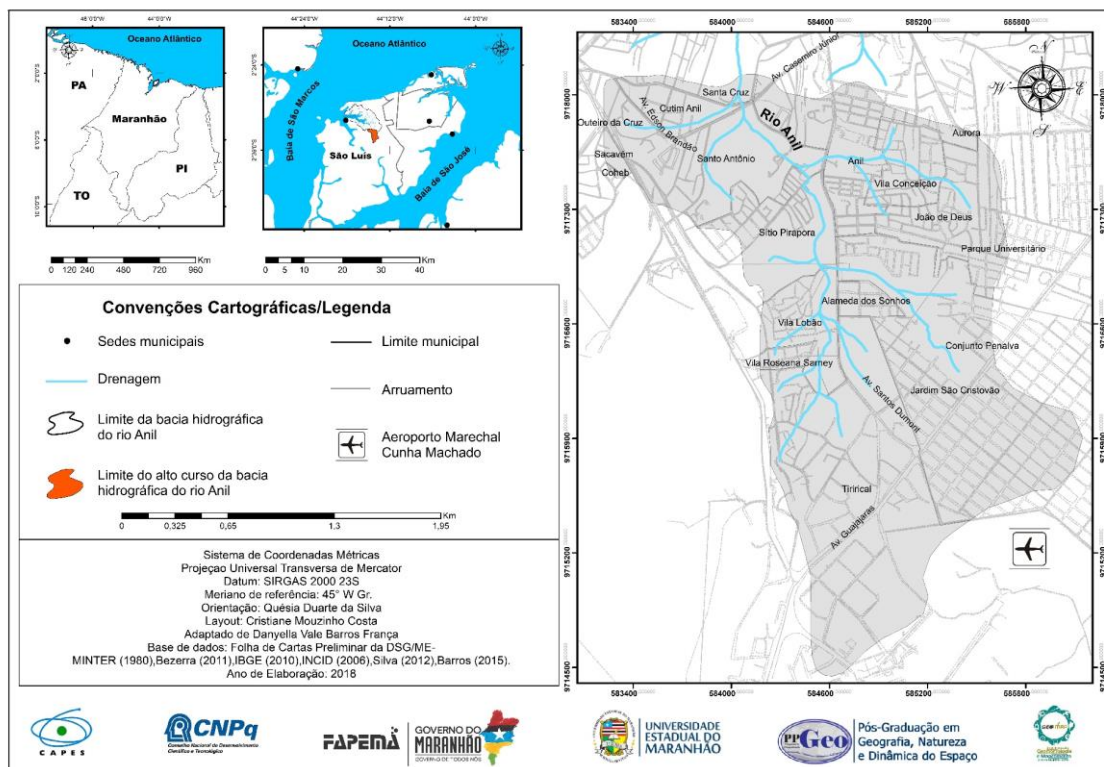
Ressalta-se aqui a importância da representação e caracterização das APPs em mapas para o planejamento territorial, fiscalização e ações de campo de âmbito local, regional ou nacional (EUGENIO *et al.*, 2011), e a importância destes como ferramenta de proteção ao perigo de inundação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização geoambiental da área de estudo

O alto curso da bacia hidrográfica do Anil está inserido no município de São Luís, Ilha do Maranhão, Maranhão, Brasil (Figura 1) entre as coordenadas 2° 33' 00" S; 2° 35' 00" S e 44° 13' 27" W; 44° 15' 27" W, possuindo uma área de aproximadamente 5,26 Km<sup>2</sup>. Limita-se ao Norte e ao Leste com a bacia hidrográfica do Paciência; ao Sul com o médio curso da bacia hidrográfica do Anil; e a Oeste, com a bacia hidrográfica do Bacanga.

**Figura 1** – Mapa de localização do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, São Luís, MA



Fonte: Costa, 2018.

Devido estar localizada em uma região de baixa latitude e altitude, a Ilha do Maranhão, onde está localizado o alto curso da bacia hidrográfica do Anil, apresenta

elevadas temperaturas, pois a incidência de raios solares é maior e implica diretamente na intensificação dos processos morfodinâmicos.

Em virtude das condições climáticas citadas, não há distinção clara entre as quatro estações do ano, no entanto de acordo com Sousa (2009), tem-se dois períodos anuais bem marcados em cada ano: um período chuvoso (janeiro a junho) e um período seco (julho a dezembro).

De acordo com a classificação de Pereira e Zaine (2007) utilizada por Silva (2012), o alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil é constituído, litoestratigraficamente, por sedimentos do Grupo Barreiras e depósitos aluvionares e coluvionares da Formação Açuí, sendo que 90,12% de sedimentos são do Barreiras e 9,88% por depósitos do Açuí (BARROS, 2015).

No que tange às feições morfológicas, tem-se na área de estudo unidades de relevo denudacionais e agradacionais. O primeiro grupo é representado pelos tabuleiros com topos planos, colinas e vertentes côncavas, convexas e planares, com predominância desta última. Como morfologias do segundo grupo, tem-se apenas as planícies fluviais (SILVA, 2012; BARROS, 2015; COSTA, 2018).

De acordo com Costa (2018), pouco mais de 56% da área de estudo possui declives entre 0 e 2%, os quais são bem distribuídos sobretudo nas áreas tabulares. As colinas variam de 20 a 40 metros de altitude e as planícies fluviais, de 05 a 15 metros.

Associado ao relevo e conforme Costa (2018), o alto curso da bacia hidrográfica do Anil apresenta solos com alterações físicas e morfológicas devido às intervenções para a implantação do sítio urbano da cidade de São Luís.

Sobre isto, Silva (2011) ressalta que nas áreas urbanas há uma grande variação de solos quanto à composição química, física e morfológica, mesmo em áreas em que o processo de urbanização ainda está se iniciando.

Afirma ainda, que por se tratar de uma área urbana, entende que a afirmação da existência de solos naturais nestas localidades é equivocada, levando em consideração as diversas intervenções realizadas nas cidades. Para esta autora, não se pode dizer que há um solo propriamente dito, pois aterros, capeamentos e a impermeabilização do solo são intensos, o que descaracteriza aquilo que se convencionou chamar de solo (SILVA, 2011).



Considerando o estudo realizado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA (1998a) e a atual classificação de solos do Brasil, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 2018), pontuou-se que na área em questão ocorrem os argissolos, neossolos e gleissolos. Com exceção do argissolo, os demais são solos rasos, mal drenados e com alta disposição a processos erosivos lineares.

Analisando de maneira geral os aspectos geoambientais da área em questão, tem-se processos agradacionais e denudacionais, areolares e lineares (Quadro 1).

**Quadro 1** – Correlação das características geoambientais do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão, Brasil

Morfologia			Solos	Processos morfodinâmicos
Modelado	Altimetria	Declividade		
Planície fluvial - Apf	5 a 15 m	0 a 2 %	Gleissolos	Processos agradacionais relacionados aos depósitos aluvionares e coluvionares
Vertente convergente-retilínea - Dv	17 a 50 m	0 a 6 %	Argissolo vermelho-amarelo/ Neossolo quartzarênico órtico-distrófico	Processos areolares e lineares relacionados à ação das chuvas, dos ventos, dos rios, das enxurradas e da ação humana.
Vertente convergente-convexa - Dv	28 a 50 m	0 a 3 %		
Vertente divergente-retilínea - Dv	15 a 40 m	3 a 16 %	Argissolo vermelho-amarelo	
Vertente divergente-côncava - Dv	20 a 32 m	2 a 6 %	Argissolo vermelho-amarelo/ Neossolo quartzarênico órtico-distrófico	
Vertentes planar-Convexa - Dv	20 a 40 m	5 a 11 %		
Vertentes planar-Côncava - Dv	25 a 43 m	0 a 13%		
Colinas esparsas - Dc	12 a 39 m	6 a 13%		
Tabuleiros com topos Planos - Dtp	40 a 55 m	0 a 2 %	Argissolo vermelho-amarelo/Argissolo vermelho-amarelo concrecionário	

Fonte: Barros (2015) com adaptações.

## 2.2 Caracterização do processo de ocupação da área de estudo

Implantada em frente à Baía de São Marcos, delimitada a Norte e a Sul pelos rios Anil e Bacanga, a cidade de São Luís levou quatro séculos para ocupar as terras localizadas à Oeste do núcleo urbano, que terá o Anil como um dos seus limites mais antigos (BURNETT, 2012).

A história deste rio se confunde com a própria história do município de São Luís. Nas margens dele fora fundado o primeiro núcleo do que seria hoje a cidade. De acordo com D’Abeville (2002), o Forte de São Luís foi construído na desembocadura do rio no mar, ao pé de um rochedo, e onde havia o único ancoradouro da Ilha do Maranhão, sendo possível neste, fundear com toda segurança navios de mil a mil e duzentas toneladas.

No século XVII, o Forte São Luís exercia a função militar com uma estrutura de controle da região. Também é preciso registrar a dinamicidade mercantil existente na área a partir da produção agrícola.

Constituída como cidade militar, estratégica para o controle da região e acesso ao interior, São Luís se erigirá posteriormente em centro mercantil, para onde conflui a produção agrícola do continente e de onde toma rumo de Lisboa. Concentrada em torno do Porto da Praia Grande, porta de saída de arroz, algodão, fumo e couro em direção à Europa (BURNETT, 2012, p. 25).

Assim, de acordo com Souza (2005), esta se caracteriza como a primeira fase dos surtos de ocupação do rio Anil, que corresponde à primeira metade do século XIX, onde a ocupação da bacia se reduziu aos arredores da Praia Grande, no qual atualmente encontra-se o centro histórico do município de São Luís, que abrange a margem esquerda do referido rio, próximo à foz deste.

Entre os anos de 1650-1750, a economia do Maranhão e, portanto, de São Luís, mantinha um padrão de acumulação que estava baseado no capital mercantil, com destaque para a crescente mão de obra escrava indígena e grande propriedade fundiária, conforme afirma Gomes (1988).

Em 1758 foi instalada a Companhia Geral de Comércio do Grão-Pará e Maranhão em São Luís, alavancando a economia da capital maranhense, o que segundo Reis (1990), revitalizou a economia maranhense a partir do aumento do preço do algodão no mercado internacional.



Ferreira (2014) revela que, por volta de 1778, a Companhia entrou em estado de falência com baixa do preço do algodão no mercado internacional, pois a Inglaterra começara a dominar o mercado externo, que antes era apesado por Portugal.

A partir da segunda metade do século XIX, que caracteriza a segunda fase dos surtos de ocupação do rio Anil, estradas foram construídas ligando o centro aos atuais bairros do Anil, João Paulo, Vinhais e Calhau, o que contribuiu para a descentralização urbana gradual do centro histórico (SOUZA, 2005).

O Caminho Grande foi primeiro eixo ao qual as elites foram buscar novos locais de moradia, sendo as quintas e sítios, áreas de fuga do núcleo portuário (BURNETT, 2012). O referido autor ressalta ainda que os espaços vazios nas áreas do entorno do centro foram preenchidos por atividades produtivas, como fábricas têxteis dentro dos limites urbanos entre finais do século XIX e início do século XX.

Com a modernização do Caminho Grande até o bairro João Paulo feita pelo interventor Paulo Ramos na década de 1940, este último foi transformado em *bulevar* e rebatizado, seguindo até a Vila do Anil, e depois alcançando as matas do bairro Turu, chegando até o distrito de Ribamar.

Com o início da década de 1960, Souza (2005) assinala que surgiram bairros como a Liberdade (Matadouro), Monte Castelo (Areal), Alemanha, Caratatiua, Jordoa e Sacavém, espalhados na margem esquerda do rio, em direção às áreas de mangue. Desta forma, na década em questão, a urbanização restringiu-se praticamente ao entorno do eixo viário intitulado Caminho Grande, que ligava o centro ao município de São José de Ribamar.

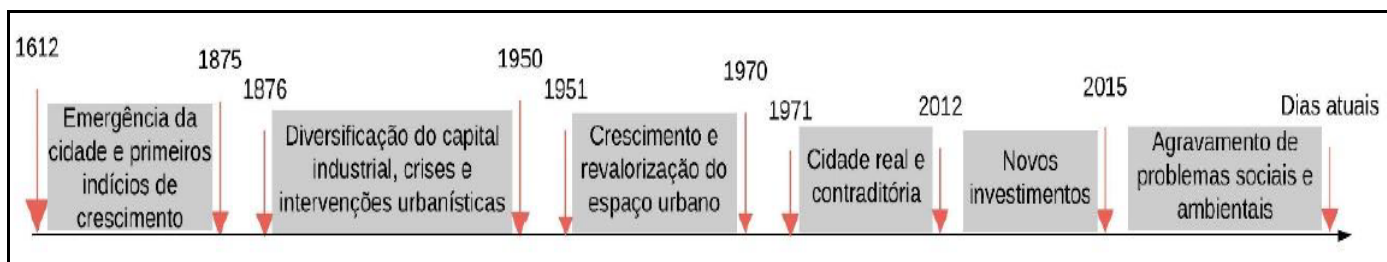
A partir de então, o bairro da Praia Grande já apresentava alterações ambientais e demandas de investimento público e privado para proporcionar a infraestrutura necessária e desejada na época, possibilitando a partir daí o movimento de expansão inicial da área central (BURNETT, 2007; BURNETT, 2012).

Souza (2005) relata que na margem direita do Anil, a ocupação densa se deu a partir do fim dos anos de 1960 e princípio da década de 1970, em função da construção de duas pontes sobre o rio em questão, e de vários conjuntos habitacionais que avançaram em direção ao tabuleiro central da Ilha do Maranhão.

Conforme Macedo (2003), da foz do rio Anil para o sul seguia a única via de acesso na década de 1970 para o Aeroporto Marechal Cunha Machado no Tirirical, o que segundo o autor, estavam nas imediações, os córregos e brejos formadores do rio Anil, com aproximadamente 58 m de altura.

A Figura 2 apresenta sinteticamente o desenvolvimento urbano do alto curso do rio Anil, no período entre 1612 e 2018.

**Figura 2** – Linha do tempo da produção do espaço urbano em São Luís – MA



Fonte: Costa, 2018.

### 2.3 Levantamento de dados e mapeamento temático

A partir do objetivo deste trabalho, foram definidas e realizadas diversas etapas para o desenvolvimento da pesquisa, a saber, levantamento bibliográfico e cartográfico, aquisição e processamento de imagem de satélite, delimitação das áreas de preservação permanentes e trabalhos de campo.

O levantamento bibliográfico foi realizado em livros, periódicos, teses, dissertações, trabalhos publicados em anais de eventos e sites acerca dos temas: inundações, Áreas de Preservação Permanente, legislação ambiental, zoneamento urbano, mata ciliar, perigo e para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Anil.

No que se refere aos dados cartográficos, estes foram adquiridos no banco de dados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; e no banco de dados do Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento – GEOMAP, do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, no qual foram utilizados os arquivos oriundos das Folhas da Carta Preliminar DSG/ME (1980) e as bases de dados de Bezerra (2011), Silva (2012) e Barros (2015).

Utilizou-se a imagem de satélite Landsat 8 do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OLI), de 27 de julho de 2017, adquirida junto ao United States Geological Survey - USGS. As imagens Landsat-8 são orientadas ao norte, desta forma foi necessário reprojeta-las para a cena Landsat-8 na Projeção/Datum SIRGAS 2000 UTM Zona 23S.

Após este processo, foi realizada a composição colorida RGB 6-5-4 das bandas multiespectrais de 30 metros, e posteriormente, a fusão com a banda PAN de 15 metros de resolução espacial. Assim, a resolução espacial final obtida foi de 15 metros.

Depois do tratamento da imagem, foi iniciado o processo de classificação supervisionada da mesma a partir das classes de uso e cobertura da terra, conforme a SEMA (1998b).

O processo de classificação de imagem faz conversão de imagens *raster* multi-banda em um *raster* de banda única com várias classes categóricas que se relacionam com diferentes tipos de uso e cobertura de terra. Neste método, uma imagem é classificada usando assinaturas espectrais, ou seja, valores de reflectância dos alvos, obtidos a partir de amostras de treinamento, que correspondem aos polígonos que representam áreas de amostras distintas dos diferentes tipos de cobertura da terra, a serem classificadas de acordo com as necessidades do analista (FOREST-GIS, 2017).

As cores das classes utilizadas seguiram o padrão RGB, conforme o IBGE (2013). Assim, foram adaptadas as classes utilizadas pelo documento em questão, às classes de uso e cobertura da terra para a classificação da área de estudo, conforme SEMA (1998b), o que resultou na seguinte correspondência: o padrão de cores utilizado para área urbanizada e para classe florestal pelo IBGE (2013) foi empregado para área urbanizada/área de ocupação e floresta secundária mista/mata galeria de SEMA (1998a) na área de estudo (Quadro 2).

A delimitação das áreas de preservação permanente foi realizada conforme definido pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), isto é, de acordo com a largura do curso d'água. Na área de estudo, a largura dos canais não ultrapassa cinco metros e este dado foi obtido através dos trabalhos de campo e da análise da imagem de satélite no *software* ArcGIS.





A identificação das manchas de perigo de ocorrência de inundações se deu a partir do reconhecimento das nascentes e cursos d'água, utilizando a imagem de satélite selecionada e dos trabalhos de campo realizados.

Os trabalhos de campo ocorreram no período de agosto de 2017 a abril de 2018. Nestes trabalhos foram observados indícios de ocorrência dos eventos de inundação em prédios residenciais e comerciais marcados pelo nível da água nas paredes e presença de batentes nas calçadas para impedir a entrada da inundação. Assim foram delimitados os polígonos das áreas inundáveis com uso de *GPS* Garmin Etrex-30 e importou-se esses arquivos no formato .kml para o *software* ArcGIS, transformando-os para o formato *shapefile* (.shp).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, São Luís – MA é apresentada na figura 3, na qual é possível perceber a intensidade do uso urbano na área em questão.

**Quadro 2** – Sistema de classificação para cobertura e uso da Terra simplificado baseado nas propostas de Heymann (1994); IBGE (2006)

NÍVEL I CLASSE	NÍVEL II SUBCLASSE	UNIDADE DÍGITO	AMOSTRA	LEGENDA R G B
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanizadas	1.1.4 Cidades, vilas, edificações, sistema viário, entre outros.		
Áreas de vegetação natural	Floresta	3.1.27 Vegetação secundária com e sem vegetação arbustiva		

Fonte: França, 2019.

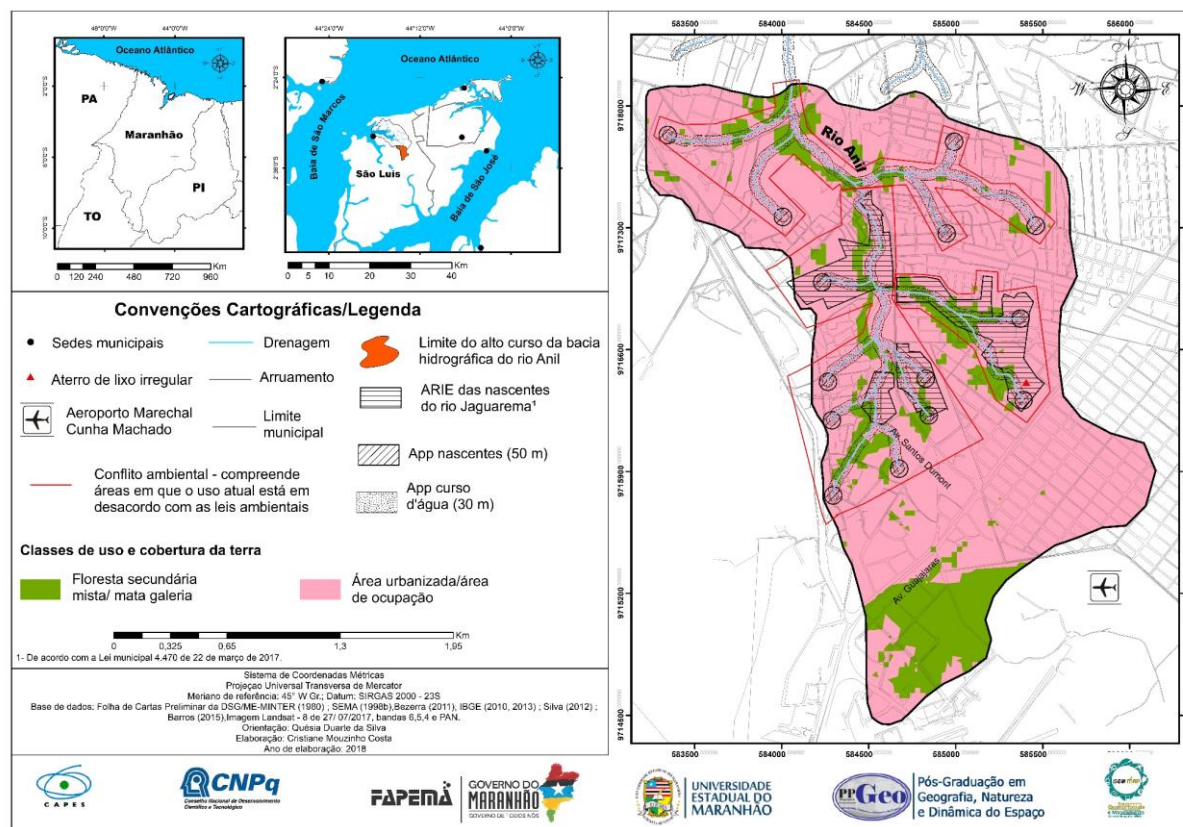
A partir da tabela 1, constata-se que predominam no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil áreas urbanizadas e áreas de ocupação (uso urbano), tendo este uso urbano um percentual de 74,15%, e a área coberta por floresta secundária mista e mata galeria (vegetação) um percentual de apenas 25,85% da área total.

**Tabela 1** – Conflitos de uso e cobertura da terra no alto curso do rio Anil, São Luís – MA

Uso	Valor relativo	Valor absoluto
Urbano	74,15%	3,9 Km <sup>2</sup>
Vegetação	25,85%	1,36 Km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 3** – Uso e cobertura da terra no alto curso do rio Anil, São Luís – MA



Fonte: Costa, 2018.

De acordo com a classificação proposta pela SEMA (1998b), a categoria área urbanizada tem como característica residências padronizadas, área residencial consolidada e/ou atividade terciária. Quanto à categoria áreas de ocupação, esta se



refere às áreas residenciais não padronizadas, cuja posse não se dá pela propriedade de direito, mas pela concretude do fato.

No que se refere à cobertura floresta secundária mista, a SEMA (1998b) afirma que esta

(...) representa a cobertura vegetal oriunda "da devastação da floresta, por processos que vão desde o arrasamento da área (...) até a retirada das árvores com valor econômico" (...). Adiciona-se a "ocorrência da vegetação secundária latifoliada (...) e as palmeiras" (op.cit.). Assim, ressaltam-se a embaúba (*Cecropiaconcolar*), bacuri (*Platoniainsignis*), e o tucum (*Astrocaryumtucuma*), associados ao predomínio do babaçu (*Orbygniamartiniana* e *Orbygniaspecciosa*) (SEMA, 1998b, p. 84).

Quanto à cobertura mata galeria, a SEMA (1998b) associa as características desta à Floresta Ombrófila Aluvial das áreas quaternárias aluviais, influenciadas ou não pelas cheias dos rios; de estrutura complexa, rica em palmeiras (como o açai - *Euterpe spp.*, e buritirana - *Mauritiaaculeat. H. B. K.*) (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 1973, IV, p. 17).

A SEMA (1998b) enquadra mata galeria na categoria de uso restrito à ocupação no documento em questão. A definição desta categoria objetiva limitar o uso, buscar equilíbrio do ambiente e a qualidade de vida da população. Entretanto, o que se evidenciou em campo diverge do proposto no documento, visto que quase todas as nascentes localizadas foram aterradas para a construção do sítio urbano ou canalizadas para lançamento de efluentes líquidos, ou estão em processo de degradação, sendo evidente a supressão da área vegetada, diminuta diante da área construída e do uso urbano.

De acordo com a legislação federal vigente, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Capítulo II, Seção I, inciso I, (BRASIL, 2012), que dispõe da delimitação das áreas de preservação permanente em zonas rurais ou urbanas, considera-se como área de preservação permanente, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura. E no inciso IV "as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros".



Observa-se, a partir do mapa de uso e cobertura da terra, que das 14 áreas de nascentes que afloravam no local, apesar de ainda apresentar resíduos de mata galeria em poucas delas; em nenhuma delas respeitou-se o raio de 50 (cinquenta) metros disposto na legislação federal, além daquelas que foram aterradas para construção do sítio urbano.

Quanto à largura mínima dos cursos d'água de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura, que é o caso da área de estudo, evidenciou-se que grande parte destes canais fluviais foram canalizados a partir de tubulações de esgotos ou aterrados, e aqueles que ainda encontram-se abertos não estão em conformidade com o proposto pela legislação ambiental.

Observou-se também, que todas as sete manchas de inundação mapeadas (Figura 4) encontram-se em áreas de preservação permanente. Através da classificação de uso e cobertura da terra, evidenciou-se que as áreas de preservação permanente foram suprimidas pelo sítio urbano e adensamento populacional, sendo ocupadas por residências (muitas construídas no próprio leito fluvial), prédios, ruas e pontes. Na maioria das vezes, os efluentes domésticos e resíduos sólidos dessas construções são lançados no próprio canal fluvial.

As residências fixadas nas APPs estão expostas constantemente ao perigo de inundações. Teixeira (2015) identificou seis manchas de perigo a estes fenômenos e esses dados foram aperfeiçoados e ampliados por Costa (2018), a qual diagnosticou uma mancha a mais, totalizando sete áreas de perigo aos fenômenos supracitados.

Por se tratar de uma área natural à ocorrência dos eventos de inundação, as residências e demais construções inseridas nas APPs são anualmente atingidas, causando perdas materiais e imateriais diversas para os respectivos proprietários.

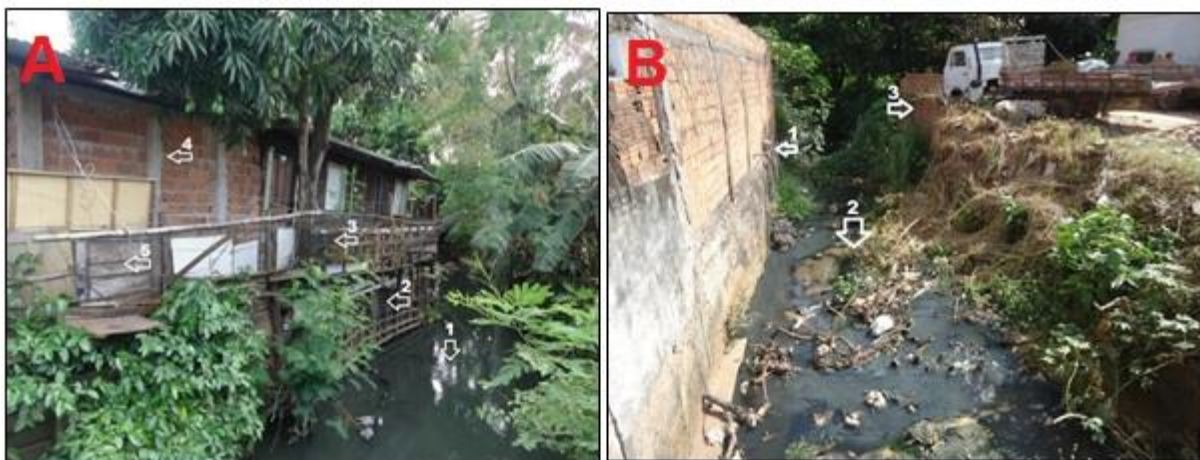
A desconfiguração das áreas de preservação permanente é intensa na área em estudo. É comum observar casas construídas no leito menor dos canais em todo o alto curso (Figura 5). Na rua São Carmelo, no bairro Pirapora, e na rua das Jaqueiras, no bairro Vila Lobão, têm-se casas e empreendimentos comerciais construídos ao longo da APP.

**Figura 4** –Manchas de perigo de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, São Luís – MA



Fonte: Costa, 2018.

**Figura 5** – Áreas de Proteção Permanente Ocupadas: A – Residência construída no leito menor do rio Anil na rua São Carmelo no bairro Pirapora; B – Residência construída no leito menor do rio Anil na rua das Jaqueiras, bairro da Vila Lobão



Fonte: Costa, 2018.

Resíduos sólidos e dejetos líquidos das residências são lançados no canal fluvial. Tendo em vista que as áreas de APPs deveriam estar preservadas e que ocorrem usos diversos, caracteriza-se um conflito de uso. Além de ocorrer este conflito por descumprimento das questões legais estabelecidas por Brasil (2012), ele ocorre também pela ineficiência dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização.

O conflito de uso é significativo, uma vez que, as áreas de preservação deveriam desenvolver o papel de sistemas apaziguadores dos problemas urbanos, devido às intervenções antrópicas existentes. Neste sentido, pode-se afirmar que estas APPs estão sendo transformadas em áreas problemáticas da cidade.

A Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007 (SÃO LUÍS, 2007), declara como Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, as áreas de influência das nascentes do rio Jaguarema, afluente do rio Anil, localizado no alto curso do rio Anil.

De acordo com o artigo 2º da lei op.cit. esta tem como objetivo

[...] garantir a preservação da fauna, flora e do solo, tem por objetivo proteger as nascentes do Rio Jaguarema, assegurando a qualidade das águas e as vazões de mananciais da região, garantindo também condições de convivência das populações humanas ao longo do referido Rio e seus afluentes.

Entretanto, Costa (2018) evidenciou em seus estudos, que as áreas 1, 2 e 3 da ARIE de influência das nascentes do rio Jaguarema, afluente do rio Anil, estão inseridas em locais de ocupação irregular, onde as áreas de preservação permanente foram ocupadas pelos moradores, com forte adensamento do sítio urbano.

Costa (2018) relata ainda que na área 4 da ARIE de influência das nascentes do rio Jaguarema, está localizado um aterro irregular de resíduos sólidos (Figura 6), com descarte de resíduos a céu aberto e queima do material que é descartado no local.

Esta queima emite uma fumaça constante neste local e no entorno, causando risco de intoxicação e de doenças respiratórias, tanto para a população, quanto para os catadores de resíduos que trabalham neste aterro.

Esta situação descumprir a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, com base no Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010), que institui e regulamenta, respectivamente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

**Figura 6** – Aterro irregular de resíduos sólidos



Fonte: Costa, 2018.

As proposições da PNRS consideram a implantação de coleta seletiva, destinação final, e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos em aterros sanitários. A lei exige que o gerenciamento dos resíduos sólidos tenha coleta e transporte adequados, tendo em vista o afastamento dos resíduos do meio onde são gerados, rotas de coleta selecionadas, frequências e tipos de veículos, além da destinação final adequada feita a partir do tratamento dos resíduos incluindo reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o reaproveitamento energético, entre outras permitidas pelos órgãos ambientais.

A disposição final dos resíduos sólidos apresenta normas de operação específicas, criadas para evitar prejuízos ou riscos à saúde pública, garantir segurança e diminuir impactos ambientais.

Apesar de haver coleta seletiva destes resíduos realizada pelos catadores, não ocorre neste local a prática da disposição final adequada. Observou-se que os catadores não utilizam os equipamentos de segurança; os resíduos são transportados até o destino em caminhões abertos, não há tratamento de resíduos e os mesmos são queimados sem nenhuma especificação, acarretando riscos à saúde pública e caracterizando crime ambiental.

Assim, fica evidente que há um descumprimento da legislação federal vigente e que o objetivo da legislação municipal não foi alcançado, visto que das quatro áreas da ARIE, foi possível localizar um afloramento de nascentes. Nas outras áreas evidenciou-se aterramento das nascentes e canais fluviais, desestabilização ou ausência de fauna e flora, e lançamentos de efluentes e resíduos sólidos nos canais fluviais.



Desta forma, infere-se que os efeitos da urbanização sem planejamento e/ou descumprimento da legislação podem contribuir para desastres atrelados a alagamentos enxurradas e inundações.

Sobre isto, Carvalho *et al.* (2006) indicam que a urbanização, devido às estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, fazem com que a infiltração diminua e o escoamento superficial seja impulsionado, impondo mudanças rigorosas no escoamento local e contribuindo para ocorrência das inundações.

A partir do exposto, pode-se inferir que este cenário difere do proposto pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). No artigo 3º, incisos III e V, tem-se diretrizes para implementação desta política, isto é, orienta-se a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Considerando que, apesar da Lei n. 4.669 de 2006 (SÃO LUÍS, 2006), que dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Luís ser consoante com os objetivos da PNRH, ela não está sendo cumprida, visto que não há fiscalização por parte dos órgãos responsáveis e muitas vezes as denúncias esbarram nos processos burocráticos e na deficiência de profissionais nos órgãos competentes diante da demanda.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir do exposto, compreende-se que o perigo de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil é resultado de um contexto espaciotemporal, advindo de uma urbanização não planejada.

Grandes empreendimentos públicos e privados instalados na Ilha do Maranhão contribuíram para a expansão da ocupação no sentido centro-sul da Ilha e no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, caracterizada pelo predomínio de áreas de ocupação irregular, em virtude, também, do déficit habitacional.

A partir disto, muitos indivíduos ficaram marginalizados pelo sistema social e instalaram suas residências em áreas de preservação permanente como as planícies de inundação e fundos de vale.

Desta forma, entende-se que o perigo de inundação na área de estudo é resultado de um processo de desenvolvimento heterogêneo, com ineficiência do poder público no gerenciamento ambiental, com aumento populacional e muitas vezes de falta de percepção ambiental da população residente, aliado a índices pluviométricos concentrados.

Por fim, considera-se que a magnitude das inundações se relaciona diretamente com a quantidade de resíduos sólidos lançados no canal fluvial, e com os índices de precipitação horária.

As APPs do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil encontram-se quase em sua totalidade ocupadas por área urbanizada e áreas de ocupação irregular, com presença de residências, prédios, e grande parte impermeabilizadas por construções e pavimentação asfáltica.

As APPs não apresentam sinalização, proteção e nem isolamento, e, além disto, observou-se que das sete áreas de perigo de inundação mapeadas, todas localizam-se em APPs, o que constata que estas não cumprem a função ambiental prevista na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, no que se refere às inundações, acarretando perigo para a população exposta, devido ao uso e ocupação inadequados.

## REFERÊNCIAS

BARRELLA, W. *et al.* As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO, F. H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARROS, D. V. **Os níveis taxonômicos das unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. Relatório técnico apresentado a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, como requisito final da bolsa de iniciação científica. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2015

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, Maranhão**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

BRAICK, P. R.; MOTA, M. B. **História: das cavernas ao terceiro milênio**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

BRASIL. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição



Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jul. 2001.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 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 República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 maio 2012.

BURNETT, F. L. Da cidade unitária à metrópole fragmentada: crítica à constituição da São Luís moderna. In: LIMA, A. J. **Cidades brasileiras, atores, processos e gestão pública**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

BURNETT, F. L. **Uso do solo e ocupação territorial na região metropolitana de São Luís**: dinâmica econômica e realidade sócio-ambiental dos municípios de São Luís e São José de Ribamar. Relatório de pesquisa. São Luís: Setagraf. 2012.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007.

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006. p. 39-91.

CLASSIFICAÇÃO de imagens no Arcgis. **Forestgis**, 2017. Disponível em: <http://forestgis.com/2017/10/classificacao-de-imagens-no-arcgis.html/>. Acesso em: 04 set. 2018.

COSTA, C. M. **Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís - Maranhão**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2018.

D'ABEVILLE, C. **História da missão dos padres capuchinhos na Ilha do Maranhão e sua circunvizinhanças**. São Paulo, SP: Siciliano, 2002.

DNPM, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL -. **Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Projeto Radam Folha SA. 23 São Luís e parte da folha SA. 24 Fortaleza. Rio de Janeiro, 1973.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO - DSG/ME. **Carta topográfica Ilha do Maranhão (MA)**. São Luís: ZEE-MA. 1980. Folhas 23 e 24. Escala 1:10.000.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 25 ago. 2018.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; PIMENTEL, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação de áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 563-571, out./dez. 2011.

FERREIRA, A. J. A. **A produção do espaço urbano em São Luís do Maranhão: passado e presente há futuro?** São Luís: EDUFMA, 2014.

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.

GOMES, J. P. T. Síntese histórica da formação urbana de São Luís. **Revista FIPES**, São Luís, v. 3, n.2, p. 17-25, jul./dez. 1988.

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

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.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha municipal (MA)**. Brasília: IBGE. Malhas municipais. 2010. Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2010/UFs/MA/](ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2010/UFs/MA/). Acesso em: 21 nov. 2016.

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.

ISDR, INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Visions of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk its Management**. London (Inglaterra): Inter-Agency Task force on Disaster Reduction, 2004.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia Urbana: conceitos, métodos e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 117-145.

LANDSAT TM 8. Estados Unidos: United States Geological Survey - USGS, 2017. Imagem de satélite. Composição colorida 6,5 e 4, e fusão da banda pancromática, 8. Escala 1.10.000.

MACEDO, L. A. A. D. **Qualidade ambiental dos rios da Ilha de São Luís**. São Luís: UFMA, 2003.

MOREIRA, T. S. **Gestão Metropolitana: a região metropolitana da grande São Luís e desafios das políticas urbanas**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioespacial e Regional) - Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2013.

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.

REIS, R. D. J. **Produção do espaço urbano da Praia Grande**. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 1990.

SÃO LUÍS. **Lei nº 4.669, de 11 de out de 2006**, Dispõe sobre o plano diretor do município de São Luís e dá outras providências. São Luís: Câmara Municipal, 2006, Disponível em: <https://mpma.mp.br/index.php/apresentacao-biblioteca/26-centros-de-apoio/cauma/paginas-estaticas/112-legislacao-municipal>. Acesso em: 08 maio 2019.

SÃO LUÍS. **Lei nº 4.770/07, de 22 de março de 2007**, Declara como área de relevante interesse ecológico - arie as áreas de influência das nascentes do rio Jaguarema, afluente do rio Anil, localizado no município de São Luís, Estado do Maranhão, e dá outras providências. São Luís: Câmara Municipal, 2007. Disponível em: <https://camara-municipal-de-sao-luis.jusbrasil.com.br/legislacao/571765/lei-4770-07>. Acesso em: 08 maio 2019.

SEMA, SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo de pedologia/cobertura vegetal**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: SEMA/MMA/PNMA, 1998a.

SEMA, SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo de Ocupação Espacial/Use e Cobertura da Terra**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: SEMA/MMA/PNMA, 1998b.

SILVA, A. S. Solos Urbanos. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 43-69.

SILVA, Q. D. D. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2012.

SOUSA, S. B. **Uso da Água de Chuva: uma alternativa para enfrentar a escassez de água na Ilha do Maranhão - MA**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009. p. 1-16. Disponível em: <http://eventos.abrh.org.br/xiisrhn/anais/>. Acesso em: 21 nov. 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**. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2005.

TEIXEIRA, E. C. **Enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. Relatório Técnico apresentado a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, como requisito final da bolsa de iniciação científica do curso de Geografia. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2015.