



HOLANDA, Fabrício Pinto de; PAIVA, Carlos Fernando Kelly Lisboa. **Geoprocessamento aplicado à análise socioambiental no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim – PA**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Tecnologia em Geoprocessamento). Ananindeua – PA, Universidade Federal do Pará, 2022.

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARAPANIM - PA

Fabrício Pinto De Holanda¹
Carlos Fernando Kelly Lisboa Paiva²
Lúcio Correia Miranda³

RESUMO

O alto curso da bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA vem sofrendo alterações constantes no que diz respeito à sua cobertura vegetal, diante da intensa atividade agropecuária. Assim, este trabalho objetivou-se analisar o uso e ocupação do solo no alto curso da bacia hidrográfica do rio Marapanim, entre os anos de 1994, 2008 e 2017, através da utilização das ferramentas e técnicas de geoprocessamento. Portanto, esta pesquisa direciona-se à compreensão dos impactos ambientais no contexto da bacia. Para isso, foram utilizadas três imagens de satélite, sendo duas Landsat 5 (TM) e uma de Landsat 8 (OLI), todas de órbita-ponto 223-061, obtidas no site do INPE e do Serviço Geológico Americano. Em seguida foi realizada a classificação supervisionada através do ArcGis 10.7, possibilitando a identificação da dinâmica da cobertura vegetal local. Constatou-se a variação na cobertura vegetal de 38,11% em 1994 para 37,84% em 2017, neste mesmo período verificou-se um aumento da zona urbana em 2,09%, com a predominância das atividades agropecuária na região. No contexto da bacia, percebe-se que as diretrizes ambientais não estão sendo respeitadas de forma adequada, isso ocorre em função da ação antrópica juntamente à ineficiência na aplicação da fiscalização por órgãos competentes.

Palavras-chave: geotecnologia; bacia hidrográfica; gestão de recursos hídricos.

¹ Graduando(a) do curso de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Ananindeua (CANAN). E-mail: fabricio.holanda67@gmail.com

² Graduando(a) do curso de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Ananindeua (CANAN).

³ Orientador(a). Doutor em Geografia. Docente e pesquisador na Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG) da UFPA-CANAN. E-mail: lcmgeoufpa@gmail.com

ABSTRACT

The high course of the Marapanim-PA river basin has undergone constant changes in its vegetation cover, given the intense agricultural activity. Thus, this work aimed to analyze the use and occupation of soil in the high course of the Marapanim river basin, between 1994, 2008 2017, through the use of geoprocessing tools and techniques. Therefore, this research is directed to the understanding of environmental impacts in the context of the basin. For this, three satellite images were used, two Landsat 5 (TM) and one landsat 8 (OLI), all of orbit-point 223-061, obtained from the website of INPE and the American Geological Service. Next, the supervised classification was performed through ArcGis 10.7, allowing the identification of the dynamics of the local vegetation cover. The variation in vegetation cover was observed from 38.11% in 1994 to 37.84% in 2017, in the same period there was an increase in the urban area by 2.09%, with the predominance of agricultural activities in the region. In the context of the basin, it is perceived that environmental guidelines are not being adequately respected, this occurs due to anthropic action together with inefficiency in the application of supervision by competent agencies.

Keywords: geotechnology; hydrographic basin; water resources management.

1 INTRODUÇÃO

Nas sociedades atuais, há leis e normas que estabelecem parâmetros de uso e conservação da ambiental, mas as ações de gestão nem sempre usam tais normativas como alicerce. As políticas governamentais, principalmente devido a intensificação dos problemas ambientais, em diversos países no mundo trabalham de forma à minimizar e prevenir impactos negativos à população e aos ecossistemas locais e/ou regionais. No Brasil, segundo Braga et al (2005), os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei no 9.433/1997, visam assegurar a disponibilidade de água, a sua utilização correta e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos, instigando à uma gestão integrada e participativo das bacias hidrográficas.

Em uma bacia hidrográfica, qualquer alteração realizada sem estudo prévio pode se tornar desastrosa, causando alteração no nível e qualidade da água, promovendo assim problemas de abastecimento, ou ainda, a total inutilização da bacia como manancial. A utilização intensa inadequada de insumos como a água tornou a busca por soluções sustentáveis, uma prioridade para o nosso planeta, pois o desenvolvimento humano está fortemente apoiado no emprego dos recursos oriundos do meio ambiente. Atualmente muito se fala a respeito de conscientização ambiental, mas na prática pouco é feito para mudar velhos hábitos a cerca desse assunto. Destaca-se neste trabalho um problema ambiental de longa data, que é a poluição e a degradação dos recursos hídricos, para que a partir desta visão possamos propor medidas de mitigação aos impactos causados no meio ambiente em questão, rio Marapanim.

Nesta conjuntura, os impactos negativos não são refletidos apenas na qualidade hídrica da bacia, mas em diferentes aspectos, envolvendo diferentes dimensões relacionando características físicas e naturais da bacia, às características socioambientais da região. Dessa forma, ações

impensadas causam danos imensuráveis, pois a biodiversidade e os seus serviços ecossistêmicos são fundamentais para a vida humana e dos sistemas ecológicos. Tais impactos podem ser refletidos em longo prazo de acordo com o nível de deterioração do ambiente.

Sabendo-se do crescimento populacional na cidade de Marapanim, e o amplo desenvolvimento das atividades agropecuária na bacia hidrográfica em estudo, observou-se vários problemas ambientais, dentre estes, a supressão da vegetação natural, ocupação das áreas de considerável susceptibilidade às ocorrências de riscos como inundação e alagamento. Estes impactos podem estar sendo gerados pelo crescimento desordenado da cidade, pela falta de conscientização da população que mora nas margens dos rios, fazendo destes depósitos de resíduos sólidos e o desenvolvimento de atividades econômicas na ausência da aplicação e respeito às normativas legais que orientam o manejo dos recursos naturais.

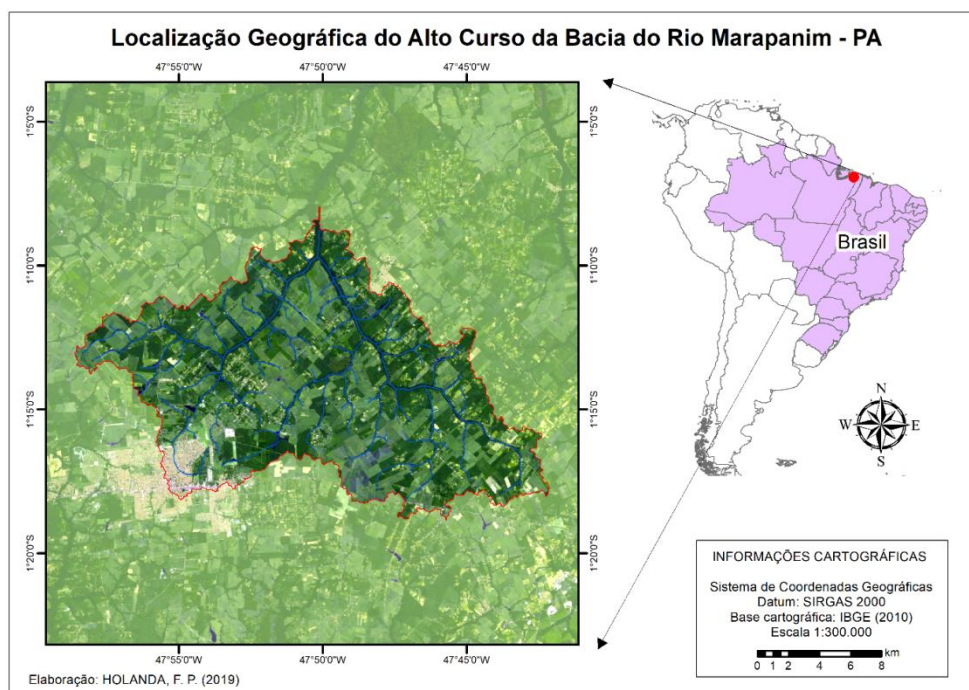
A área adotada para este estudo é o recorte espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (BHRM), no alto curso do rio, que está localizado no município de Marapanim/Pará, pertencente à mesorregião do Nordeste Paraense e à microrregião do Salgado. Limita-se ao norte, com o Oceano Atlântico, à Leste, com os municípios de Magalhães Barata e Maracanã; ao Sul com os municípios de São Francisco do Pará e Igarapé-Açu e a Oeste com os municípios de Curuçá e Terra Alta (FAPESPA, 2016). Conforme observa-se na Figura 1.

De acordo com o IDESP (2014), a BHRM tem como importantes tributários os rios Mearim, que nasce em Curuçá, além dos rios Maú e Paramaú, que surgem dentro dos limites de Marapanim. Ademais, existe próximo à foz, na margem direita, afluência do rio Cuinarana.

O clima na BHRM, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo AM, caracterizado por apresentar clima de monção, com moderada estação seca e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm, e do subtipo climático Am2, por apresentar condições climáticas onde a precipitação pluviométrica média anual varia entre 2500 mm e 3000mm. A temperatura média anual é em torno de 26,25°C e a umidade relativa do ar entre 80-85% (PACHÊCO; BASTOS (2006), *Apud* GUTIERREZ, 2017).

A bacia apresenta duas unidades de conservação federais de uso sustentável, onde é permitida a exploração dos seus recursos de forma planejada e regulamentada, que são: a Reserva Extrativista Cuiara e a Reserva Marinha Mestre Lucindo.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Diante do exposto, a pesquisa teve como objetivo analisar as práticas de uso e ocupação do solo no alto curso da bacia hidrográfica do rio Marapanim, localizada na mesorregião do Nordeste Paraense, especificamente na microrregião do Salgado. Assim, compreender as transformações nas paisagens por meio da aplicação das ferramentas e técnicas da Geotecnologia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A bacia hidrográfica é constituída por um conjunto de rios que drenam, transportando matérias e energias, seguindo a orientação topográfica, confluindo em um rio principal. Segundo Cristofolletti (1980), apud Machado, (2006), a matéria e a energia são os elementos de um sistema considerado aberto, onde existe a drenagem de uma área por um curso d'água. Tudo o que as relacionar estará influenciando na qualidade e quantidade das águas superficiais. Sendo assim, qualquer alteração na bacia hidrográfica, gera mudança no comportamento do sistema fluvial e nos diferentes sistemas ambientais inseridos.

De acordo com CHIOQUETA (2011), para se utilizar bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, devem-se observar as condições da própria bacia, visando a proteção do meio ambiente quanti e qualitativamente, sempre pensando na integração do sistema.

O sistema de gestão territorial é definido como o conjunto de sentido organizado e ordenado hierárquica e temporariamente prática, sistêmica e dinâmica, destinada a intervir no território (NARDINI et al, 2016). Para isso, se acrescenta que a intervenção num território pode ser devida a

vários objetivos, tais como a solução de um conflito socioambiental, restaurar as condições ambientais, regular situações institucionais, identificar potenciais impactos ambientais, entre outros.

Por vez, o ordenamento do território como a forma de gerir o território no caminho da organização um determinado espaço, o grau de urbanização e estrutura, através das limitações presentes no território, considerando o grau de transformação do ambiente físico e tipo de cadeias de estruturação do ponto de vista da produção, entre outros (SILVA; RODRIGUEZ; CABO, 2016).

Embora essas mudanças resultem de uma série de processos regionais entrelaçados, os efeitos são observados em locais específicos, devido à vulnerabilidade e capacidade de adaptação dos ecossistemas diante das pressões antrópicas (ALVES; CASTRO, 2016).

A ideia de administrar a terra de forma sustentável visa atender as demandas ambientais, sociais e econômicas como um todo, permitindo, garantir a continuidade do potencial natural, ou em outras palavras, promover o desenvolvimento de várias atividades no território, sem afetar o potencial e singularidade do meio que apoia, conforme as normativas estabelecidas na Lei nº 6.938, que caracteriza a Política Nacional do Meio Ambiente.

Assim, para elaborar um planejamento de bacias hidrográficas, é fundamental conhecer as suas características físico-naturais, relações socioculturais e econômicas no seu conjunto. Mas, precisamente, agir de acordo com as leis vigentes, destacando Código Florestal Brasileiro que dispõe, dentre outras, sobre o estabelecimento das áreas de preservação permanente.

Deste modo, nota-se que, quando se toma uma bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, devem-se levar em consideração todas as suas especificidades em diversos aspectos, como geologia, solo, vegetação e biodiversidade locais. Só será possível criar um ambiente favorável para o seu uso quando não se prejudica o meio em que este está inserido.

Bacia hidrográfica é um sistema, formado por um conjunto de corrente de escoamento fluvial em direção ao canal principal, obedecendo a rede topográfica, geológica e as variações de terreno. Assim, a junção das drenagens pode formar grandes rios, ribeiros ou fluxos efêmeros simples (SILVA; RODRIGUEZ; CABO, 2016).

Caracteriza-se por um sistema complexo, dinâmico e aberto, de modo que o grande desafio para a caracterização hidrográfica significa realizar uma caracterização morfológica dos componentes que compõem. A abordagem morfológica é útil porque permite obter o inventário de estruturas e forma de uma bacia, obtendo-se o primeiro passo para uma bacia de gestão integrada (ALVES; CASTRO, 2016).

Nota-se que a resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986 apresenta os seguintes objetivos de gestão ambiental que abrangem as bacias hidrográficas: Art. 5º O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais: (i) Contemplar todas

as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto; (ii) Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; (iii) Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza; (iv) Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Para o estudo e a determinação de parâmetros morfométricos é necessária informação cartográfica de topografia, o escoamento de superfície e corpos de água em diferentes regiões do estudo. Planos para estes testes são usados em escalas de 1: 50.000, 1: 250.000 e 1: 100.000, dependendo dos objetivos do estudo e do tamanho da bacia em questão (NARDINI et al, 2016).

Quando inicia um estudo morfométrico deve-se começar com a localização dos pontos onde existem rios e estações hidrométricas, a fim de ter um estudo completo de variáveis coexistentes na bacia: ambas as excitações e o sistema físico, como em respostas do sistema de bacias hidrográficas (LOPES, 2018).

Estes parâmetros podem ser obtidos e modelados utilizando o SIG – Sistema de Informação Geográfica. Um SIG pode ser definido como um sistema complexo de hardware e software que visa a compreensão e análise de dados espaciais georreferenciados, cujo objetivo final é ajudar várias atividades humanas onde os dados espaciais desempenham um papel decisivo, essas funções são classificadas de diferentes maneiras (SILVA; RODRIGUEZ; CABO, 2016).

As bacias têm um comportamento hídrico específico, que está relacionado com a precipitação, o uso do solo e os seus regimes de variação de vazões. Os parâmetros físicos e morfológicos são de grande importância para a realização deste estudo, o que permite subsidiar à tomada de decisões.

A má gestão dessas áreas desencadeia consequências catastróficas (perda de vidas, bens e investimentos) e são, em partes, ignorados (ALVES; CASTRO, 2016). Para manter as funções naturais deve-se implementar estratégia de planejamento e gestão ambiental de forma integrada e participativa, respeitando as características físico-naturais, as diferentes interações socioculturais e econômicas locais, bem como as normativas legais.

2.1 GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ANÁLISE E GESTÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA

Nas últimas décadas, a informação gradualmente começou a desempenhar um papel fundamental nas organizações (político-econômico-social). Isso foi possível com o advento da

ciência da computação, que automatiza as informações através de seu processamento e integração. Enquanto a ciência da computação estava se desenvolvendo, outra área importante do conhecimento também avançou: a Geografia, que, adquirindo novas dimensões, passou a explorar formas de se organizar e se posicionar diante de tecnologias que envolvem informação (NARDINI et al, 2016). Em paralelo, o conceito de sistemas também adquiriu maior relevância, permitindo a maturação e integração de conhecimentos e funções para realizar tarefas específicas.

Diante disso, o uso das geotecnologias e do geoprocessamento em análises e monitoramento ambientais, tem se tornado uma ferramenta imprescindível, pois auxilia na obtenção de dados e informações de um determinado objeto na superfície terrestre, sem a necessidade de entrar em contato com ele.

Nesse contexto, o geoprocessamento surge como uma disciplina integradora de diferentes áreas do conhecimento e de vasta aplicação, embora se apoie, sobretudo, na ciência da computação, na geografia e na manutenção do conceito de sistema como intrínseco (SILVA; RODRIGUEZ; CABO, 2016).

O geoprocessamento nada mais é do que o uso automatizado de informações que, de alguma forma, estão ligadas a um determinado local no espaço, seja por um simples endereço ou por coordenadas. Vários sistemas fazem parte do geoprocessamento, entre os quais o SIG, que reúne a maior capacidade de processamento e análise de dados espaciais. O uso desses sistemas produz informações que permitem a tomada de decisões para implementar ações. Estes sistemas se aplicam a qualquer assunto que manipule dados ou informação ligada a um lugar específico no espaço, e que seus elementos podem ser representados em um mapa, como casas, escolas, hospitais, etc (SILVA; RODRIGUEZ; CABO, 2016).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG), um dos principais componentes do geoprocessamento, é um valioso auxílio no planejamento, gestão e análise de projetos e atividades socioeconômicas. Este sistema pode ser definido a partir de três propriedades básicas, a saber (ALVES; CASTRO, 2016): a) Sua capacidade de mapear informações complexas; b) sua base integrada de objetos espaciais e seus respectivos atributos ou dados; c) ser um instrumento analítico sofisticado, composto por um conjunto de procedimentos e ferramentas de análise espacial.

Devido às suas características técnicas, o SIG permite reunir uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial e estruturá-los adequadamente, para que o tratamento integrado de seus três principais componentes seja otimizado: posição, topologia e atributos. Desta forma, fornece assistência relevante para agilizar o processo de tomada de decisão de administradores e analistas, promovendo, através de complexas aplicações gráficas, análises rápidas e previsões socioambientais mais precisas, em diferentes cenários. Essa versatilidade, além de

facilitar o desenvolvimento do trabalho, é uma das formas mais eficazes de integração e validação de dados (NARDINI et al, 2016).

Para isso, é imprescindível que a informação disponível seja facilmente visualizada e possa ser representada em forma gráfica, na forma de pontos georreferenciados, linhas, polígonos ou imagens, ou seja, relacionados a locais da superfície terrestre delimitada cartograficamente. Os sistemas de informação são usados para manipular, sintetizar, investigar, editar e exibir informações, geralmente armazenadas em bancos de dados computacionais (SILVA; RODRIGUEZ; CABO, 2016). Armazenamento, recuperação, pesquisa, manuseio, envio, recebimento, cópia e exibição de informações podem ser feitos manualmente, embora, dessa forma, essas atividades possam ser muito lentas, tediosas, difíceis de padronizar e mais prováveis de ocorrência de erros (LOPES et al, 2018).

A partir da entrada de dados através da interface SIG, ou da recuperação de banco de dados, consultas espaciais e análises podem ser realizadas, a fim de visualizar as informações principalmente em formato de mapa digital. A integração de dados em um Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) é de fundamental importância para estudos ambientais, devido à possibilidade de agregar dados de biodiversidade, dados sociais, econômicos, políticos e culturais, potencializando a capacidade de análise.

Dentro deste panorama, o geoprocessamento e o SIG são apresentados como uma das formas mais plausíveis e concretas de apoiar o estudo do uso e cobertura da terra, pois permite, através de todas as suas ferramentas, analisar e tratar dados georreferenciados disponíveis em grande escala. Quantidades, gerando novas informações e, assim, visualizando cenários passados, atuais e simulados (ALVES; CASTRO, 2016).

Os dados de cobertura da terra podem ser analisados com outros conjuntos de dados (solos, modelos digitais de elevação, restrições, etc.) para modelar cenários futuros e avaliar a eficácia das políticas de planejamento, em termos de mudanças na paisagem (LOPES et al, 2018). Além disso, as informações podem ser armazenadas e manipuladas de maneira integrada, onde os resultados subsidiarão as tomadas de decisões.

2.2 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi subdividida em três etapas: i) revisão bibliográfica e documental; ii) revisão e produção cartográfica com a utilização do SIG e iii) elaboração do diagnóstico. A revisão bibliográfica consiste na pesquisa de autores que discutem sobre o tema, com o intuito de fomentar as ideias deste trabalho, a partir de diretrizes e normas legais que fundamentam as estratégias de gestão de bacias hidrográficas.

A revisão cartográfica diz respeito as pesquisas referentes a cartografia da área de estudo, tais como cartas e mapas, a fim de proporcionar melhor interpretação das dinâmicas que vem ocorrendo no local. Estes dados foram encontrados a partir das bases do IBGE e INPE, onde foram efetuados downloads de arquivos no formato *Shapfile* e três imagens do satélite Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI), de órbita/ponto 223/061 dos anos de 1994, 2008 e 2017 com resolução espacial de 30 metros.

Em seguida foi realizada a produção cartográfica, que consiste na manipulação dos dados encontrados. Inicialmente houve a delimitação da área de estudo, que foi realizada a partir de um arquivo SRTM com 30 metros de resolução espacial, mais tarde foram desenvolvidos mapas de declividade e hipsometria, ambos na escala de 1:150.000.

Posteriormente, foi realizada a classificação supervisionada no ArcGis 10.7, onde para desenvolver esta etapa foi necessário a composição de bandas de cada ano, em que as imagens do sensor TM correspondem a R7G5B3 e as do sensor OLI R7G6B4 (SWIR2/SWIR1/RED), em seguida as imagens foram reprojctadas para o sistema de projeção UTM e Datum SIRGAS 2000. Após a correção das imagens, foi efetuada a classificação e logo após foram quantificadas as classes de uso e ocupação do solo.

Após as classificações foram elaborados dois mapas, um com intuito de representar a distribuição espacial das Áreas de Preservação Permanentes (APP's), conforme as normativas do Código Florestal Brasileiro, e outro de conflito em relação ao uso sobre as APPs. Todos os procedimentos citados acima relacionados à utilização do software ArcGIS, foram desenvolvidos no Laboratório de Geoprocessamento da Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento/UFGA, onde há licença do programa.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com o IBGE (2016), a população estimada está em torno de 28.336 habitantes, em uma área de 804,760 km², com densidade demográfica de aproximadamente 33,42 hab/km². Conforme dados do IBGE (2016), o PIB per capita do município foi de aproximadamente R\$ 7.949,56 e seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) em 2010 foi de 0.609.

A geologia do alto curso do rio Marapanim é recoberta pela porção continental, em sua generalidade, pelos sedimentos do Terciário da Formação Barreiras (arenitos, argilitos, silto-ferrosos) e por sedimentos recentes representados pelas largas várzeas do rio Marapanim, em quase todo o seu trecho, alargando-se mais na sua embocadura, o mesmo acontecendo com seus afluentes do baixo curso (FAPESPA, 2016).

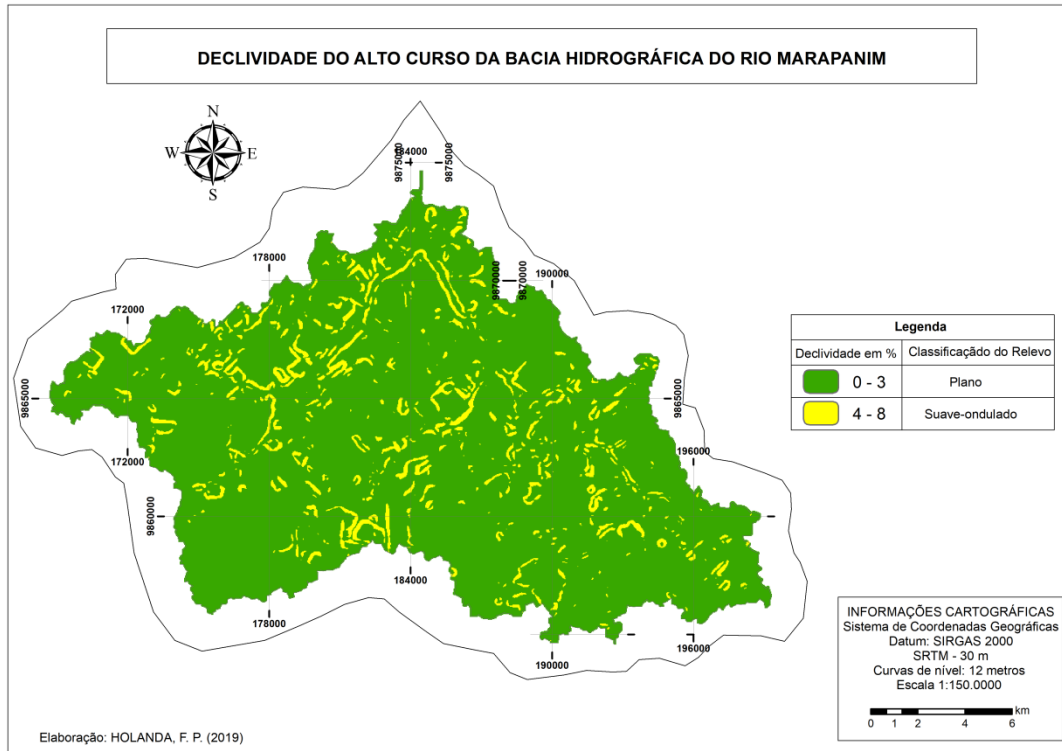
A porção insular também apresenta trechos de terra firme (sedimentos Barreiras), com falésias fluviais nas suas porções terminais, bem como consideráveis trechos do Quaternário Recente, com interpenetrações de furos e canais, onde os sedimentos areno-argilosos são colonizados pelo mangue. Além disso, a área de praia é expressiva, com a presença dos sedimentos praiheiros. É o que ocorre na ilha de Marapanim, enquanto nas ilhas Cajutuba e São Pedro há dominância, quase total, dos sedimentos Quaternários. Faz parte, morfo-estruturalmente, do Planalto Rebaixado da Bragantina, Litoral de Rios e Lençóis Maranhenses (FAPESPA, 2016).

Entre os solos da área do rio Marapanim, além do Latossolo amarelo, textura média e solos Concrecionários Lateríticos indiscriminados, há também os solos Aluviais, bem como grande trecho de solos indiscriminados de mangue (FAPESPA, 2016). A vegetação é caracterizada pelos vestígios da Mata Latifoliada Secundária, Capoeiras e Manguezais nas porções com interpenetração de água salgada (FAPESPA, 2016).

Para o recorte espacial da sub-bacia do rio Marapanim, foram identificadas duas unidades geológicas: Classe Barreiras e Sedimentos Pis Barreiras (ver Figura 02). Os Sedimentos pós-Barreiras encontram-se em pequena quantidade na área mais elevada do relevo da sub-bacia.

Segundo GUTIERREZ (2017), o relevo tem influência sobre a velocidade do escoamento superficial da bacia, e um dos fatores que determina o escoamento é a declividade do terreno, ou seja, quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento (ver Figura 2). As classes de declividade identificadas são predominantemente planas, correspondendo a 8%. Dessa forma conclui-se que, a BHRM realiza a função de drenagem de forma moderada, o que permite presumir a existência de alagamentos e/ou inundações, principalmente onde a declividade é plana e suave.

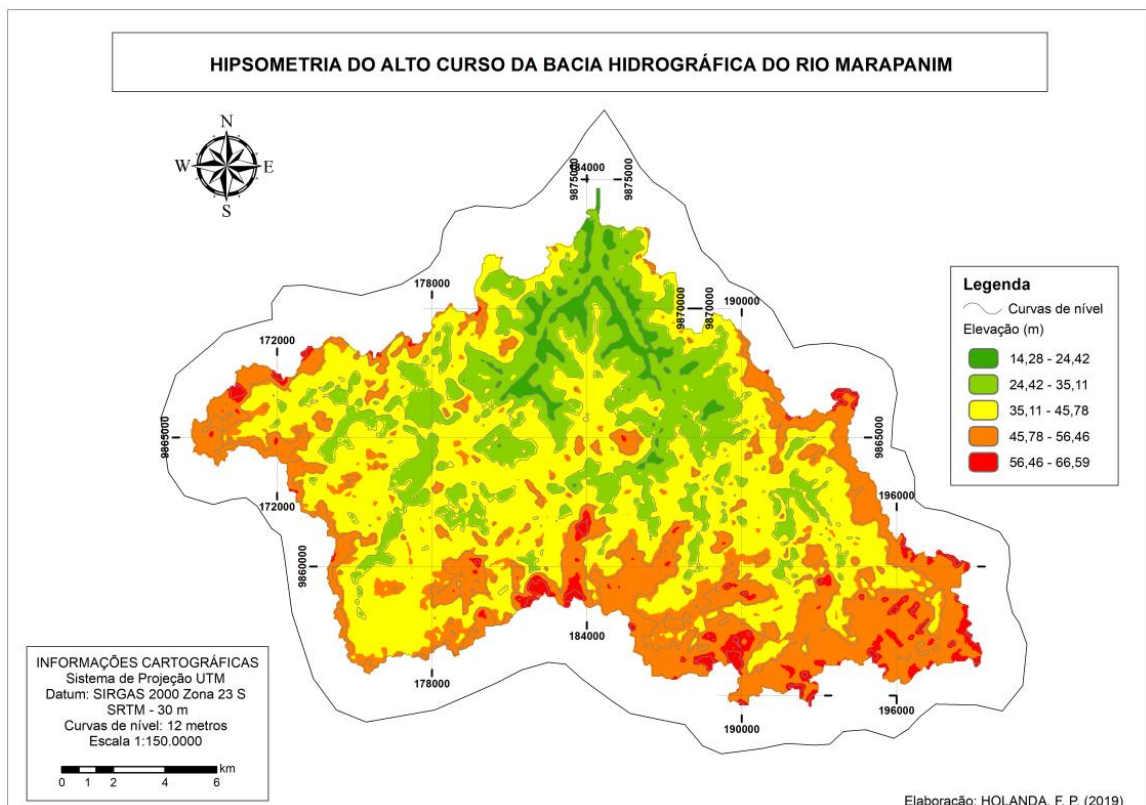
Figura 2 – Declividade da área de estudo



Fonte: Holanda (2021)

Por outro lado, a hipsometria da área de estudo apresenta valores altimétricos mais baixos nos canais mais largos dos rios e valores mais altos nas nascentes, conforme se observa na Figura 03.

Figura 3 – Hipsometria da área de estudo.



Fonte: Holanda (2021)

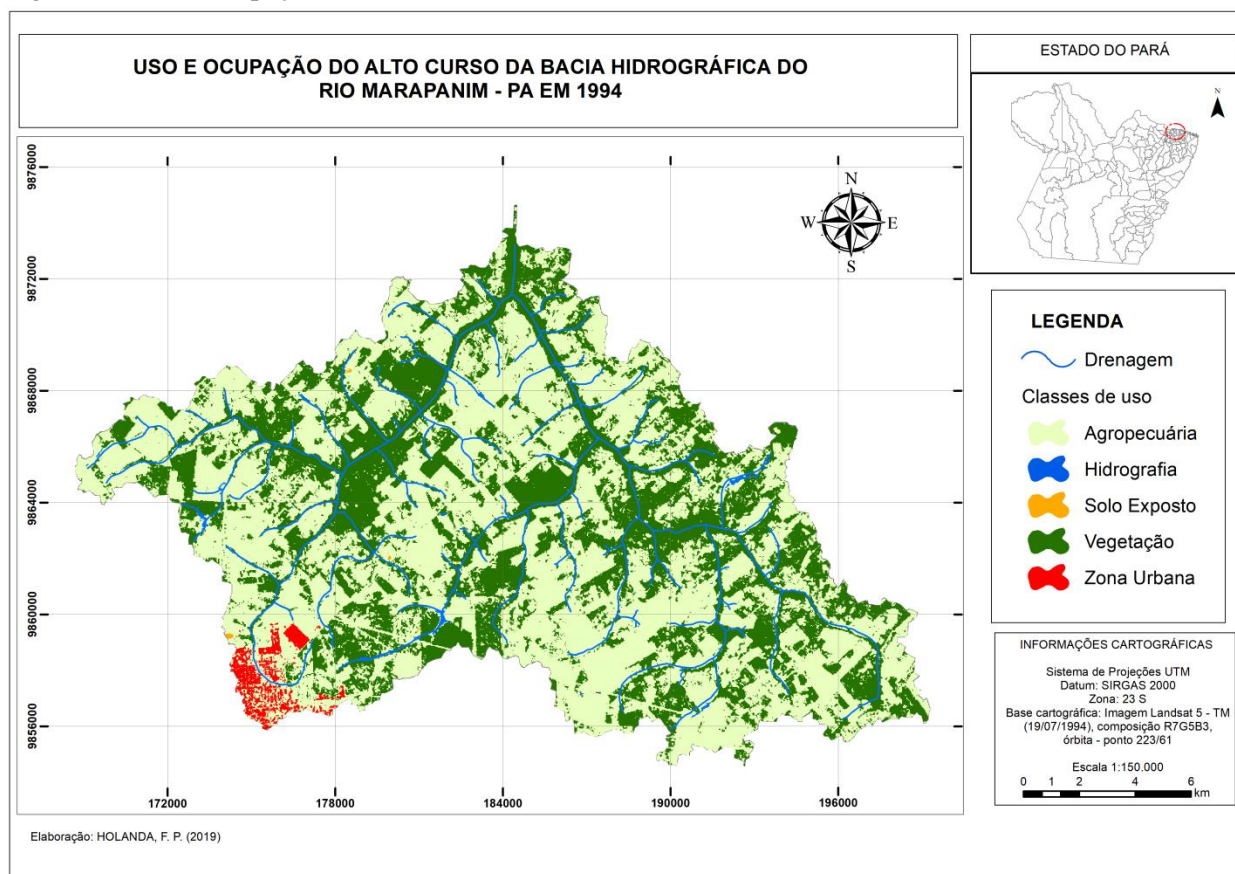
A variação altimétrica caracteriza-se pela cota mínima de 14,28 metros à 66,59 metros ao longo do recorte correspondente ao alto curso da bacia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A dinâmica de transição do uso e ocupação do solo é de grande importância para o planejamento e gestão dos recursos naturais. A espacialização de dados e informações contidas nos mapas temáticos podem ser atualizados constantemente, desta forma, minimizando erros de localização, e utilização em estudos e pesquisas posteriores. Os mapas produzidos entre os anos de 1994, 2008 e 2017 é demonstrado abaixo, onde foi realizado uma análise multitemporal das variações nas paisagens, num recorte espacial correspondente ao alto curso da bacia do Marapanim, com uma área de 306,5 km².

No ano de 1994 foram identificadas 5 classes de uso e ocupação do solo: agropecuária, hidrografia, solo exposto, vegetação e zona urbana, conforme ilustra a Figura 04. Onde agropecuária representa 185,35 km², hidrografia 0,7 km², solo exposto 0,11km², vegetação 116,79 km² e zona urbana 3,55km².

Figura 4 – Uso e ocupação do solo da área de estudo no ano de 1994.



Fonte: Holanda (2021)

A agropecuária (AG) corresponde as áreas onde se desenvolvem as atividades agrícolas e pecuárias, ocupando 60,47% da área total, já a hidrografia (HI) é constituída por rios e lagos representando 0,23% da área total. O solo exposto (SE) reúne áreas em que não há vegetação aparente, essa característica compromete a qualidade do ambiente, representa 0,04%.

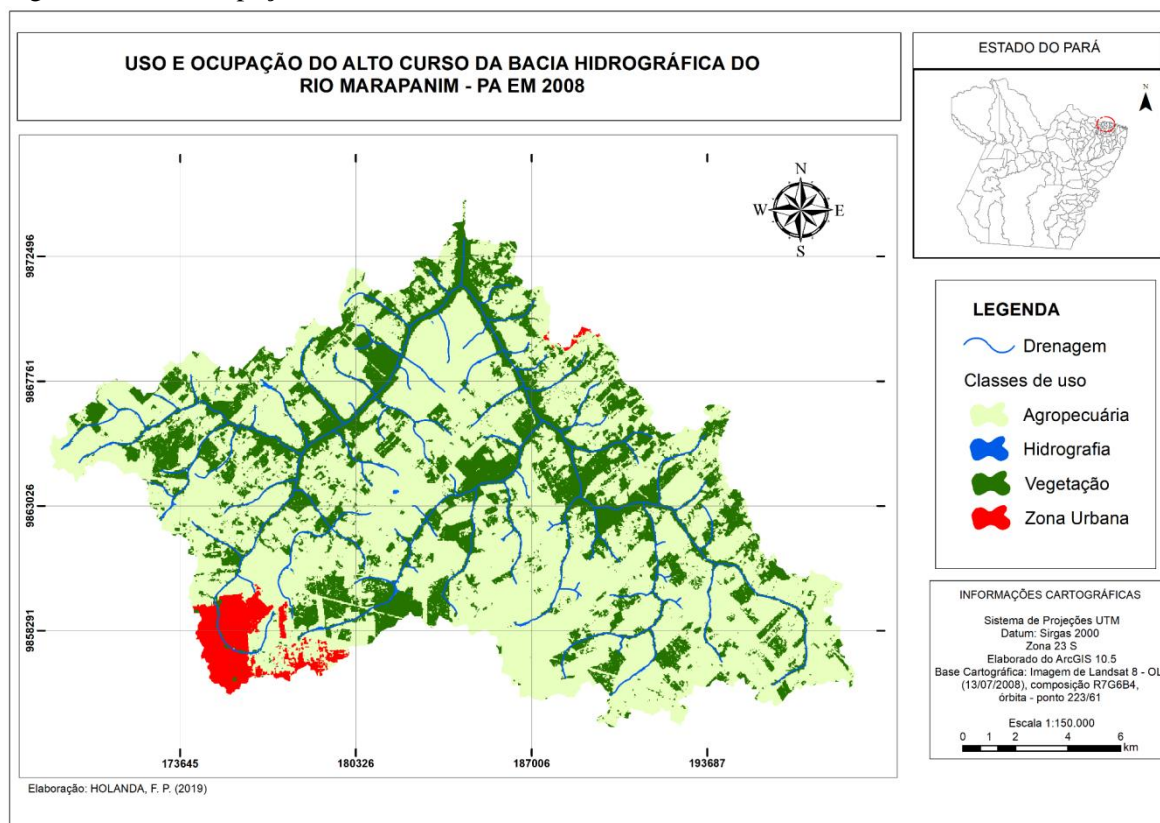
A vegetação (VG) apresenta 38,11% da área de estudo caracteriza-se por regiões onde há vegetação densa (com menor espaçamento entre árvores) e dispersa (com agrupamentos de árvores, porém entre distâncias maiores). A zona urbana (ZU) é a região onde existe ocupação da população que representa 1,15% da região de estudo, conforme descrita na tabela abaixo.

Tabela 1 - Uso e ocupação do solo do ano de 1994.

Unidades de uso	Área em km²	%
Agropecuária	185,35	60,47
Hidrografia	0,7	0,23
Solo Exposto	0,11	0,04
Vegetação	116,79	38,11
Zona Urbana	3,55	1,15
Área Total	306,5	100

Em 1994 à área de estudo era predominantemente ocupada pelas atividades agrícolas e pecuárias, sendo a cobertura vegetal submetida às pressões antrópicas contínuas nos anos posteriores, reduzindo significativamente em 2008, conforme se observa na Figura 05.

Figura 5: Uso e ocupação do solo da área de estudo no ano de 2008.



Fonte: Autores (2021).

O ano de 2008 apresentou aumento significativo no desenvolvimento das atividades agropecuárias em comparação ao ano de 1994, neste intervalo registrou-se um aumento de 8,88 %, com um porcentual em 2008 de 69,35%. Já a Zona urbana caracterizou um acréscimo de 4,91 km², ambos estão relacionados as atividades antrópicas, onde o ano em questão apresentou menor valor em relação a vegetação se comparado com ano anterior. Diante desta problemática é possível verificar, ainda, que a cobertura vegetal sofreu redução de 31.99 km², possivelmente dando espaço as áreas de cultivo e à expansão urbana, conforme se verifica na Tabela 02.

Tabela 2 - Uso e ocupação do solo do ano de 2008.

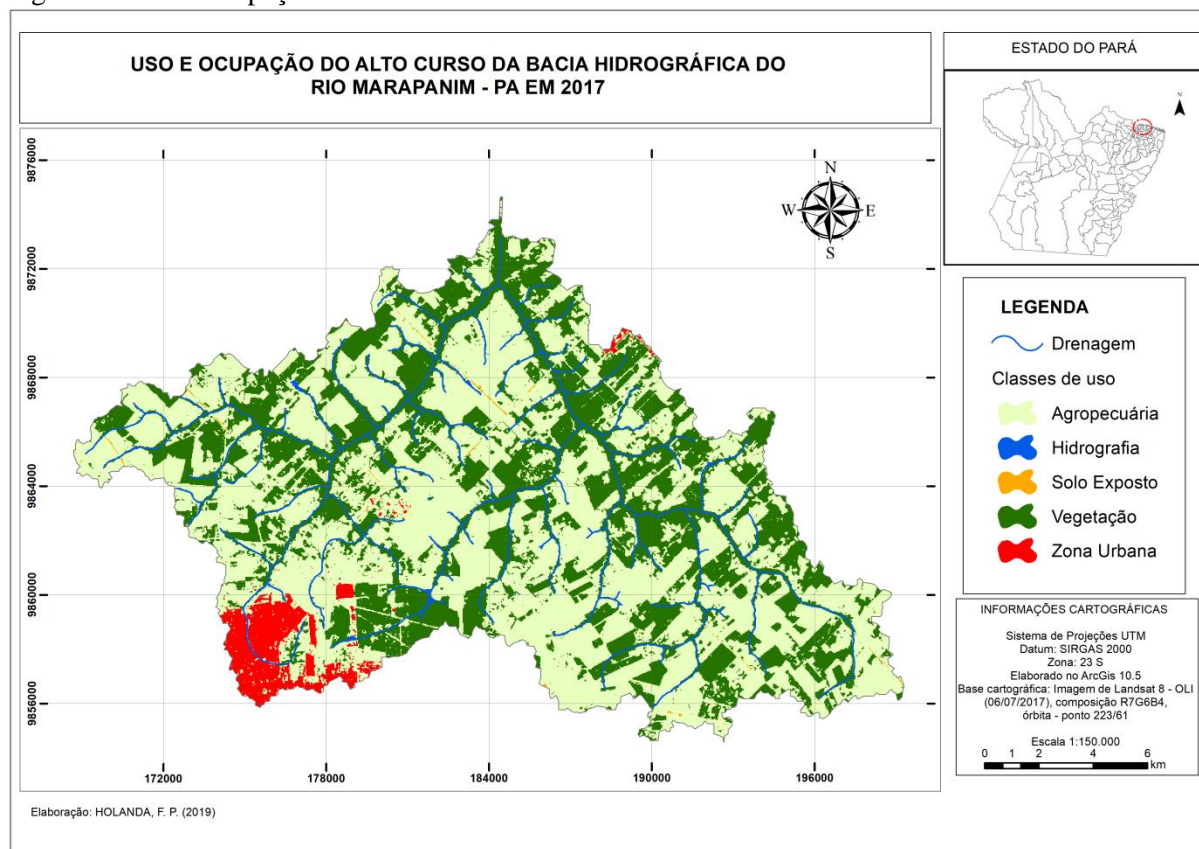
Unidades de uso	Área em km ²	%
Agropecuária	212,61	69,35
Hidrografia	0,68	0,22
Vegetação	84,8	27,66
Zona Urbana	8,46	2,76
Área Total	306,5	100

Fonte: Autores (2021).

De acordo com os resultados da classificação do ano de 2008, pode-se afirmar que houve menor cumprimento das diretrizes estabelecidas nas Leis ambientais nacionais, inclusive o Código Florestal de 2012, pois houve grande supressão da vegetação às margens dos rios, o que compromete a qualidade e proteção dos recursos hídricos, podendo resultar em impactos negativos como assoreamento dos rios e comprometimento às espécies de fauna local.

Em direção oposta aos anos anteriores, em 2017 registrou-se um avanço em relação ao aumento da vegetação natural, partindo de uma abrangência de 27,66% em relação à área total de estudo em 2008 para 37,84% em 2017, como pode ser observado na Figura 06. Esta recuperação vegetal foi observada, principalmente, às margens dos rios, avanço este que pode ser consequência de maior vigor na implementação de ações protetivas relacionadas ao novo Código Florestal de 2012.

Figura 6 - Uso e ocupação do solo da área de estudo no ano de 2017.



Na Tabela 03, pode-se observar a distribuição das classes de uso e ocupação do solo. Comparando-se as áreas de 1994 e 2008, observamos um aumento significativo na classe zona urbana, de 1,15% para 3,24%.

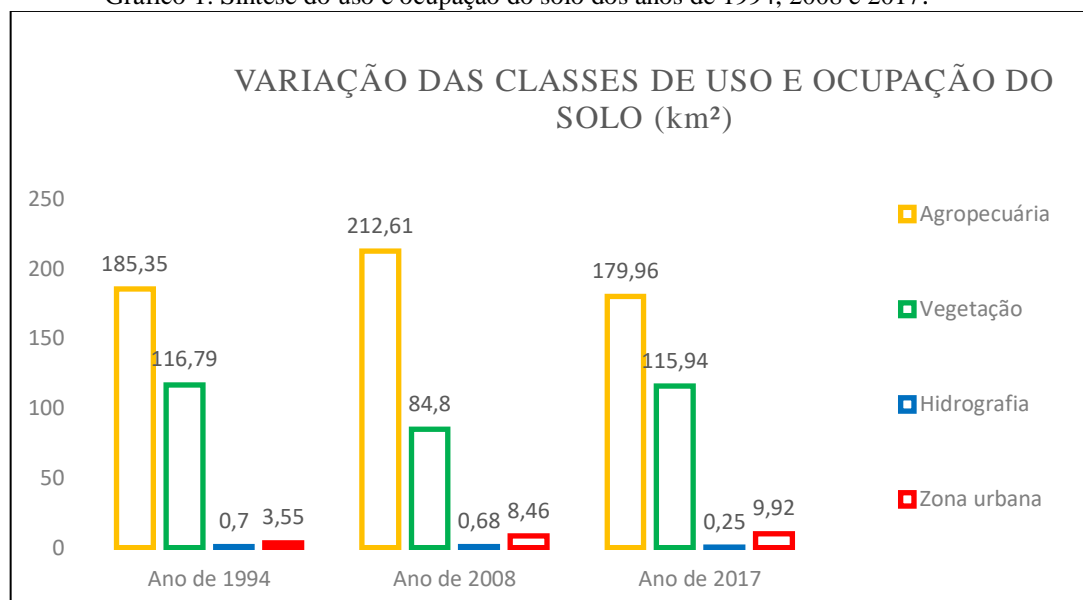
Tabela 03 - Uso e ocupação do solo do ano de 2017.

Unidades de uso	Área em km ²	%
Agropecuária	179,96	58,74
Hidrografia	0,25	0,04
Solo Exposto	0,43	0,14
Vegetação	115,94	37,84
Zona Urbana	9,92	3,24
Área Total	306,5	100

Fonte: Autores (2021).

Nota - Embora a agropecuária continue dominando em relação à ocupação territorial se comparado às outras classes, no intervalo de 1994 à 2017 houve uma redução de 1,73%. Embora possa parecer valor pequeno, representa um avanço significativo quando se analisa a regeneração da vegetação natural na área de estudo

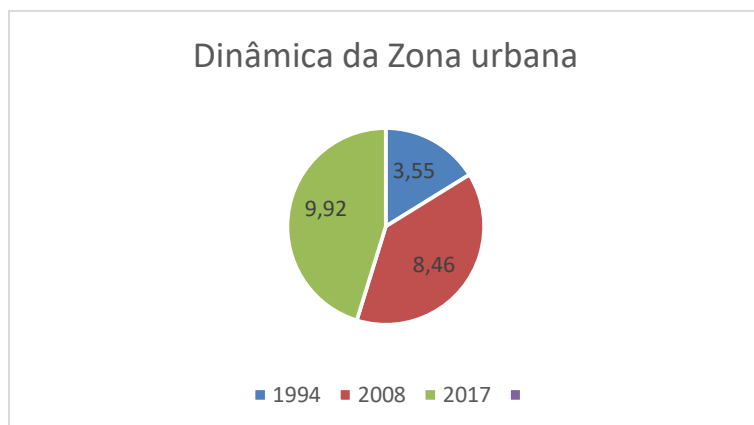
Gráfico 1: Síntese do uso e ocupação do solo dos anos de 1994, 2008 e 2017.



Fonte: Autores (2022).

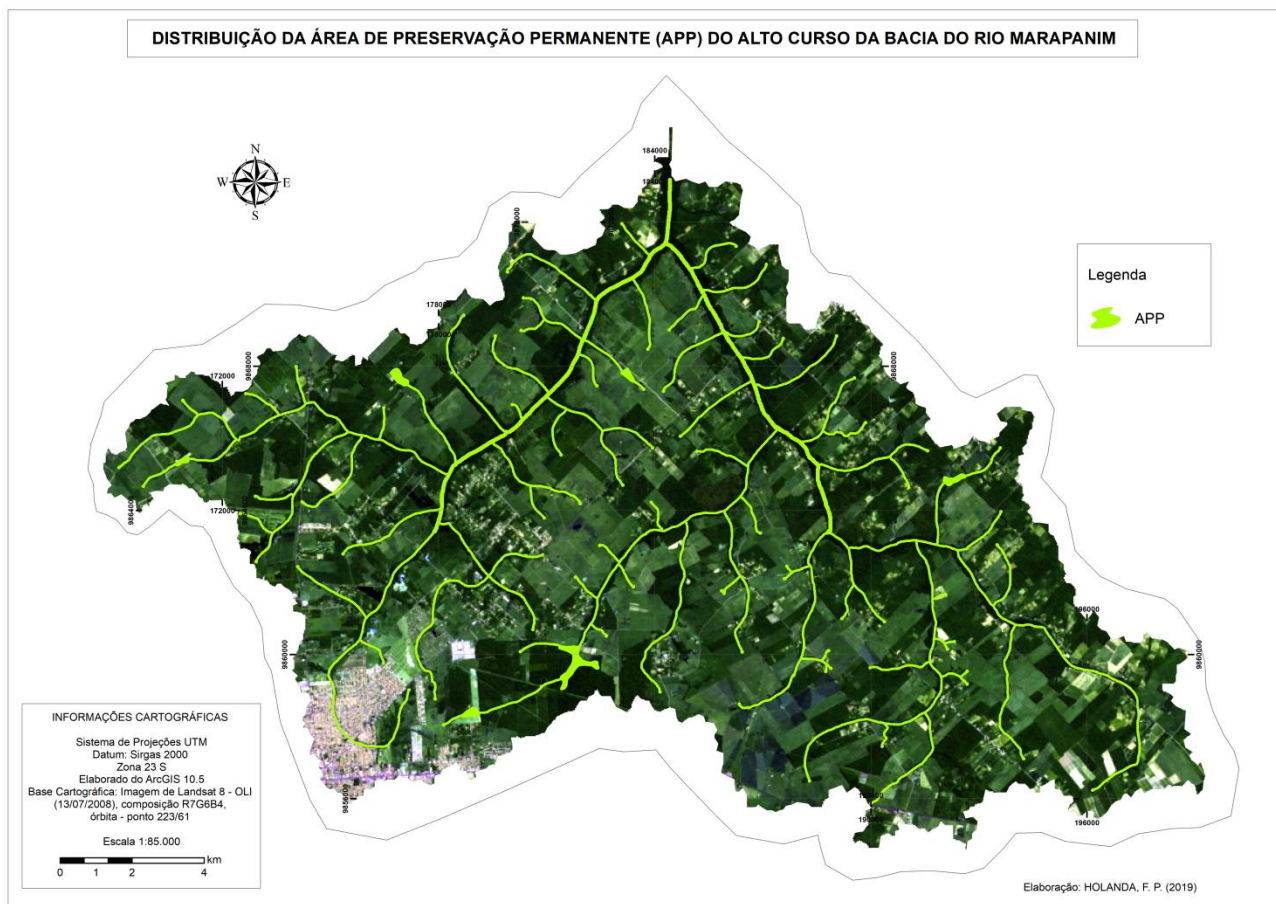
Diante do tímido recuo da agropecuária e ligeira regeneração vegetal, a zona urbana teve um significativo avanço entre as classes identificadas, partindo de 1,15% da área total em 1994 para 3,24% em 2017 (ver Gráfico 02).

Gráfico 02: Dinâmica da Zona urbana entre 1994 à 2017.



Nota - Assim, percebe-se que as práticas de uso e ocupação do solo têm influenciado de forma negativa à conservação da cobertura vegetal se analisada sob as perspectivas das leis ambientais, como por exemplo o código florestal. Conforme as recomendações do Código Florestal 2012, instituindo limites mínimos para a determinação da Área de Preservação Permanente (APP) nas margens dos rios, lagos e nascentes, delimitou-se APP para o contexto da bacia em estudo, conforme ilustra a Figura 07, como forma de representar os conflitos de uso e ocupação do solo local, entre as diferentes classes identificadas e as normativas legais de conservação e preservação.

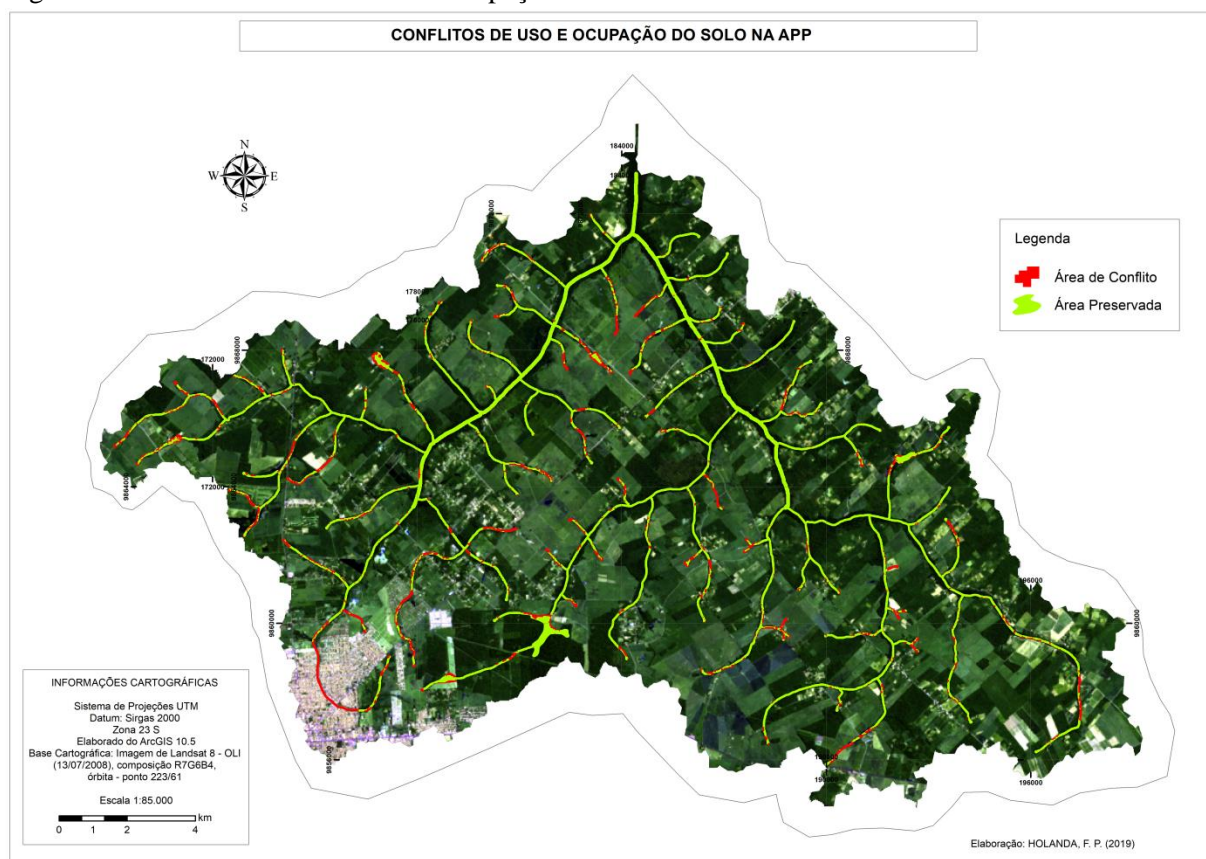
Figura 7 – APP conforme as normativas do código florestal 2012.



Fonte: Autores (2022).

Conforme as normativas do Código Florestal, identificou-se uma área de 21,47 km² de APP, devendo estas estar protegidas, mas parte destas acabaram por ser desmatada para dar lugar às atividades antrópicas, conforme se verifica na Figura 08.

Figura 8 – Área de conflitos de uso e ocupação do solo.



Fonte: Autores (2022).

Nota - Dos 21,47 km² delimitado conforme às orientações do código florestal, apenas 17,68 km² encontram-se preservadas, partes destas foi subtraída a cobertura vegetal para dar lugar às atividades agrícolas, pecuárias e destinadas à expansão da zona urbana, descumprindo às Leis. Assim, 3,66 km² foram desmatadas, configurando em áreas de conflitos de uso.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No alto curso da bacia hidrográfica do rio Marapanim encontra-se uma paisagem com a predominância das atividades agrícolas, ocupando mais da metade da área de estudo. Assim, a cobertura vegetal totaliza apenas 37% da área de analisada. Demonstra uma intensa transformação da paisagem natural, sobretudo subtraindo a mata ciliar.

A partir desta problemática, entende-se a necessidade da aplicação de um plano de gestão ambiental que monitore e direcione às ações antrópicas, estimulando a aplicação de medidas mitigadores e preventivas, visando à conservação dos ecossistemas e qualidade de vida para a população local.

As ferramentas e técnicas de geoprocessamento, viabilizaram a quantificação das classes identificadas e a análise multitemporal das transformações ocorridas nos anos de 1994, 2008 e

2017, contribuindo para construção de diálogos produtivos em prol da potencialização da qualidade de gestão ambiental, auxiliando na qualidade de vida das populações locais.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, e por sempre nos guiar pelo caminho do bem. Aos nossos familiares e parentes pelas palavras de força e incentivo.

Aos professores, colaboradores e funcionários da FTG (Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento) da UFPA, pela dedicação no aprimoramento do curso. Ao nosso Orientador Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda, pelo apoio e atenção.

Aos nossos colegas da graduação, pela troca de conhecimentos, que tanto nos momentos de dificuldades, como os de conquistas, sempre estiveram presentes; em especial ao amigo e parceiro de trabalhos acadêmicos, Emanuel Sodré.

A nossa colega e amiga Sâmilla Souza pelas horas de estudo, companheirismo e amizade durante esses longos três anos de formação acadêmica.

REFERÊNCIAS

ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-124, 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 out. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm. Acesso em: 13 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 15 de ago. de 2019.

BRASIL. **Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/secex_conjur/_arquivos/108_12082008084425.pdf. Acesso em 14 de agr. De 2019.

BRASIL. **Resolução do CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002**. Resolução do CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002

LOPES, Elfany Reis do Nascimento et al. **Modelagem ambiental de bacias hidrográficas**: caracterização morfométrica e pedológica da bacia do rio Una–Ibiúna, Brasil. **Geosul**, v. 33, n. 66, p. 105-127, 2018.

LOPES, Elfany Reis do Nascimento. **Zoneamento Ecológico-Econômico**: diretrizes, parâmetros e técnicas para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. 2018.

NARDINI, R. C. et al. **Técnicas de geoprocessamento para análise morfométrica da microbacia do Ribeirão Alto Água Fria–Bofete (sp)/geoprocessingtechniquetomorphometricanalysisof alto agua fria streamWatershed-Bofete (Sp)**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 10, n. 2, p. 170-180, 2016.

NUNES, Arnon Batista; LEITE, Emerson Figueiredo. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de caracterização física e ambiental da bacia hidrográfica do rio areias, no estado do Tocantins**. Espaço em Revista, v. 19, n. 2, 2017.

SILVA, Edson Vicente; RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; CABO, Arturo Rua. Educação ambiental aplicada ao planejamento e gestão de bacias hidrográficas/environmentaleducationappliedtowatershedsplanningand management. **Revista GeoAmazônia**, v. 3, n. 06, p. 110-120, 2016.