

FAMIG – FACULDADE MINAS GERAIS
RAONY PEREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO
CÓRREGO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TO**

Belo Horizonte– MG

2024

RAONY PEREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO
CÓRREGO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TO**

Projeto de pesquisa apresentado Faculdade Minas Gerais-FAMIG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Belo Horizonte – MG

2024

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Municípios limítrofes de Porto Nacional – TO.....	3
FIGURA 2 - Novas combinações de bandas do Landsat 8.....	8
FIGURA 3 - Características do sensor MSS.....	8
FIGURA 4 - Características do sensor TM.....	9
FIGURA 5 - Características do sensor OLI.....	9
FIGURA 6 - Características do sensor TIRS.....	9
FIGURA 7 - Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2006 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional-TO.....	16
FIGURA 8 - Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2011 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional-TO.....	17
FIGURA 9 - Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2016 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional-TO.....	18
FIGURA 10 - Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2021 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional-TO.....	19
FIGURA 11 - Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2024 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional-TO.....	20

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tamanho das áreas de cada classe temática analisada entre os anos de 2006 e 2024, para o uso de ocupação do solo na microbacia do Córrego São João no município de Porto Nacional-TO	14
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 ÁREA DE ESTUDO	3
3 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	4
4 COLETA E COMPOSIÇÃO DOS DADOS	7
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	11
6 RESULTADOS.....	14
7 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS.....	25

ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TO

RAONY PEREIRA DOS SANTOS

Resumo: As características da ocupação do Brasil Central e a expansão da atividade agropecuária refletem hoje no uso e ocupação do solo no município de Porto Nacional – TO. Neste sentido, objetivou-se analisar e quantificar o uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego São João, pertencente ao município, com auxílio de ferramentas de geoprocessamento, no intervalo temporal de 2006 a 2024. A análise qualitativa dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego São João, juntamente com as informações obtidas na literatura, possibilitou melhor compreensão e visualização da dinâmica antrópica ao longo de toda a microbacia dentro do período estipulado. Dentre as classes temáticas consideradas na análise, agropecuária, mancha urbana e solo descoberto se destacaram por apresentarem as maiores variações neste período de 18 anos.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Meio Ambiente. Bacia Hidrográfica. Tocantins.

Abstract: The characteristics of the occupation of Central Brazil and the expansion of agricultural activity are reflected today in the use and occupation of land in the municipality of Porto Nacional – TO. In this sense, the objective was to analyze and quantify the use and occupation of soil in the Córrego São João microbasin, belonging to the municipality, with the aid of geoprocessing tools, in the time interval from 2006 to 2024. The qualitative analysis of the thematic maps of use and soil occupation in the Córrego São João microbasin, together with information obtained from the literature, enabled a better understanding and visualization of human dynamics throughout the entire microbasin within the stipulated period. Among the thematic classes considered in the analysis, agriculture, urban areas and bare soil stood out for presenting the greatest variations in this 18-year period.

Keywords: Geoprocessing. Environment. Watershed. Tocantins.

1 INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado, a supressão da vegetação nativa para produção agropecuária e expansão urbana passou a crescer exponencialmente em meados da década de 1950 (BESSA e CORADO, 2011). As causas históricas são diversas e tiveram início a partir da sequência de eventos que levaram à criação de Brasília e, anos depois, influenciada pela divisão do estado de Goiás e surgimento do estado do Tocantins (OLIVEIRA, 2009). O processo de povoamento e ocupação do território no estado do Tocantins associa-se a fatores históricos-geográficos que deram origem aos primeiros núcleos urbanos. Dentre estes fatores estão a expansão da mineração, abertura de estradas, navegação fluvial pelos rios Tocantins e Araguaia, atividades agropecuárias, missões religiosas e doação de patrimônios à igreja, pousos de tropas, postos militares, aldeamentos indígenas, postos fiscais, dentre outros (NASCIMENTO e BALSAN, 2017).

Assim, a história antiga de Porto Nacional associa-se a estes eventos que caracterizaram o processo de ocupação do Brasil Central, com peculiaridades como o povoamento rarefeito e a falta de infraestrutura. Entretanto, por conta do posicionamento geográfico estratégico junto ao rio Tocantins, passou a adquirir relevância regional a partir da instalação de portos rodoviários que transportavam matérias primas essenciais com destinos variados (BESSA e CORADO, 2011). O atual momento econômico do município exerceu forte impacto ambiental em termos de exploração do solo, com sequenciais aberturas de áreas para plantação de soja e criação de gado, modificando significativamente a paisagem local.

Mesmo com uma das legislações ambientais mais completas e modernas do mundo, muitos dos instrumentos criados para preservação e conservação natural no Brasil ainda se mostram ineficientes em certos aspectos como falta de investimento financeiro e recursos humanos (SANTOS et al., 2015). Assim, em face da atual realidade econômica do país, bem como do município, o geoprocessamento entra como ferramenta essencial para estudos ambientais como o monitoramento da cobertura vegetal e o direcionamento urbano e rural no viés da sustentabilidade.

O geoprocessamento é caracterizado como um conjunto de ferramentas geotecnológicas que engloba a coleta, processamento, análise e disponibilização de dados geográficos que servem de referência para o uso e ocupação do solo. São exemplos destas tecnologias os sistemas de informações geográficas (SIG), a

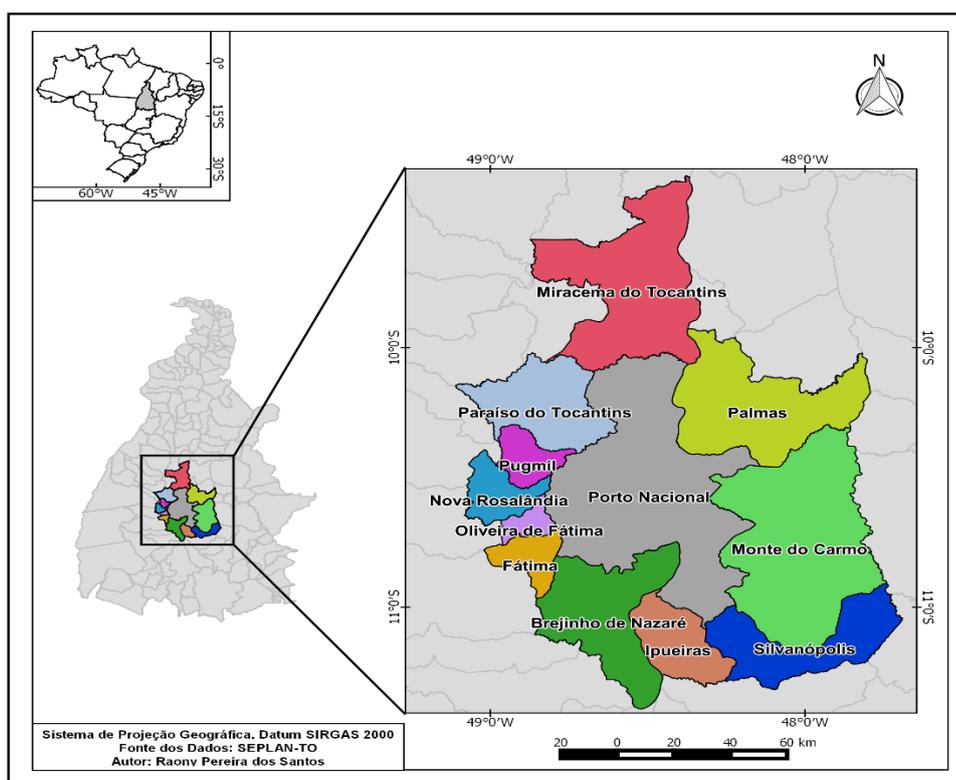
cartografia digital, o sistema de posicionamento global (GPS) e o sensoriamento remoto (BARBOSA e SOUSA, 2013). A literatura conta com diversos estudos que se valem destas geotecnologias para explorar diferentes campos da ciência. São exemplos destes estudos a utilização de modelos digitais de terreno para análise geomorfológicas, o diagnóstico de áreas susceptíveis a erosão, a caracterização e análise de bacias hidrográficas, e o estudo do uso e ocupação do solo em escala multitemporal (AZEVEDO et al., 2014).

Assim, o uso de geotecnologias para estudos ambientais se torna essencial para o manuseio de grandes volumes de informações geográficas, que também possibilitam a geração de novas informações a partir da interpretação dos modelos. Além disso, tais ferramentas são base para o apoio à gestão territorial e à tomada de decisão, possibilitando ainda o acompanhamento temporal das transformações na paisagem. Com base nas informações supracitadas, objetivou-se com esse trabalho analisar e quantificar, a partir de técnicas de geoprocessamento, o uso e ocupação do solo entre os anos de 2006 e 2024 na microbacia do Córrego São João, localizada no município de Porto Nacional - TO.

2 ÁREA DE ESTUDO

O município de Porto Nacional localiza-se ao centro-sul do estado do Tocantins, aproximadamente 60 km distante da capital Palmas, sob as coordenadas geográficas de latitude $10^{\circ} 42' 29''$ S e longitude $48^{\circ} 25' 02''$, altitude de 212 m e área total de 4.434,68 km², fazendo limite com os municípios de Monte do Carmo, Silvanópolis, Ipueiras, Brejinho de Nazaré, Fátima, Oliveira de Fátima, Pugmil, Paraíso do Tocantins, Lajeado, e com a capital Palmas (Figura 1).

Figura 1 - Municípios limítrofes de Porto Nacional – TO



Fonte: O autor, 2023

O clima da região é tipicamente tropical, com regime sazonal de chuvas e temperaturas elevadas durante quase todo o ano, em decorrência da baixa latitude e altitude, apresentando temperatura média anual de $26,1^{\circ}\text{C}$. A umidade do ar varia entre 20 e 84% e a precipitação média anual é de 1661,1 mm, concentrada entre os meses de novembro e maio. Segundo SEPLAN (2023) os solos predominantes na região de Porto Nacional são minerais e profundos, argilosos ou de textura média, apresentando boa drenagem e baixa fertilidade natural.

3 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Segundo Zaidan (2017), as geotecnologias representam o conjunto de tecnologias voltadas para a coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização de dados e informações com referência espacial geográfica. Compreendem soluções em hardware, software, peopleware e dataware. Entre as diversas formas de geotecnologias, incluem-se o geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas (SIG, SGI), Cartografia Digital ou Automatizada, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global (como o GPS), Aerofotogrametria, Geodésia, Topografia Clássica, entre outras. O geoprocessamento destaca-se notavelmente, especialmente na criação de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

A multiplicidade de conceitos acerca da definição de SIG levou à divisão deste em duas partes: o “sistema de informação” que é entendido como conjunto de ferramentas multidisciplinares que permitem a coleta e o tratamento de dados no intuito de extrair informações e difundi-las, e “geográfica” no qual supõem-se que os diferentes dados passaram por um referencial espacial.

Um SIG pode ser definido como um conjunto de ferramentas especializadas projetadas para adquirir, armazenar, recuperar, transformar e disponibilizar informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento em relação a um sistema de coordenadas, incluindo atributos não aparentes, como cor, entre outros, e as relações topológicas existentes. Dessa forma, o SIG pode ser empregado em estudos ambientais e de recursos naturais, pesquisa e previsão de fenômenos específicos, além de oferecer suporte a decisões de planejamento, considerando que os dados armazenados representam um modelo do mundo real (Burrough, 1986).

Ainda sobre o SIG, este geralmente é constituído por seis principais ações, em sequência, denominadas de: operações geométricas, operações atributivas, exportação dos dados SIG ao modelo externo, execução do modelo, importação dos dados do modelo ao SIG e visualização e análise espacial da composição (MIRANDA, 2005).

De acordo com Wu et al. (2009), os SIGs têm sido empregados para diversas finalidades, incluindo planejamento na agricultura, inventário do uso da terra,

gerenciamento de recursos naturais e apoio à tomada de decisões. Assim as geotecnologias têm permitido a coleta e a integração de dados precisos e atualizados sobre a cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo, através de técnicas como imagens de satélite de alta resolução e da automatização da análise de dados, obtendo uma produção mais rápida e eficiente de mapas, reduzindo custos e tempo de trabalho e facilitando o monitoramento de mudanças nas áreas de interesse.

Trazendo mais um pouco da história, foi a partir do lançamento do primeiro satélite de sensoriamento remoto, em 1972, que modificou-se substancialmente os estudos relacionados aos recursos naturais, bem como possibilitou novas perspectivas às análises ambientais. Estas ganharam um aliado que permite a obtenção de dados de forma rápida, confiável e frequente dos alvos terrestres (AQUINO et al., 2013).

Calderano Filho et al. (2010), diz que ao utilizar geoprocessamento e integrar técnicas como mapeamento digital, sensoriamento remoto e modelo digital de elevação (MDE) no planejamento geoambiental, é possível alcançar resultados que facilitam a identificação e descrição de aspectos físicos e ecológicos da paisagem. Isso representa uma contribuição importante para uma compreensão mais aprofundada dos recursos ambientais, abrangendo suas capacidades e restrições.

Assim, gerir recursos naturais com geotecnologias implica na integração, avaliação e comunicação entre grandes volumes de informações oriundas de variadas fontes. Para tanto, conforme Da Silva (2016), com a tecnologia da informação, em especial na gestão de bases de dados em um SIG, os dados de teledetecção, o grafismo computacional e os inúmeros sistemas digitais especializados fornecem então ferramentas que ajudam na tomada de decisão quanto a gestão de recursos naturais, como o solo.

O Geoprocessamento tem como principal objetivo oferecer ferramentas computacionais para que analistas possam examinar as mudanças espaciais e temporais de fenômenos geográficos, além de entender as inter-relações entre esses fenômenos. Ao conduzir uma análise para o zoneamento, é crucial escolher variáveis explicativas, como solo, vegetação e geomorfologia, e avaliar a contribuição de cada uma para a elaboração do mapa final (CÂMARA et al., 1998).

Além disso, com as ferramentas que abrange tecnologias destinadas à coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica tem-se um considerável potencial para estudo do uso e ocupação do solo de grandes

áreas através, por exemplo, do sensoriamento remoto. Nesse ínterim, a utilização do SIG, que são uma base fundamental para as geotecnologias, na modelagem, viabiliza a integração dessas camadas de informações, ampliando a capacidade de interpretação dos dados e oferecendo suporte para análise destas áreas.

Conforme Bacani et al. (2015), as barreiras comumente encontradas neste tipo de avaliação são as questões metodológicas, escala, tamanho da área estudada, mão-de-obra qualificada, regulamentações governamentais, dentre outras. Porém atualmente, o SIG possibilita a avaliação de forma espacial e temporal do uso e ocupação do solo, e tem como uma das principais vantagens das ferramentas a habilidade de coletar, em uma mesma área, uma quantidade significativamente maior de dados em comparação às técnicas tradicionais de amostragem georreferenciada.

Deve-se considerar ainda, que o aproveitamento eficaz das geotecnologias requer boas fontes de dados e uma compreensão aprofundada do problema estudado, a fim de conceber análises mais expressivas. Com isso, é essencial possuir conhecimentos em informática, sensoriamento remoto, geomática e geografia. Cabe ainda salientar, que a integração de dados em um Sistema de Informação Geográfica, impulsionada pela sinergia entre diversas disciplinas e avanços tecnológicos, possibilita a reprodução e interpretação de feições terrestres e que, com ampla disponibilidade de dados de sensores remotos, bases cartográficas e softwares facilitam cada vez mais a reunião, processamento e compreensão integrada de informações ambientais (MENDONÇA et al., 2011, p. 5).

4 COLETA E COMPOSIÇÃO DOS DADOS

A elaboração dos mapas foi baseada em dados fornecidos pelo Earth Explorer (*United States Geological Survey* – USGS) (imagens de satélite), Secretaria de Planejamento do Tocantins (SEPLAN – TO) e TOPODATA/INPE (bases vetoriais). As imagens dos anos de 2006 e 2011 foram geradas pelo Landsat-5 com resolução espacial de 30 m e composição colorida falsa cor RGB543. As imagens de 2016, 2021 e 2024 foram geradas pelo Landsat-8 com resolução espacial de 30 m, composição colorida falsa cor RGB654 e fusão com a banda 8 (pancromática), a fim de obter uma resolução final de 15 m.

A ferramenta USGS EarthExplorer oferece aos usuários a capacidade de consultar, pesquisar e solicitar imagens de satélite, fotografias aéreas e produtos cartográficos de diversas fontes de maneira rápida e intuitiva. Os usuários podem navegar por meio de mapa interativo, pesquisa de texto, ou inserir coordenadas específicas para visualizar quais tipos de dados estão disponíveis. É possível obter imagens de satélite Landsat, dados de radar, dados de modelos de elevação digital, fotos aéreas, dados de satélite Sentinel, algumas imagens de satélite comerciais, incluindo IKONOS e OrbView3, dados de cobertura do solo e muitos outros conjuntos de dados.

O TOPODATA que é um sistema desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil, tem como objetivo principal fornecer dados e informações geoespaciais precisos e atualizados para uma variedade de aplicações, incluindo planejamento urbano, gestão ambiental, monitoramento de desastres naturais e desenvolvimento de políticas públicas. Utilizando tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e processamento de imagens, o TOPODATA oferece uma ampla gama de produtos, como Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores. Desde que o Topodata foi lançado pela primeira vez, em agosto de 2008, o processamento dos dados foi sucessivamente inspecionado e revisado, com vistas a aprimoramentos e correções.

Além disso, o Landsat 5 e o Landsat 8 são satélites de observação da Terra que fazem parte do programa Landsat, administrado pela NASA e pelo USGS. Foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3 do satélite Landsat 5 e as bandas 6, 5, 4 e 8 do satélite Landsat 8 para a composição falsa cor que serviu de base na classificação

supervisionada das classes temáticas, sendo estas imagens referentes a órbita 222, ponto 67 sobre as quais a área de estudo estava delimitada.

Figura 2 - Novas combinações de bandas do Landsat 8

Resultado		Composições de bandas com as cores RGB (Landsat 7 e Landsat 5)	Composições de bandas com as cores RGB (Landsat 8)
	Falsa Cor	4, 3, 2	5,4,3
	Cor Natural	3, 2, 1	4,3,2
	Falsa Cor	5,4,3	6,5,4
	Falsa Cor	7,5,3	7,6,4
	Falsa Cor	7,4,2	7,5,3

Fonte: USGS - Landsat Missions

O Landsat 5, foi lançado em 1 de março de 1984, composto pelo senso MSS (Multispectral Scanner System) e também o sensor TM (Thematic Mapper), projetado para dar suporte às pesquisas nas mais diversas áreas temáticas, especializado em recursos naturais.

Figura 3 - Características do sensor MSS

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
MSS (Multispectral Scanner System)	(B4) VERDE	0.5 - 0.6 μm	57 x 79 m	18 dias (L1-L3); 16 dias (L4-L5)	185 km	6 bits (L1-L3); 8 bits (L4-L5)
	(B5) VERMELHO	0.6 - 0.7 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.7 - 0.8 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.8 - 1.1 μm				
	(B8) INFRAVERMELHO TERMAL	10.41-12.6 μm				
s.d. = sem dados/informações						

Fonte: EMBRAPA – Landsat

Figura 4 - Características do sensor TM

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 μm	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.52 - 0.60 μm				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 μm	120 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 μm	30 m			

s.d. = sem dados/informações

Fonte: EMBRAPA – Landsat

Já o Landsat 8, também conhecido como Landsat Data Continuity Mission (LDCM), foi renomeado como Landsat 8 após o lançamento que ocorreu em 11 de fevereiro de 2013. A bordo, possui o instrumento Operational Land Imager (OLI) e o Thermal Infrared Sensor (TIRS), que proporcionam imagens com resolução espacial e radiométrica excepcionais. De acordo com Zanetti et al. (2015), a resolução espectral do sensor OLI, embora apresente semelhanças com os canais do sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), fornece alguns canais a mais, como o novo canal azul do visível (banda 1) projetado especificamente para os recursos hídricos e análise de áreas costeiras, e um novo canal infravermelho (banda 9) para a detecção de nuvens do tipo cirros.

Figura 5 - Características do sensor OLI

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) COSTAL	0.433 - 0.453 μm	30 m	16 dias	185 km	12 bits
	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 μm				
	(B3) VERDE	0.525 - 0.600 μm				
	(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.845 - 0.885 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.560 - 1.660 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.100 - 2.300 μm				
	(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 μm	15 m			
	(B9) Cirrus	1.360 - 1.390 μm	30 m			

s.d. = sem dados/informações

Fonte: EMBRAPA - Landsat

Figura 6 - Características do sensor TIRS

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica	Área Imageada
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) LWIR - 1	10.30 - 11.30 μm	100 m	16 dias	12 bits	185 km
	(B11) LWIR - 2	11.50 - 12.50 μm				

s.d. = sem dados/informações

Fonte: EMBRAPA – Landsat

Com relação aos dados vetoriais, foram adquiridos através da SEPLAN-TO as informações referentes ao limite estadual e municipal, sistema viário, corpos d'água, ponto de captação e estação de tratamento de água (ETA). Enquanto os limites da bacia hidrográfica foram gerados com a base vetorial do Topodata com auxílio do plug-in TauDEM. Todos os dados foram manuseados com auxílio do software QGIS versão 3.34.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os limites da bacia hidrográfica do Córrego São João foram gerados com auxílio do complemento TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models), instalado no software QGIS. Ele trabalha dados vetoriais e poligonais, podendo assim integrar as análises de terreno em dados matriciais para a extração da rede de drenagem e as bacias finais dotadas de suas características geométricas (Silva, 2004).

A delimitação da bacia hidrográfica está principalmente vinculada à preparação do Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual consiste em uma representação digital do relevo da superfície terrestre. Este MDE foi adquirido através da base de dados do TOPODATA/INPE, que disponibiliza o mapa dos dados de relevo derivados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) do Brasil. Para este estudo, utilizou-se o MDE da região 10s495.

A delimitação da bacia do Córrego São João foi realizada em duas etapas. A primeira se deu a partir dos comandos: Pit Remove (preenchimentos de lacunas do MDE); D8 Flow Directions (mapeamento da drenagem); D8 Contributing Area (delimitação da bacia a partir da identificação do exutório); Stream Definition by Threshold (geração de raster da rede de drenagem) (SANTOS, 2015). Na segunda etapa foram utilizados os comandos: Identificação do exutório (plugin openlayersplugins); D8 Contributing Area com outlets shapefile (Delimitação da bacia); Conversão de raster para vetor.

Para a etapa de elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foi feita a escolha das imagens baseada nas características dos registros multiespectrais com alta resolução espacial, havendo assim maior sensibilidade dos sensores e possibilitando a obtenção de imagens compostas coloridas de interpretação mais rápida e fiel, abrindo viés para melhor monitoramento das ações antrópicas nas áreas em questão. O método empregado para interpretação das imagens no QGIS ocorreu da seguinte forma:

1. Seleção de imagens com o mínimo possível de cobertura por nuvens;
2. Na ferramenta do plugin Semi-Automatic Classification, que possibilita a classificação pixel a pixel de forma semiautomática ou supervisionada, usou-se a

função Image Conversion em Pre-Processing, onde foram selecionadas as bandas da imagem e o arquivo de Metadados, que acompanha os arquivos de imagem, para a correção atmosférica;

3. Definição do conjunto de bandas que será trabalhada, a função Band Set, em seguida na mesma função é informada a qual satélite pertence as imagens para a correta apresentação dos comprimentos de ondas;

4. Composição colorida das imagens na conformação RGB e posterior recorte de acordo com a base vetorial da bacia hidrográfica gerada anteriormente;

5. Criação das assinaturas espectrais, das macroclasses e classes de uso do solo na imagem colorida, utilizando as classes *Formações Florestais* (cor verde escuro, forma irregular, tamanho variável e textura sempre rugosa), *Vegetação Campestre* (cor verde claro, forma irregular, tamanho variável, textura variando entre lisa e média), *Corpos Hídricos* (cor negra, tamanho variado, textura muito lisa, contexto de vegetação em suas bordas e trilhas de solo exposto próximo às margens), *Mancha Urbana* (tonalidade clara intermediária na cor cinza, forma reticulada, tamanho variável e textura rugosa), *Solo Descoberto* (cor vermelha ou marrom, forma irregular, tamanho variável e textura média), e *Uso Antropizado* (cor marrom ou verde claro, forma regular, tamanho variável, textura variando entre lisa e média);

6. Treinamento da ferramenta com a seleção de algumas amostras representativas das macroclasses definidas na etapa anterior, observando-se características como tonalidade, cor, forma e textura;

7. Classificação da imagem através da função Classification, em Band Processing, dentro do plugin. Utilizando para o processamento o algoritmo "*Maximum Likelihood*";

8. Avaliação dos resultados para determinar sua precisão. Isso pode ser feito comparando a classificação com dados de referência ou realizando validação cruzada;

9. Refinamento da classificação ajustando adicionando mais áreas de treinamento;

10. Pós-classificação do resultado da classificação feita no plugin Semi-Automatic Classification, através da ferramenta Majority/Minority Filter, do grupo de ferramentas de processamento SAGA GIS, com o objetivo de uniformizar as áreas das classes e reduzir a quantidade de pixels isolados e classificados diferentes da sua vizinhança, resultando em uma aparência menos ruidosa;

11. Seleção da imagem raster de entrada e configuração dos parâmetros, neste trabalho foi definido os parâmetros como Type Majority, Threshold 0, Kernel Type Square e Radius 2;
12. Exportação dos resultados da classificação em dados vetoriais para análises adicionais;
13. Configuração das simbologias, definindo as cores para cada classe da classificação resultante.

Os dados foram referenciados no Sistema de Coordenadas Planas, sendo utilizado nesse trabalho o Datum UTM/SIRGAS 2000 Zona 22 Sul (EPSG: 31982) no QGIS.

6 RESULTADOS

A classificação supervisionada utilizando a ferramenta “*Maximum Likelihood*” possibilita separar classes temáticas, principalmente floresta e solo exposto, considerando que apresentam comportamento espectral bastante diferenciado na banda 3, que varia de 0.63 a 0.69 μm , ou seja, representando a região do vermelho do sensor TM (LATORRE et al., 2007). Neste sensor, segundo Arraes et al. (2010), a vegetação apresenta coloração verde densa e uniforme, com grande absorção, que a deixa escura e, assim, possibilita bons contrastes, facilitando a interpretação entre outras áreas que também se apresentam com solo exposto, estradas ou mancha urbana. Os mapas dispostos nas Figuras 7 a 11 ilustram a dinâmica do uso e ocupação do solo entre os anos de 2006 e 2024 na microbacia do Córrego São João, localizada no município de Porto Nacional. Após a classificação de acordo com as classes previamente mencionadas, determinou-se as áreas que cada classe representava no período do imageamento, e os valores estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tamanho das áreas de cada classe temática analisada entre os anos de 2006 e 2024, para o uso de ocupação do solo na microbacia do Córrego São João no município de Porto Nacional-TO

CLASSES TEMÁTICAS	ÁREA (M ²)		
	2006	2011	2016
Formações Florestais	33.040.921,09	31.122.989,58	28.490.805,94
Vegetação Campestre	17.990.244,53	22.665.064,28	18.211.400,51
Corpos Hídricos	1.119.315,02	1.135.991,59	1.123.076,51
Mancha Urbana	4.609.036,63	4.770.763,25	8.147.446,60
Solo Descoberto	4.800.979,81	548.404,80	1.859.679,44
Agropecuária	18.933.230,36	20.253.513,92	22.661.318,44
Total	80.493.727,44	80.493.727,44	80.493.727,44

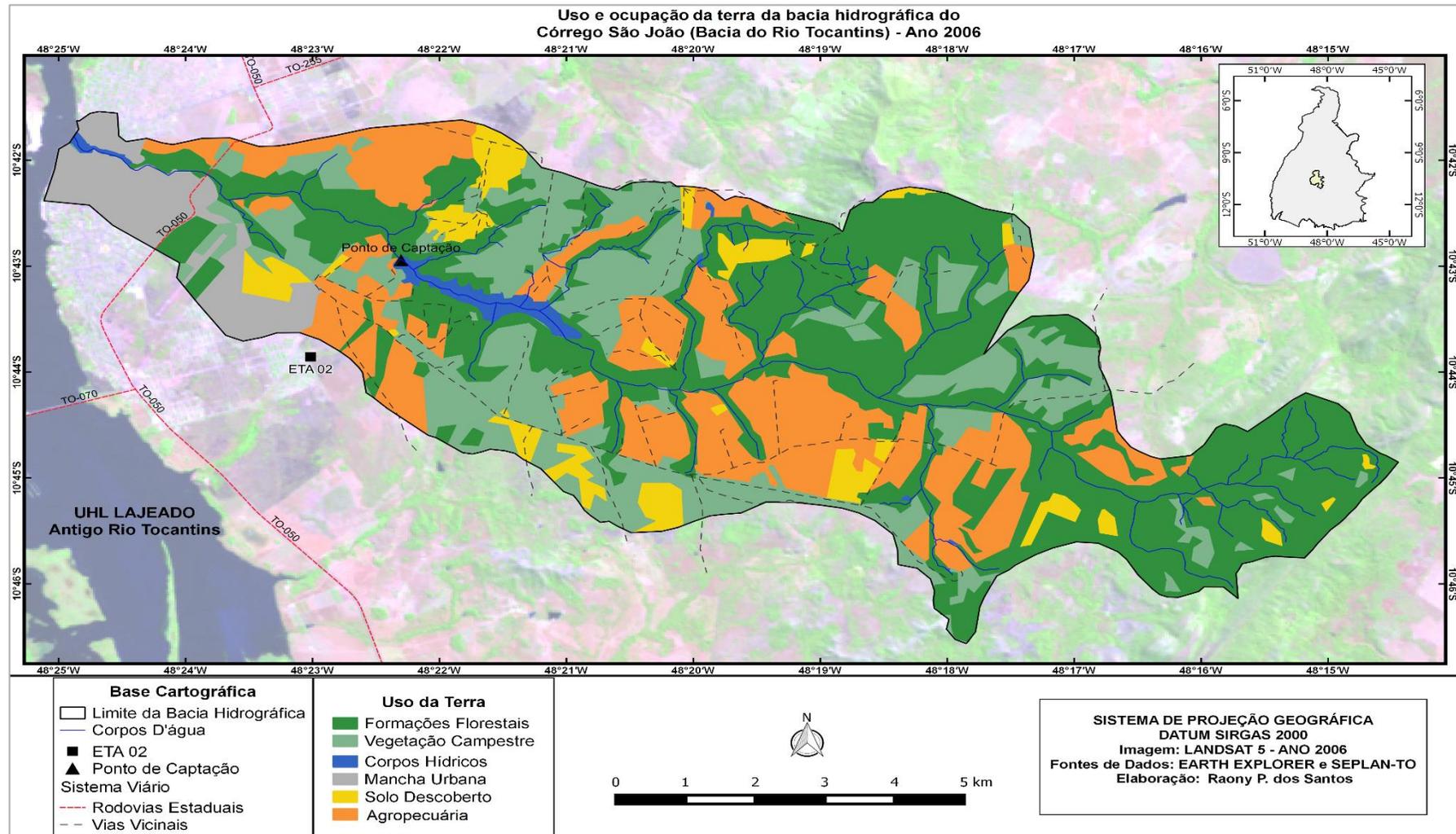
Fonte: O autor, 2024

CLASSES TEMÁTICAS	ÁREA (M²)	
	2021	2024
Formações Florestais	25.959.164,20	33.087.539,81
Vegetação Campestre	28.589.944,72	20.249.324,99
Corpos Hídricos	809.295,12	847.412,20
Mancha Urbana	8.703.357,56	9.652.377,06
Solo Descoberto	1.544.627,39	938.385,61
Agropecuária	14.887.338,46	15.718.687,77
Total	80.493.727,44	80.493.727,44

Fonte: O autor, 2024

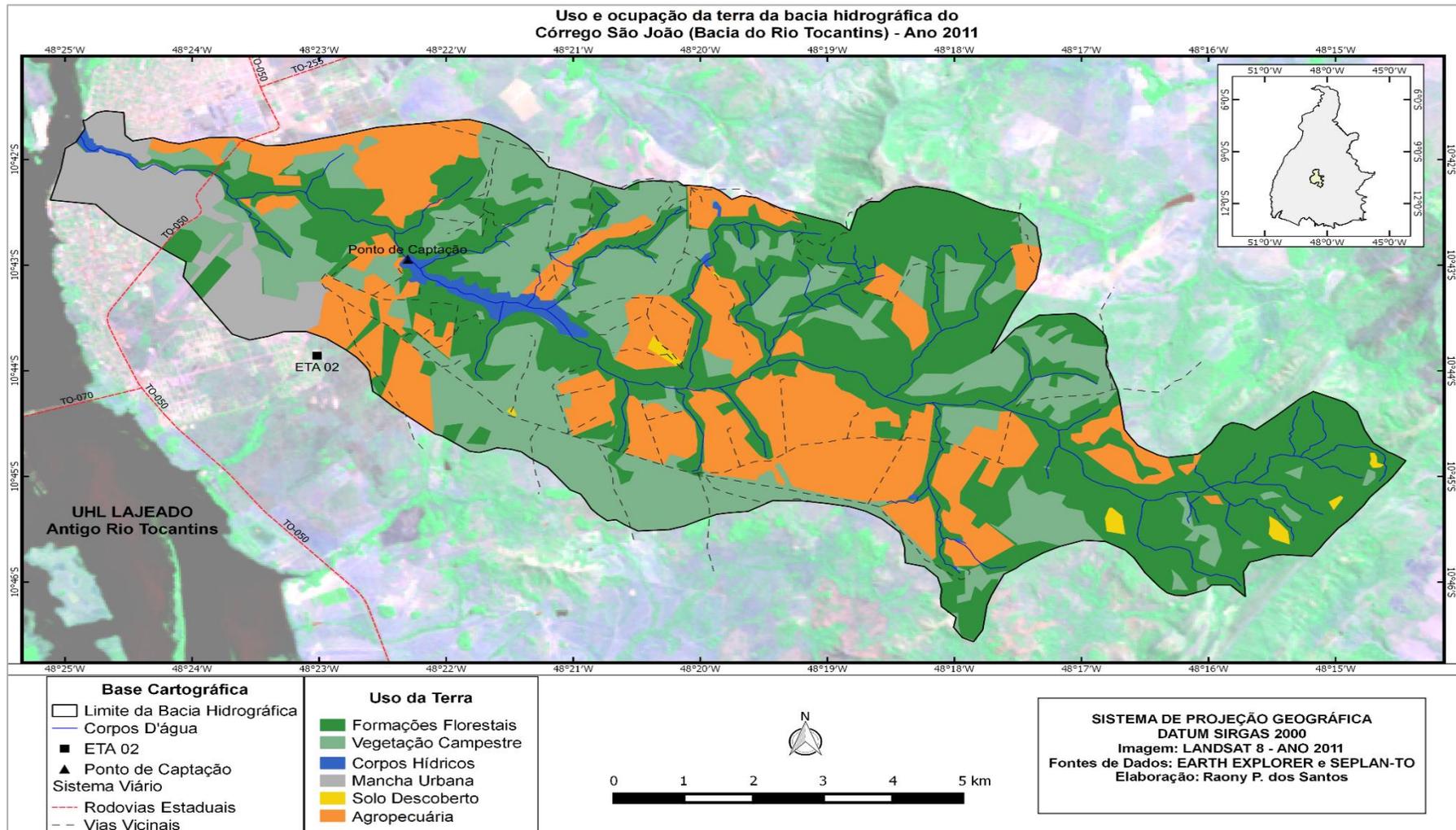
Ao analisar o mapa gerado com as imagens de 2006, observa-se que há predominância de Formações Florestais, representando 41,05% do total da área da microbacia, seguido por Agropecuária (23,52%), Vegetação Campestre (22,35%), Solo Descoberto (5,96%), Mancha Urbana (5,73%) e Corpos Hídricos (1,39%).

Figura 7. Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2006 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional - TO



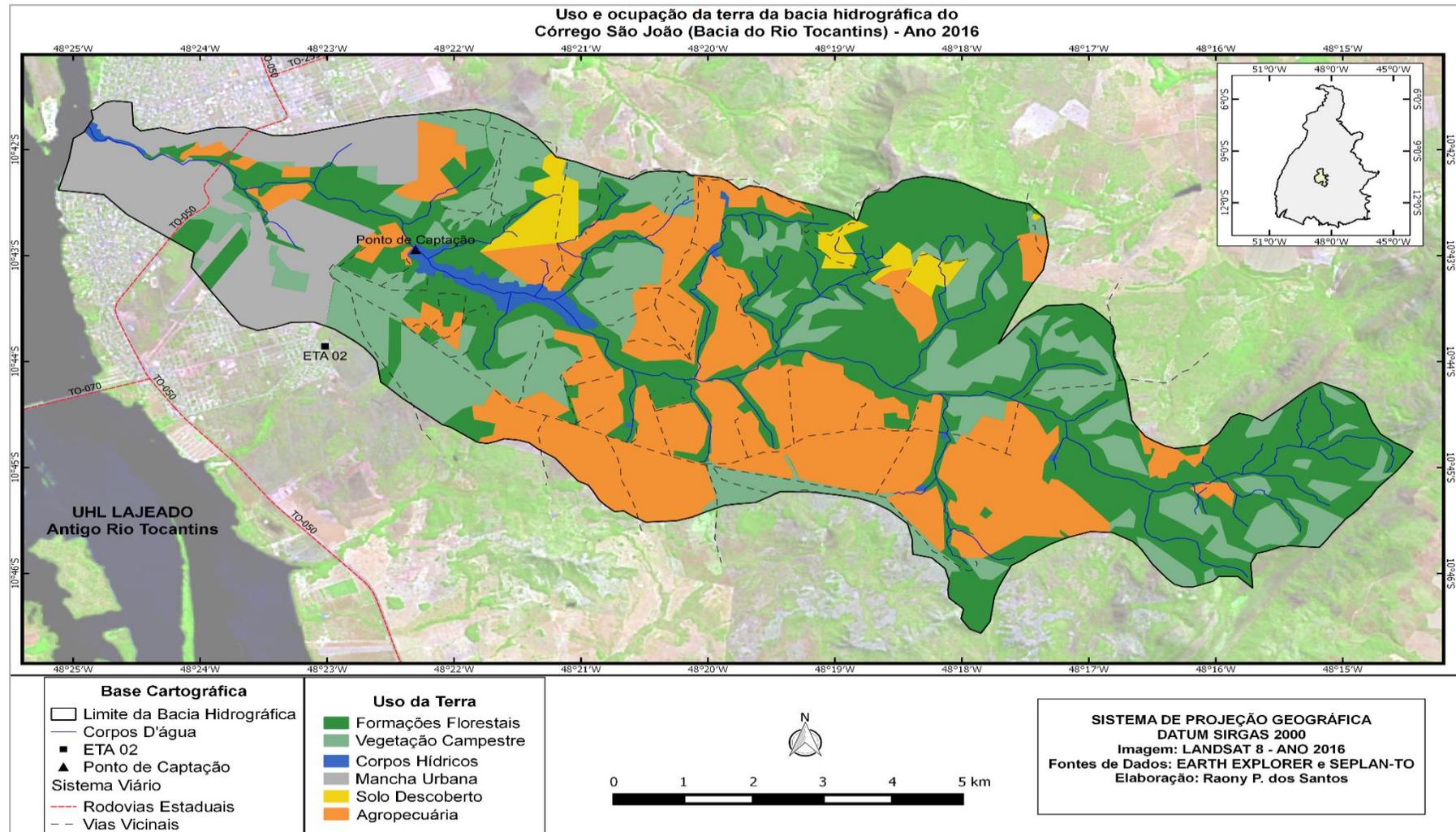
Fonte: O autor, 2023

Figura 8. Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2011 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional – TO



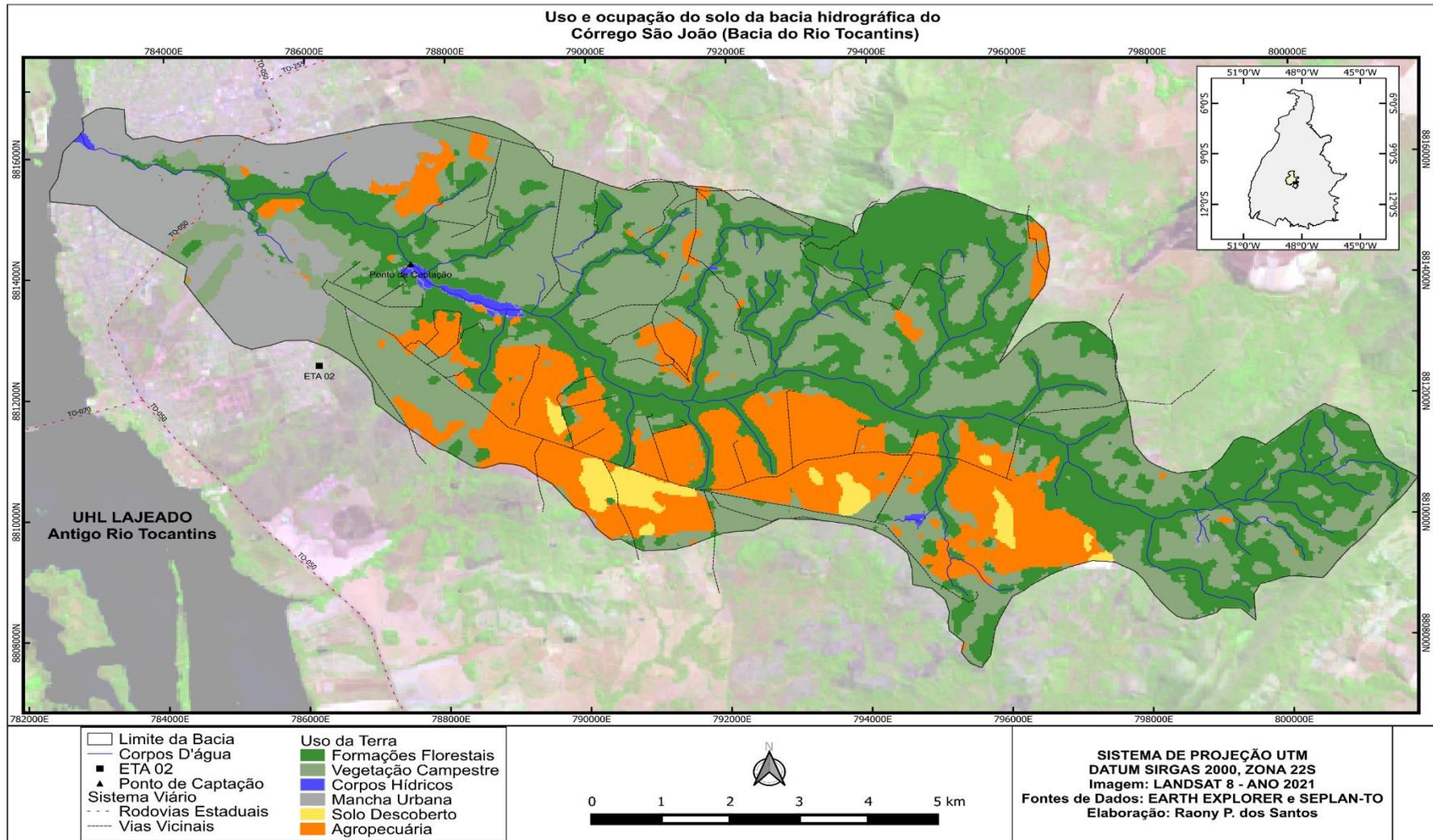
Fonte: O autor, 2023

Figura 9. Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2016 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional – TO



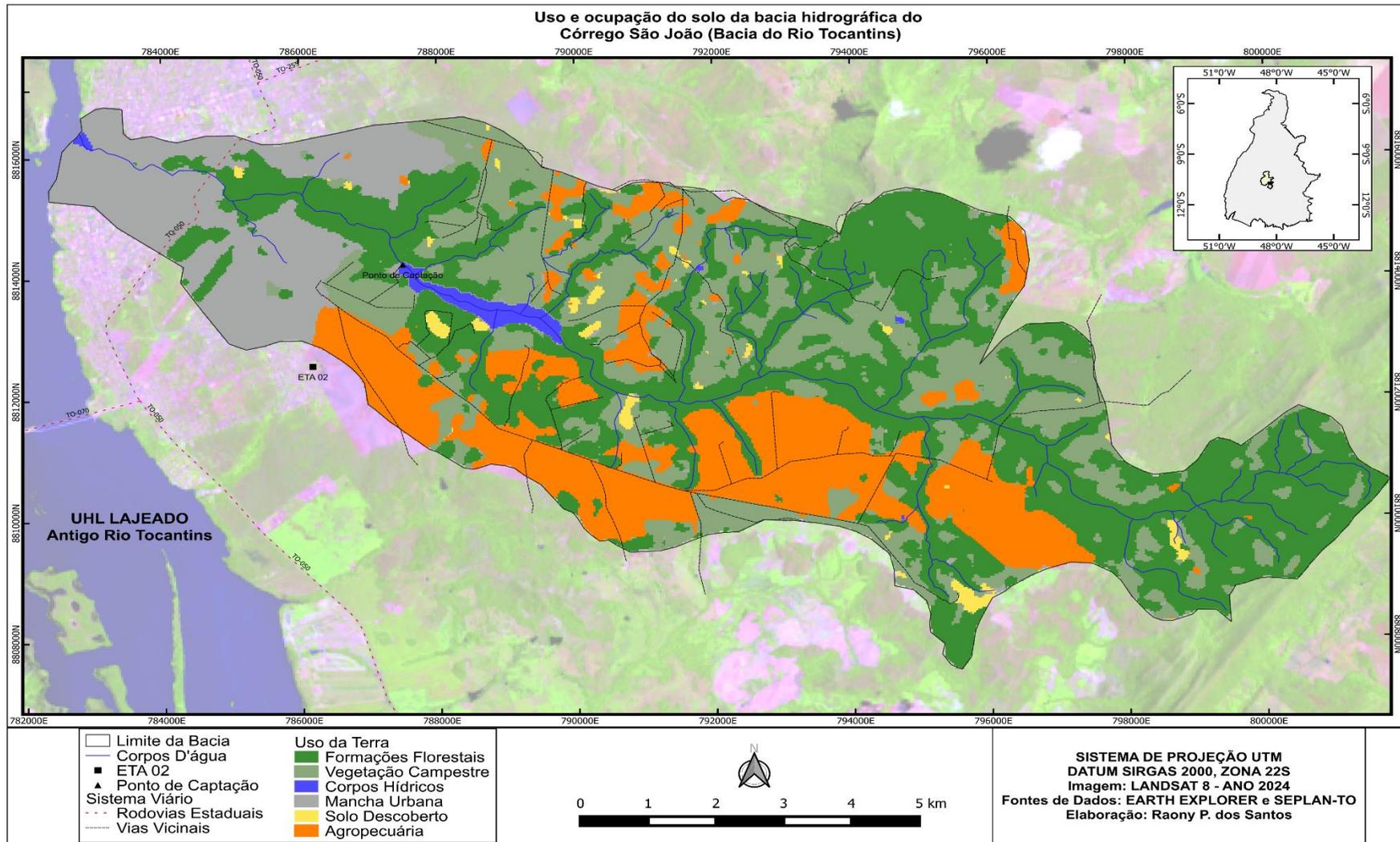
Fonte: O autor, 2023

Figura 10. Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2021 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional - TO



Fonte: O autor, 2024

Figura 11. Mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 2024 na microbacia do Córrego São João, situada no município de Porto Nacional - TO



Fonte: O autor, 2024

No ano de 2011, os percentuais para as classes temáticas de uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego São João foram de 38,67% para Formações Florestais, seguido por 28,16% de Vegetação Campestre, 25,16% de uso com Uso Antropizado, 5,93% de Mancha Urbana, 1,41% de Corpos Hídricos e 0,68% de Solo Descoberto.

Observa-se que, em 5 anos, a microbacia apresentou perda de biomassa verde em torno de 2,38% e crescimento quase inexpressivo da mancha urbana (0,20%). O percentual de solos descobertos ao longo da área da bacia diminuiu consideravelmente entre 2006 e 2011, passando de 5,96% para 0,68%, o que pode ser um indício da ocupação do solo por plantios de soja, tendo em vista que o monocultivo ganhou força na região a partir deste período (BARBOSA e SOUZA, 2013).

Para o ano de 2016, o percentual de formações florestais continuou a diminuir e totalizou 35,40% de toda a área da microbacia. Quanto a vegetação campestre, também houve um decréscimo considerável no percentual, passando de 28,16% para 22,62%, semelhante ao registrado para o ano de 2006. Observou-se que entre os anos de 2011 e 2016 o percentual da mancha urbana dentro da microbacia praticamente dobrou, passando de 5,93% em 2011 para 10,12% em 2016, sendo um reflexo do crescimento econômico vivenciado pela região com a instalação de indústrias de variados segmentos e a chegada de demandas populacionais de outros estados brasileiros (OLIVEIRA, 2009).

Em 2021 o percentual de solo descoberto teve uma redução em relação a 2016, passando de 2,31% a 1,92%, podendo estar relacionado a um período de novos plantios ou ainda de retorno do crescimento da vegetação nativa após incidência de alguma queimada que ocorre em certas épocas do ano na região.

Porém ao comparar o ano de 2024 em relação a 2021, observa-se uma redução das áreas de solo descoberto, podendo isto ter sido motivado pelo período novo cultivo de soja nestas áreas. Ao analisar outras feições destes anos, percebe-se que houve um aumento no percentual da área de formações florestais, de 32,25% para 41,11%, e ao mesmo tempo uma redução da vegetação campestre, de 35,52% para 25,16%, aparentemente se justificando pela possibilidade de que a ferramenta de classificação supervisionada ter classificado certas áreas no último ano como uma classe diferente do ano anterior.

A área de agropecuária da microbacia foi um dos percentuais que não apresentaram quedas ao longo da análise temporal dos anos de 2006 a 2016, crescendo cerca de 4,63% ao longo dos 10 anos. Já nos anos de 2021 e 2024, estas áreas apresentara um resultado diminutivo em relação aos três anos anteriormente analisado, tendo como um dos motivos a transformação de algumas áreas antigamente ocupadas pela agropecuária estarem agora ocupadas por áreas urbanas e ainda também pelo aumento de áreas classificadas como florestas e vegetação campestre.

Por fim, tem-se um crescimento contínuo da área de mancha urbana no decorrer de todos os anos estudados, algo já esperado, por estar ligado ao desenvolvimento das cidades junto com o crescimento populacional e do aumento das atividades econômicas mais urbanas, que tendem a fazer com que mais pessoas se desloquem para morar nos centros urbanos.

7 CONCLUSÕES

A análise qualitativa dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego São João, juntamente com as informações obtidas na literatura, possibilitou melhor compreensão e visualização da dinâmica antrópica ao longo de toda a microbacia ao longo do período estipulado. Dentre as classes temáticas consideradas na análise, agropecuária, mancha urbana e solo descoberto se destacaram por apresentarem as maiores variações, no período de 18 anos: Formações Florestais (+0,06%), Vegetação Campestre (+2,81%), Corpos Hídricos (-0,34%), Mancha Urbana (+6,26%), Solo Descoberto (-4,79%) e Agropecuária (-3,99%).

Além de ser importante destacar que a eficácia das geotecnologias depende não apenas de boas fontes de dados, mas também de uma compreensão aprofundada do problema estudado para gerar análises mais expressivas. O conhecimento multidisciplinar é crucial para otimizar as potencialidades dessas ferramentas. A integração de dados em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) impulsiona a interpretação eficaz de uso e ocupação do solo em grandes áreas, sendo possível a análise temporal e espacial das diferentes alterações que ocorreram na área de estudo.

Porém, ao utilizar essa metodologia de classificação é importante ter muita atenção nas escolhas das amostras de treinamento, pois os resultados podem divergir significativamente dependendo da qualidade do treinamento dado à ferramenta. Foi percebido isso principalmente ao classificar áreas urbanas, pois a cidade em questão não possui uma densidade urbana tão alta, sendo facilmente encontrado agrupamento de vários pixels dentro destas áreas com características de solo exposto ou vegetação, causando confusão no momento do processamento e classificação do resultado. Sendo uma alternativa para solução disto a seleção de mais amostras na etapa de treinamento, ou exclusão de amostras para melhoria do conjunto das já selecionadas.

Portanto, a ferramenta se mostrou eficaz desde que devidamente executados as etapas da classificação e adequadamente treinadas as amostras para a obtenção de resultados mais fidedignos possíveis, lembrando que é impossível a classificação totalmente correta de todos os pixels da imagem, e provou assim ser qualificada para

aplicação em grandes áreas de estudo, economizando tempo e facilitando a análise de diferentes tipos de feições, podendo então ser utilizada para diversas finalidades.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de; VALLADARES, Gustavo Souza. **Geografia, Geotecnologia e Planejamento Ambiental**. Geografia (Londrina), v. 22, n.1, p. 117-138, 2013.
- ARRAES, Christiano Luna; ROCHA, Agmon Moreira; MORAES, Rafael Aldighieri; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; RODRIGUES, Flavia Mazzer; ZANATA, Marcelo. **Estimativa da taxa de desmatamento do município de Bannach, Pará – Amazônia Legal, utilizando imagens Landsat5/TM**. Revista de Ciências Agrárias. Lisboa, v. 33, n. 2 p. 231-243, 2010.
- AZEVEDO, Adriana Rodrigues; SANTOS, João Roberto; GAMA, Fábio Furlan; GRAÇA, Paulo Maurício Lima de Alencastro; MURA, José Cláudio. **Caracterização de uso e cobertura da terra na Amazônia utilizando imagens duais multitemporais do COSMO-SkyMed**. Revista Acta Amazônica. Manaus, v. 44, p. 87 – 98, 2014.
- BACANI, Vitor Matheus; SAKAMOTO, Arnaldo Yoso; LUCHIARI, Ailton; QUÉNOL, Hérve. **Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica**. Mercator, v. 14, n. 2, p. 119 – 135, 2015.
- BARBOSA e SOUSA, Lucas; PINTO, Paulo Henrique Pereira; AZEVEDO, Patrícia Souza; SILVA, Aion Angelu Ferraz. **Planejamento urbano e participação popular: uma análise do Plano Diretor de Porto Nacional (TO)**. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium, v. 4, n. 1, p. 12-26, 2013.
- BESSA, Kelly; CORADO, Vanessa Ribeiro. **A dinâmica recente do segmento de rede urbana no Tocantins: as implicações da construção de Palmas para Porto Nacional**. GeoTextos, v. 7, n. 1, p. 31 – 57, 2011.
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193 p.
- CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C. S.; CARVALHO JUNIOR, W. **Estudo geoambiental do município de Bom Jardim - RJ, com suporte de geotecnologias: subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas**. Sociedade & Natureza, v.22, p.55-73, 2010.
- CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO. 1998. p. 59-88.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2022. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/porto-nacional/panorama>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- DA SILVA, Jorge Xavier. **Geoprocessamento no apoio à decisão**. Revista Continentes – UFRRJ, v. 5, n. 9, p. 105 – 115, 2016.

INPE. **TOPODATA**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 2023.

J Zanetti, JS Gripp, IO Ferreira, N das Graças Medeiros - **Anais do Seminário Científico do UNIFACIG**, 2015. Disponível em: <https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/249/223>. Acesso em: 01 mar. 2024.

LATORRE, Marcelo Lopes; JUNIOR, Osmar Abílio de Carvalho; SANTOS, João Roberto; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. **Integração de dados de sensoriamento remoto multiresoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão**. Revista Brasileira de Geofísica, v.25, n.1, p 63-74, 2007.

MAPA. **Landsat**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 14 abr. 2024.

MENDONÇA, R. A. M.; BERNASCONI, P.; SANTOS, R.; SCARANELLO, M. **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: Experiências na Amazônia Meridional** - Disponível em: <http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/uso-das-geocnologias-paragest%C3%A3o-ambiental.pdf>, 2011. Acesso em: 23 dez. 2023.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425 p.

NASA. **Landsat 8**. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

NASCIMENTO, Núbia Nogueira; BALSAN, Rosane. **Discurso sobre o processo de tombamento do centro histórico de Porto Nacional – TO**. CULTUR, v. 11, n. 2, p. 109 – 135, 2017.

OLIVEIRA, Sebastião de Souza. **PORTO NACIONAL: de Porto Real a Espaço Periférico de Palmas – TO**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia. Fundação Universidade Federal de Goiás, 2009. 182 p.

SANTOS, Danielle Ivana Pereira; ARAÚJO, Érica de Oliveira; PAGANI, Pâmela Cristina Patrício; PAGANI, Caio Henrique Patrício; ARAÚJO, Marcel Eméric Bizerra; NEGRÃO, Marcelo Pires. **Análise multitemporal de uso e ocupação do solo do núcleo inicial do projeto integrado de colonização Paulo de Assis Ribeiro no município de Colorado do Oeste – RO**. Caderno de Geografia, v. 25, n. 43, p. 34 – 51, 2015.

SANTOS, J. **Delimitação de bacias hidrográficas com TauDEM**, 2015. Disponível em: <https://qgisbrasil.org/2015/04/10/qgis28-delimitacao-de-bacias-hidrograficas-com-taudem/>. Acesso em dez. 2023.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE (SEPLAN). **Anuário Estatístico do Estado do Tocantins**. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

SILVA, B. S. G., 2004. **Delimitação automática de bacias usando o programa TAUDEM/MAPWINDO**. Nota Técnica –Ministério da Ciência e Tecnologia, INPE, São José dos Campos.

United States Geological Survey (USGS). **Common Landsat Band RGB Composites**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/images/common-landsat-band-rgb-composites>. Acesso em: 14 mar. 2024.

WU, W.; LIU, H.; DAI, H.; LI, W.; SUN, P. **The management and planning of citrus orchards at a regional scale with GIS**. Precision Agriculture, v. 10, p. 247-261, 2009.

ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento**: conceitos e definições. Revista de Geografia PPGEU UFJF, v. 7, n. 2, p. 195 – 201, 2017.