
Utilização dos dados do Cadastro Ambiental Rural na análise de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente

Use of data from the rural environmental registry for analysis of land use conflicts in permanent preservation areas

Utilización de los datos del catastro ambiental rural en el análisis de conflictos de uso del suelo en áreas de preservación permanente

Leovigildo Aparecido Costa Santos

Mestrando em Recursos Naturais pela Universidade Estadual de Goiás

leovigildo@gmail.com

Resumo

As nascentes são locais em que ocorre emersão da água subterrânea de modo temporário ou perene, dando origem a canais de drenagem responsáveis por formar os cursos d'água. Por esse fato, a conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno desses locais é de extrema importância para garantir a manutenção hídrica de uma determinada região. O presente trabalho objetivou a delimitação das APPs de nascentes inseridas no município de Anápolis (GO), bem como a quantificação das áreas de conflitos de uso do solo por atividades antrópicas de acordo com a Lei n. 12.651/2012 (Código Florestal). Por meio da classificação supervisionada de imagem do satélite Landsat-8, foi gerado o mapa de uso e cobertura do solo que serviu de base para as análises dos conflitos, utilizando dados do Cadastro Ambiental Rural para a localização das nascentes. Na pesquisa, foram identificadas 372 nascentes no município, com extensão total de APPs de nascentes de 2,64 km², onde as classes predominantes foram: florestas (43,7%), pastagem (25,27%) e agricultura (20,75%). Das seis bacias hidrográficas que compõem o território de Anápolis, cinco apresentaram conflitos no uso das APPs, sendo que a classe Florestas foi superior a 50% somente em duas bacias. Foi evidenciado o não cumprimento da legislação ambiental federal em razão da ocupação indevida da categoria de APPs estudada.

Palavras-chave: Código Florestal. Áreas protegidas. Geoprocessamento. Legislação ambiental. Sensoriamento remoto.

Abstract

Springs are places where there is a temporary or perennial emersion of groundwater. These emersions originate drainage channels, which then form water courses. Therefore, the conservation of Permanent Preservation Areas (PPAs) which surround these springs is of extreme importance to guarantee the water preservation of a certain region. The present work aimed to delimit springs' PPAs among the town of Anápolis-GO, also quantify conflict areas regarding the use of the soil by anthropic activities, according to the Brazilian Forest Code. Supervised image classification from the Landsat-8 satellite generated the map of land use and coverage, which worked as the basis for the conflicts analysis. Data from the Rural Environmental Register was used to locate 372 springs, which are inserted within the municipality. The total PPAs area of springs is 2.64 km², with its predominant classes being Forests (43.7%), Pasture (25.27%) and Agriculture (20.75%). Among the six watersheds which make up the territory of Anápolis, five presented conflicts in the use of PPAs, with the Forest class being superior to 50% in only two basins. The lack of compliance with federal environmental legislation was evidenced by improper occupation of the PPAs studied.

Keywords: Forest Code. Protected areas. Geoprocessing. Environmental legislation. Remote sensing.

Resumen

Las fuentes son lugares en los que ocurre emersión del agua subterránea, de modo temporal o perenne, dando origen a canales de drenaje responsables de formar los cursos de agua, por este hecho, la conservación de las Áreas de Preservación Permanente (APPs) en el entorno de estos lugares es de extrema importancia para garantizar el mantenimiento hídrico de una determinada región. El presente trabajo objetivó la delimitación de las APPs de fuentes insertadas en el municipio de Anápolis-GO, así como la cuantificación de las áreas de conflictos de uso de la tierra por actividades antrópicas en desacuerdo con el Código Forestal brasileño. Por medio de la clasificación supervisada de imagen del satélite Landsat-8, se generó el mapa de uso y cobertura del suelo que sirvió de base para los análisis de los conflictos, datos del Catastro Ambiental Rural fueron utilizados para la localización de los manantiales. En la investigación, se descubrió que 372 fuentes se insertan en el municipio de Anápolis, que el área total de las APPs es de 2,64 km², donde las clases predominantes fueron Bosques (43,7%), Pasto (25,27%) y Agricultura (20,75%). De las seis cuencas hidrográficas que componen el territorio de Anápolis, cinco presentaron conflictos en el uso de las APPs, la clase Bosques fue superior al 50% solamente en dos cuencas. Se evidenció el no cumplimiento de la legislación ambiental federal por medio de la ocupación indebida de la categoría de APPs estudiada.

Palabras Clave: Código Forestal. Áreas protegidas. Geoprociamiento. Legislación ambiental. Detección remota.

Introdução

A expansão das áreas produtivas, o aumento dos aglomerados urbanos, a exploração dos recursos naturais, as atividades de mineração e outras atividades que visam suprir as necessidades humanas provocam rápidas alterações na cobertura do solo que, aliadas ao desenvolvimento contínuo e mal planejado, geram diversos impactos ambientais e socioeconômicos (SANTOS et al., 2017). De acordo com Alves et al. (2015), um dos grandes desafios do homem, no que diz respeito à conservação ambiental, tem sido

reunir esforços e recursos para a preservação e recuperação de áreas, consideradas estratégicas para a manutenção e conservação dos recursos naturais, das quais vários ecossistemas são dependentes, como exemplo temos as Áreas de Preservação Permanente (APPs).

As APPs desempenham importante papel dentro de uma bacia hidrográfica, por serem responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes (MAGALHÃES; FERREIRA, 2000), são áreas localizadas às margens dos rios, entorno de nascentes, córregos, lagos, represas e outros corpos d'água em faixas de largura variável, nas encostas íngremes, topos de morro, além de outros locais especificados pelo Código Florestal (Lei 12.651/2012), que define limites obrigatórios a serem respeitados, predominantemente com cobertura de vegetação nativa que deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou pessoa jurídica, de direito público ou privado (BRASIL, 2012).

Na legislação brasileira, o conceito de nascente foi definido pela Resolução nº 303 de 2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente como sendo o local de afloramento natural, mesmo que de forma intermitente, da água subterrânea (BRASIL, 2002). Felipe (2009), em uma definição mais abrangente, destaca que as nascentes, também conhecidas como minadouros ou olhos d'água, são locais em que ocorre emersão da água subterrânea, de modo temporário ou perene, dando origem a canais de drenagem responsáveis por formar os cursos d'água. As áreas de preservação permanente (APP) no entorno desses locais têm como funções ambientais a preservação da paisagem, proteção dos recursos hídricos, viabilização do fluxo gênico da fauna e flora, proteção do solo por atuar como dissipadora de energia erosiva e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). A remoção da vegetação nativa dessas áreas para a ocupação com atividades agropecuárias ou construções pode comprometer os recursos hídricos de uma determinada região.

O Código Florestal, no inciso IV de seu artigo 4º, define a metragem necessária obrigatória à APP de nascentes e dos olhos d'água perenes, em qualquer que seja sua situação topográfica, como sendo de raio mínimo de 50 (cinquenta) metros, ou seja, aproximadamente 7.854 m² de área de preservação (BRASIL, 2012). Porém, mesmo após seis anos de aprovação da referida Lei, ainda há casos de usos conflitantes nessas áreas.

Com a finalidade de facilitar o monitoramento ambiental no país, o Código Florestal, em seu artigo 29 criou o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que, tem a finalidade de integrar informações ambientais referente a todas as propriedades e posses rurais do país, constituindo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012). Os dados do CAR são conferidos em campo pelos cadastradores, sendo posteriormente depositados em plataformas eletrônicas ligadas ao Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (Sinima).

Em novembro do ano de 2016 o governo federal lançou a plataforma eletrônica do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, onde são disponibilizadas para acesso em módulo de consulta pública os dados georreferenciados do CAR para as categorias APPs, área consolidada, área de pousio, hidrografia, localização de nascentes, áreas de uso restrito, servidão administrativa e área total de cada imóvel já cadastrado. Tais informações possibilitam a realização de diversas análises ambientais, entre elas o monitoramento ambiental de áreas protegidas com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Uma das formas de fiscalizar a ocupação de espaços protegidos, como as APPs no entorno de nascentes, é a utilização de técnicas de sensoriamento remoto. De acordo com Lindner et al. (2004), quando aplicado à uma área de estudo, tais técnicas possibilitam a obtenção de dados básicos que contemplam aspectos de cobertura vegetal, delimitação de áreas e localização georreferenciadas de atividades agropecuárias potencialmente causadoras de degradação ambiental, servindo de base para a gestão territorial e fiscalização do cumprimento ou não da legislação vigente. Desta forma, as informações produzidas são dispostas em mapas temáticos e podem fornecer subsídios técnicos para a tomada de decisões, visando ações preservacionistas, de recuperação e fiscalização ambiental.

Nos últimos anos a região central de Goiás, onde está inserido o município de Anápolis, vem enfrentando diversos problemas relacionados à falta d'água para abastecimento público, mostrando a necessidade de uma melhor gestão dos recursos hídricos regionais. Diante dessa situação, as nascentes desempenham importante papel para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, bem como para o fornecimento de água necessário ao consumo e realização de diversas atividades humanas. As análises de

conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente se fazem necessárias a fim de se obter informações sobre o panorama atual do cumprimento (ou não) da legislação ambiental vigente e propor medidas para mitigar os impactos da ocupação ilegal de tais áreas.

A partir do exposto, o presente trabalho objetivou a delimitação das APPs de nascentes inseridas no município de Anápolis-GO, bem como a quantificação das áreas de conflitos de uso do solo por atividades antrópicas de acordo com a Lei 12.651/2012 (Código Florestal).

Material e métodos

Área de estudo

O município de Anápolis está localizado na Microrregião de Anápolis e Mesorregião do Centro Goiano, entre as coordenadas geográficas 16°05'30" e 16°29'49" de latitude sul e 48°45'14" e 49°13'17" de longitude oeste, distante 54 km da capital, Goiânia, e a 146 km da capital federal, Brasília (Figura 1).

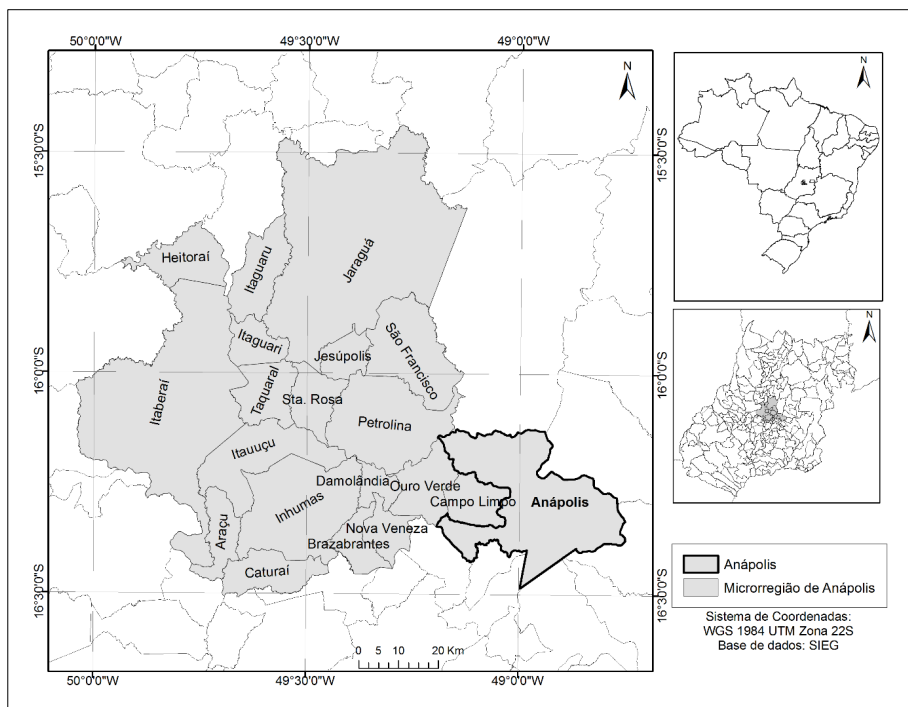


Figura 1 – Localização do município de Anápolis, Goiás

A área territorial do município é de 933,156 km², com população estimada em 375.142 habitantes, sendo que, mais de 90% deste total reside em área urbana (IBGE, 2018). A região está sob domínio do bioma Cerrado e, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, apresenta clima do tipo Aw, tropical de inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 24°C e precipitação média de 1.853 milímetros.

Base de dados

Foram utilizadas imagens fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que, disponíveis no endereço <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>, são provenientes do sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat-8, com data de passagem em 11/09/2017 e órbita/ponto 222/71. A data da imagem foi escolhida de acordo com o período de estiagem na região, com o objetivo de se trabalhar com cenas em que a cobertura por nuvens fosse baixa (aproximadamente 10%).

De acordo com o *United States Geological Survey*, o sensor OLI é caracterizado por uma resolução temporal de aproximadamente 16 dias, resolução espacial de 30m para as bandas do visível, 15m para banda pancromática, resolução espectral de 9 bandas abrangendo uma faixa total do espectro eletromagnético de 0,43 μm a 1,390 μm (USGS, 2013). Tais especificidades do sensor OLI garantem a geração de imagens aptas à utilização em mapeamentos do uso e cobertura da terra, como é destacado por Silva e Bacani (2017) em análise da cobertura vegetal do município de Aquidauana (MS).

As bandas 4 (0,630 – 0,680 μm), 5 (0,845 – 0,885 μm) e (1,560 – 1,660 μm), foram consideradas para compor a visualização em falsa cor RGB (*red-green-blue*), na sequência 6R, 5G e 4B. A composição RGB na sequência escolhida facilita a interpretação das feições presentes na imagem, com limites entre solo e água bem definidos, vegetação bem discriminada, aparecendo em tonalidades verde-rosa (VAEZA et al., 2010; NUNES; CONCI, 2007).

Para a localização das nascentes foram utilizados arquivos vetoriais em formato *shapefile*, produtos do Cadastro Ambiental Rural (CAR) das propriedades rurais de Anápolis, disponibilizados gratuitamente para

download no módulo de consulta pública do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) com data de atualização de 30/01/2018 (SICAR, 2018). Esses arquivos são obtidos em forma de pontos, georreferenciados, oriundos do registro em campo realizado por profissionais que atuam no cadastramento ambiental e depositam os dados cadastrais no sistema SICAR.

Para delimitação das bacias hidrográficas que integram o município de Anápolis foram utilizados arquivos vetoriais em formato *shapefile* disponibilizados pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) do estado de Goiás.

Processamento das imagens

No *software* ArcGIS versão 10.2 todos os arquivos foram reprojatados para o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 22S, datum planimétrico WGS 1984 (*World Geodetic System 84*). De acordo com Santos (2014), o sistema UTM é o mais indicado quando se quer trabalhar com áreas de extensões que não ultrapassam mais de dois fusos, ainda, apresenta menores distorções e melhor exatidão com as medidas reais, pois, os dados são gerados em metros.

Após reprojatadas as imagens do sensor OLI (Landsat-8) foram convertidas do formato *TIF (formato nativo) para *HDR para serem trabalhadas no *software* ENVI (*Environment for Visualizing Images*) versão 5.0, tendo em vista que este formato é mais adequado para processamento no aplicativo. Como as imagens fornecidas pelo INPE já são georreferenciadas, a etapa de registro não se fez necessária.

No ENVI, empregando-se a ferramenta *Layer Stacking*, prosseguiu-se para a composição da falsa cor RGB (*red, green, blue*) da imagem. Essa ação consiste no empilhamento de três bandas espectrais para a formação de uma imagem de composição colorida que facilite a percepção ao olho humano (RUDORFF et al., 2007), visto que as imagens provenientes de satélites são fornecidas em tons de cinza, o que as torna de difícil interpretação visual.

Ainda se aplicou uma máscara para recorte da imagem nos limites do município de Anápolis, a fim de se trabalhar somente com a área de interesse. Para tanto, empregou-se a ferramenta *Masking*, disponível no ENVI.

Classificação das imagens

Optou-se pelo método de classificação supervisionada, que é empregado quando se pretende classificar a imagem em classes de interesse pré-fixadas, nesse processo o analista escolhe pequenas áreas de amostras na imagem, contendo poucas centenas de pixels que sejam bem representativos, espectralmente, de padrões ou feições dos alvos por ele reconhecidos, ou que podem ser identificados com a ajuda de outras fontes, tais como dados coletados no campo ou de mapas (MENESES; SANO, 2012). O método empregado foi o da Máxima Verossimilhança (MaxVer), pois, de acordo com Facco et al. (2017), esse é um dos métodos de classificação supervisionado mais comuns, onde é considerada a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes e o pixel, utilizando parâmetros estatísticos, isto é, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe.

A etapa de classificação foi antecedida pelo treinamento, que consiste na obtenção de amostras de pixels de classes pré-definidas, de modo que o algoritmo de classificação seja treinado para identificar e agrupar os pixels, dentro das classes correspondentes, da melhor forma possível. Esta etapa foi realizada no ENVI e consistiu na definição de regiões de interesse (ROIs). Para tanto, foram observadas algumas características que facilitassem a distinção entre as classes, como a cor, textura e forma dos alvos. Foram amostrados em média 50 polígonos por classe e o mínimo de 5.000 pixels para cada uma, na imagem a ser classificada.

As classes do mapeamento foram definidas tendo como base uma visualização prévia e detalhada das imagens, com apoio do *software Google Earth*, que conta com imagens atualizadas do período que é foco do estudo. Assim, a legenda de classes estabelecida para a classificação supervisionada foi:

- Agricultura: alvos apresentam coloração verde mais claro que a vegetação nativa, formas geométricas e textura uniforme.
- Água: tonalidade que vai do azul claro ao escuro, dependendo da profundidade do corpo hídrico. Apresenta formato linear (rios e córregos), ou circulares (lagos, lagoas, etc.), a textura apresenta pouca variação.

- Área urbana: coloração em tons de azul e roxo ocorre em núcleos ou aglomerados, é perceptível a regularidade de ruas e quarteirões, facilmente identificados em imagens de média a alta resolução.
- Florestas: coloração verde de tons claros a escuros, mais claros quando associada aos cursos d'água e elevações do relevo, mais escuros quando em locais menos acidentados e entre os cursos d'água, textura variada no que parecem ser formações savânicas.
- Pastagem: as pastagens cultivadas apresentam coloração em tons de vermelho, formato regular.
- Queimadas: formato irregular e coloração do cinza ao preto, a textura varia como uma escala entre as duas cores. Os algoritmos podem confundir as cicatrizes de queimada com a água, quando os corpos d'água são profundos, ou com aglomerados urbanos muito adensados. Porém, normalmente as cicatrizes de queimadas estão associadas com áreas de cultivo ou pastagem, sendo de fácil correção na pós-classificação.
- Solo exposto: a coloração segue normalmente padrões de tonalidades brancas, cinzas e rosas, porém, também foi identificado solo nu com coloração amarelada, visto que a cor visível na imagem depende também dos constituintes químicos do solo. As formas podem ser geométricas (em áreas de plantio abandonadas ou entre safras), de textura uniforme, ou desuniforme, quando a coloração em uma mesma mancha varia do branco até tons de rosa.

A confiabilidade da classificação digital foi avaliada a partir da matriz de confusão das amostras das áreas de treinamento, índice de Kappa e acurácia global, tendo como base a metodologia de interpretação e validação proposta por Meneses e Sano (2012) e aplicada por Cattani et al. (2013) e Nery et al. (2013). Como parâmetro de qualidade e confiabilidade da classificação, assumiu-se um índice de Kappa e acurácia global com valores de, no mínimo, 90%.

Os mapas resultantes das classificações foram vetorizados e convertidos para o formato *shapefile*, para realização das etapas de pós-classificação, elaboração dos mapas finais e análises estatísticas no ArcGIS 10.2.

Análises dos conflitos de uso e ocupação do solo nas APPs

No ArcGIS 10.2 os pontos e formato *shapefile* referentes às nascentes e obtidos do SICAR, foram cruzados com o polígono do município de Anápolis para que fosse obtido o número exato de pontos dentro da área de interesse, para tanto, empregou-se a ferramenta *Intersect*. Ao todo, foram contabilizadas 372 nascentes já georreferenciadas no Cadastro Ambiental Rural. A próxima etapa consistiu em criar zonas circulares no entorno das nascentes, de forma que fossem obtidas as áreas exatas de APP em cada uma. Para isso, empregou-se a ferramenta de geoprocessamento *Buffer*, sendo criados *buffers* circulares de 50 m de raio no entorno de cada ponto, largura exigida pelo Código Florestal brasileiro (BRASIL, 2012). Em casos de nascentes próximas, onde ocorreram sobreposições de área entre as APPs, foi aplicada a ferramenta *Merge* de modo a unir as áreas e excluir as sobreposições que poderiam influenciar os resultados (Figura 2).

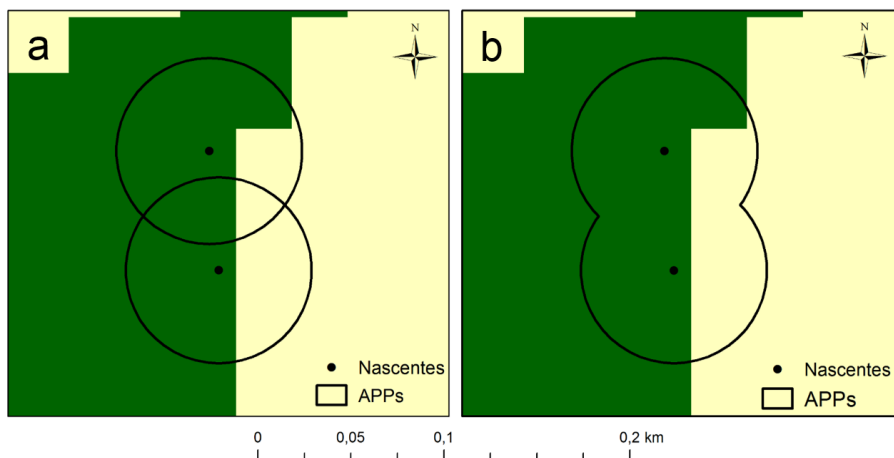


Figura 2 - Correção da sobreposição das zonas de APPs com utilização da ferramenta Merge

Legenda: a - zonas de APPs apresentando sobreposição de áreas, gerando resultados superestimados e diferentes do real; b: sobreposição corrigida pela ferramenta Merge, as duas zonas de APPs passam a integrar uma só área para os cálculos, gerando resultados corretos.

Depois de geradas as APPs, os arquivos vetoriais dos *buffers* foram sobrepostos ao mapa de classificação do uso e cobertura do solo. Com a ferramenta de geoprocessamento *Clip*, extraiu-se as informações das classes inseridas nos limites das áreas de preservação permanente. Assim, foi possível quantificar somente as classes inseridas onde, de acordo com o Código Florestal, deveria estar preservado com vegetação nativa. As classes

consideradas conflitantes nas APPs foram: Solo exposto, Agricultura, Área urbanizada, Queimadas e Pastagem. A classe Florestas foi considerada adequada e, a classe Água foi excluída da análise.

As tabelas de atributos contendo informações quantitativas das APPs foram exportadas em formato compatível com o *software* Excel, onde, foram organizadas em matrizes para a realização dos cálculos de área total e percentual ocupado por cada classe do mapeamento.

Resultados e discussão

Área total do município de Anápolis

Como principal resultado da classificação foi obtido o mapa de uso do solo, com acurácia global de 94,6% e índice de Kappa de 0,93 (93%) para a imagem classificada, o que, de acordo com o proposto por Moreira (2001), indica uma classificação de excelente qualidade. O valor do índice de Kappa obtido no presente mapeamento se mostrou superior aos encontrados por Cattani et al. (2013) e Nery et al. (2013), de 0,86 e 0,74, respectivamente, em que também foi empregado o método de classificação da Máxima Verossimilhança (Figura 3).

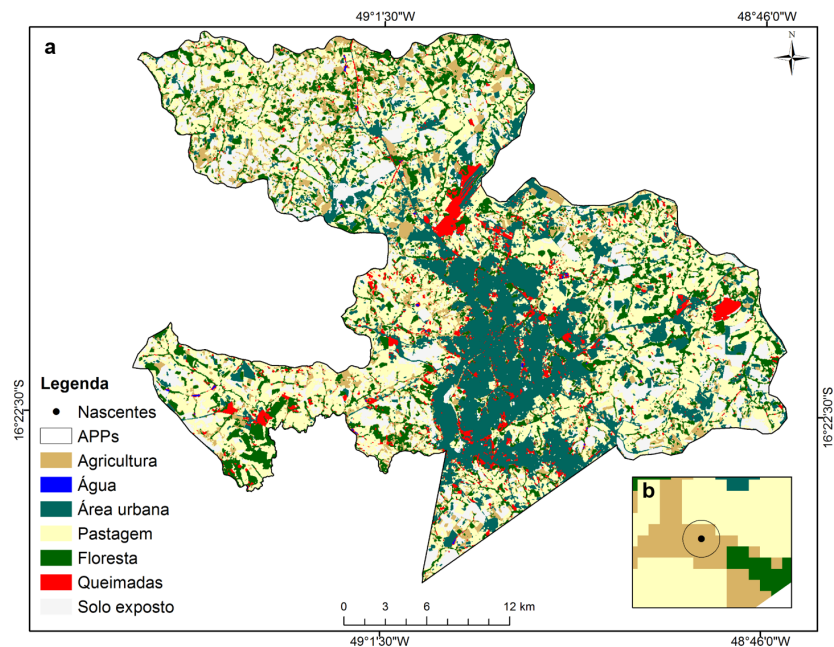


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Anápolis para o ano de 2017

Legenda: a - mapa de uso e ocupação do solo para a área total do município, b - exemplo de APP com presença de classes conflitantes, ocupada por agricultura e pastagem. Elaborado pelo autor, 2018.

Da área total do município (933,156 km²), a classe que ocupa as maiores extensões é Pastagem (37,3%), seguida, em ordem decrescente, por Área Urbana (20,46%), Florestas (14,66%), Solo Exposto (14,18%), Agricultura (9,44%), Queimadas (3,9%) e, por último a classe Água, ocupando somente 0,076% (Tabela 1).

TABELA 1

Resultado da classificação supervisionada para o uso e ocupação do solo no município de Anápolis para o ano de 2017.

Classes de uso do solo	Área em km ²	Percentual relativo à área municipal
Agricultura	88,37	9,44
Água	0,71	0,08
Área urbana	191,61	20,47
Pastagem	348,97	37,27
Florestas	137,27	14,66
Queimadas	36,48	3,90
Solo exposto	132,79	14,18
Total	936,21*	100,00

*Área do *shapefile* disponibilizado pelo SIEG foi de 3,5 km² maior que a oficial IBGE.

Dados do Instituto Mauro Borges (IMB) para o ano de 2006 indicam que a área ocupada por pastagens no município de Anápolis naquele ano era de 352,86 km², pelos resultados do presente estudo evidencia-se que houve uma redução de 3,89 km² ocupados pela classe Pastagem em um período de onze anos (IMB, 2016). No que se refere à classe Agricultura os dados do IMB apontam que naquele ano havia 96,64 km² ocupados, pelo presente mapeamento foram encontrados 88,37 km², indicando uma redução de 8,27 km², o que não é expressivo se for levado em conta que na classe Solo exposto são incluídas também áreas agrícolas desocupadas no período entre safras.

Morais, Silva e Nascimento (2010), em mapeamento de uso do e cobertura do solo também para o território de Anápolis, verificaram que aproximadamente 21% da área total do município era ocupada por áreas urbanas, o que corrobora com o presente estudo e indica não ter havido

grande variação em área ocupada por esta classe entre os anos de 2007 e 2017. Os autores verificaram também que em 2007 a área ocupada por cobertura florestal original representava 22% do total do município. No presente estudo o percentual foi de 14,66% para a mesma classificação, mostrando diminuição de 7,34% dessas áreas para um período de dez anos.

A área inserida na classe Queimadas se justifica pelo fato de que o mês de aquisição das imagens pelo sensor OLI é historicamente o período de maior ocorrência de queimadas e incêndios florestais para o estado de Goiás (INPE, 2018). No município de Anápolis não existem grandes reservatórios de água, como os utilizados para geração de energia hidrelétrica, nem rios caudalosos, o que justifica o pequeno percentual ocupado pela classe Água e ressalta a importância de estudos direcionados às áreas de preservação permanente.

Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes

Ao todo, as áreas de APPs no entorno de nascentes ocupam uma área de 2,645 km², ou 0,3% do total do território municipal. Desta área, 43,7% é ocupado pela classe Florestas, 25,27% por Pastagem, 20,75% por Agricultura, 5,5% de Solo exposto, 3,04% por Queimadas, 1,7% por Área urbana e 0,015% por Água (Tabela 2).

TABELA 2

Área ocupada por cada classe de uso e ocupação do solo nas APPs analisadas.

Classes de uso do solo	Área (km ²)	Área (%)
Agricultura	0,549032833	20,75703321
Água	0,000387604	0,014653985
Área urbana	0,044980397	1,700553287
Pastagem	0,668356489	25,2682481
Queimadas	0,080407433	3,039927034
Solo exposto	0,145514567	5,50140267
Florestas	1,156365504	43,71818171
Total	2,645044826	100

Os resultados obtidos evidenciam um cenário em desacordo com a legislação federal, indicando como principais classes conflitantes Pastagem, Agricultura e Solo exposto, Pereira et al. (2014), em uma análise temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Piancó, em Anápolis, constataram que as mesmas classes representavam os principais conflitos nas APPs das bacias. Tsujii et al. (2014), analisando o uso e ocupação do solo em APPs de Rio Verde e Jataí, no Sudoeste Goiano, também observaram que as principais classes conflitantes foram Agricultura e Pastagem para os dois municípios.

A ocorrência de queimadas nas APPs pode estar ligada ao fato da ocupação dessas áreas por pastagem, visto que o fogo ainda é muito utilizado para renovação dos pastos. Queimadas consecutivas podem provocar a morte de espécies florestais, ocasionando em uma abertura da vegetação e aumento do efeito de borda, possibilitando o estabelecimento de uma vegetação mais baixa e rala, diminuindo a proteção do solo e, conseqüentemente das nascentes. Das 372 nascentes encontradas no município de Anápolis, somente 33 estão inseridas no perímetro urbano, isso explica o pequeno percentual de conflitos (1,7%) de ocupação do solo pela classe Área urbana na categoria de APPs analisada.

O fato de grande parte das APPs estarem sendo utilizadas como pastagem é preocupante, pois o pisoteio causado pelo gado é extremamente impactante aos cursos d'água, uma vez que compacta o solo, dificultando a infiltração, facilitando o desenvolvimento de erosões, além da redução das taxas de regeneração natural. Pinto e Rossete (2012) argumentam que quando nascentes ou rios não possuem mata ciliar em um comprimento considerável, eles se tornam suscetível a processos erosivos. Uma das conseqüências da falta de vegetação é o assoreamento. Assim, os sedimentos são carregados para dentro do curso d'água, provocando diminuição da profundidade e aumento da sua margem. Quando isso ocorre em nascentes pode ocorrer o soterramento e impedimento da emersão da água subterrânea.

De acordo com Pinto e Rossete (2012), atividades agrícolas inseridas dentro das APPs tornam-se impactantes quando se trata de conservação dos recursos hídricos, da flora e fauna associadas, por ser uma atividade que

necessita da retirada de toda a vegetação, altera a permeabilidade do solo, facilita a erosão, além de que podem ser fontes de poluição do solo e da água por meio da contaminação por produtos químicos e insumos agrícolas. Venâncio (2014) destaca que apesar da reconhecida importância ecológica, as áreas de preservação permanentes continuam sendo eliminadas, cedendo lugar para a especulação imobiliária, para a agropecuária e na maioria dos casos sendo transformadas apenas em áreas degradadas, sem qualquer tipo de atividade produtiva. Ainda, além do impacto ao meio físico, o desmatamento e conversão dessas áreas para vegetações exóticas como pasto e culturas agrícolas, influenciam diretamente a quantidade de radiação que incide na nascente, alterando assim toda uma dinâmica ecológica existente, diminuindo a deposição de galhadas e frutos que servem de abrigos e alimentos para biota aquática.

Trabalhos como os de Pinto e Rossete (2012) que mapearam o uso da terra em áreas de preservação permanente de uma bacia hidrográfica do Mato Grosso; Pereira et al. (2014), em estudo espaço-temporal do uso da terra na bacia do Ribeirão Piancó, em Anápolis; Tsujii et al. (2014), estudando o uso e a ocupação de APPs no Sudoeste Goiano, e Alves et al. (2015), na avaliação de conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Formoso, em Tocantins, evidenciaram o não cumprimento do Código Florestal brasileiro no que diz respeito às APPs de corpos hídricos e nascentes, demonstrando o descaso em relação à legislação e ao meio ambiente, o que, de fato, foi evidenciado também no presente estudo.

Conflitos de uso do solo em APPs de nascentes nas principais bacias hidrográficas onde se insere o município de Anápolis

Com a intersecção entre o *shapefile* das APPs e das bacias hidrográficas onde se insere o município em estudo, foi possível quantificar os conflitos de uso do solo por bacia, o que, pode servir de direcionamento de ações de fiscalização, recomposição florestal e/ou restauração ecológica dessas áreas (Figura 4).

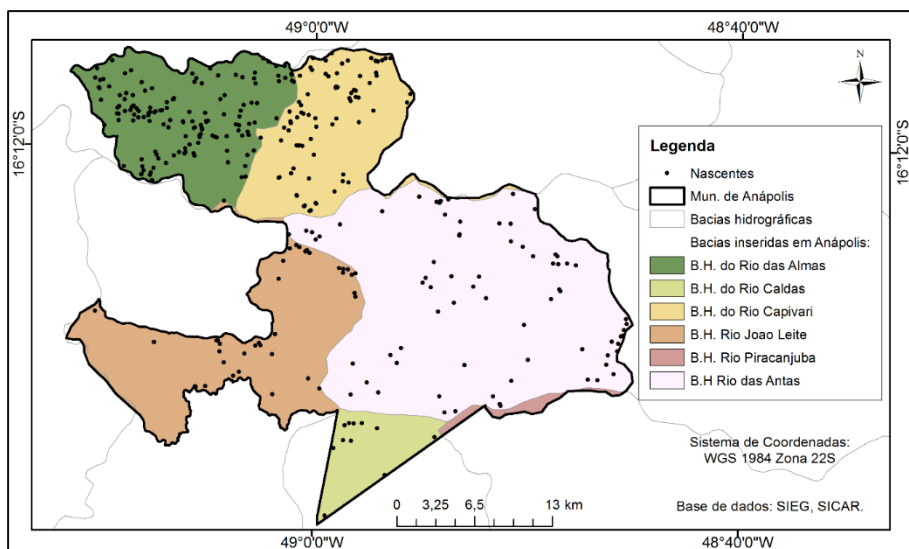


Figura 4 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Anápolis para o ano de 2017

A bacia hidrográfica com o maior número de nascentes foi a do Rio das Almas, seguida pela bacia do Rio das Antas, as duas juntas abrangem cerca de 59% do território municipal. Em relação às APPs, as maiores áreas foram encontradas na bacia do Rio das Almas e do Rio Capivari, a bacia do Rio das Antas ocupa a terceira colocação devido ao fato de grande parte das áreas de preservação se encontrarem na divisa de Anápolis com outros municípios, o que fez com que parte de tais áreas não fosse incluída nas análises (Tabela 3).

TABELA 3

Área total inserida no município, APPs de nascentes e quantidade de nascentes para as bacias hidrográficas que compõem o município de Anápolis.

Bacia Hidrográfica	Área inserida no município (km ²)	APPs inseridas no município (km ²)	Quantidade de nascentes
Do Rio Caldas	50,731	0,0874	13
Do Rio Capivari	136,897	0,595	80
Do Rio das Antas	398,149	0,591	89
Do Rio Joao Leite	186,87	0,281	44
Do Rio Piracanjuba	8,488	0	0
Do Rio das Almas	155,071	1,090	146
Total	936,206	2,645	372

No que se refere aos conflitos de uso do solo, foi observado que em todas as bacias hidrográficas analisadas existem APPs sendo ocupadas irregularmente por classes conflitantes, com exceção da bacia do Rio Piracanjuba, em que não foi constatada a presença de nascentes e, conseqüentemente, nem de APPs de nascentes.

Do total de área abrangida por cada bacia hidrográfica dentro do território estudado, somente as APPs de nascentes das bacias do Rio das Antas e do Rio Capivari apresentaram percentuais acima de 50% de área ocupada pela classe Floresta, indicando menor ocorrência das classes conflitantes de uso do solo. Em todas as outras bacias, a classe Floresta ocupa menos de 35% das APPs de nascentes, sendo, 25,5% na bacia do Rio das Almas, para a do Rio Caldas são 31% e, 34,35% na do Rio João Leite, indicando grande ocorrência de classes conflitantes (Tabela 4).

TABELA 4

Percentual de APPs ocupadas por classes conflitantes e Floresta para cada bacia hidrográfica, resultados referentes às áreas inseridas no município de Anápolis. (%)

Bacia Hidrográfica	Agr	ÁUr	Pas	Que	SExp	Flor	Total
Rio Caldas	12,80	3,87	33,23	16,00	3,13	30,98	100
Rio Capivari	14,44	1,81	20,59	1,09	1,64	60,36	100
Rio das Almas	32,65	0,11	30,62	0,18	10,98	25,47	100
Rio das Antas	9,41	3,64	13,97	5,37	0,66	66,95	100
Rio Joao Leite	14,33	2,90	35,72	9,36	3,34	34,36	100

Classes: Agr = Agricultura, ÁUr = Área Urbana, Pas = Pastagem, Que = Queimadas, SExp = Solo exposto, Flor = Florestas.

As informações obtidas do mapeamento ao nível de bacia hidrográfica podem facilitar o direcionamento de esforços para a restauração ecológica das áreas de preservação permanente, além disso, de acordo com Coutinho et al. (2013), o levantamento de áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido de conservação e produção hídrica e as características de uso e ocupação do solo são fundamentais neste tipo de abordagem, pois influenciam diretamente na capacidade de abastecimento dos corpos hídricos.

Coutinho et al. (2013) ressaltam que através das alterações da cobertura e perfil do solo, os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica sofrem modificações significativas em decorrência de atividades antrópicas desenvolvidas em áreas destinadas à proteção dos corpos hídricos, ocasionando em problemas diversos, como erosão, assoreamento e contaminação das nascentes, rios e córregos. Ressalta-se ainda a urgência de ações de educação ambiental da população urbana e rural, planejamento e implantação de medidas mitigadoras e de restauração ecológica das áreas de preservação permanente, além de uma melhor fiscalização destas áreas a fim de se fazer valer a legislação ambiental em vigência no país. Venâncio (2014) destaca a necessidade de que as autoridades responsáveis pela conservação ambiental adotem uma postura rígida quanto às APPs, produtores rurais e população em geral sejam conscientizados sobre a importância de conservar a vegetação natural dessas áreas, pois, somente assim haverá efetividade nos projetos de restauração ecológica.

Como alternativa de incentivo à conservação da vegetação natural de APPs, existe o pagamento por serviços ambientais (PSA), uma forma encontrada por municípios e empresas brasileiras para a conservação dessas áreas e dos recursos hídricos ao nível de bacia hidrográfica. De acordo com Bernardes e Sousa Junior (2010), o PSA é implementado por meio de políticas públicas pautadas em mecanismos de compensação flexível tendo por base o princípio do “provedor-recebedor”, no qual os fornecedores de serviços ambientais são pagos pelos beneficiários desses serviços. Como exemplos de projetos dessa ordem temos o Oasis da Fundação Grupo O Boticário, desenvolvido em municípios dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Bahia de forma a premiar financeiramente os proprietários rurais que se comprometem com a conservação de áreas naturais; Projeto Pagamento por Serviços Ambientais de Extrema (MG) que tem por objetivo fomentar a preservação de mananciais e nascentes no município através de pagamentos em dinheiro aos proprietários que adotarem práticas de conservação do solo e das matas.

Em Goiás, desde 2013 o governo estadual desenvolve o projeto Programa Produtor de Água do João Leite, incentivando com recursos financeiros pagos a quem preserva as nascentes nas propriedades rurais de 7 municípios,

abrangendo cerca de 700 nascentes. Recentemente foi aprovado o decreto estadual Nº 9130 de dezembro de 2017 que dispõe sobre o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, onde um dos objetivos é o apoio do estado às iniciativas de PSA (GOIÁS, 2017), podendo se tornar um incentivo aos municípios goianos que também queiram implantar projetos nesse sentido, inclusive Anápolis.

Futuramente, as informações levantadas neste estudo poderão servir de norteamento para visitas a campo a fim de conferir o estado físico atual das nascentes nas áreas mais afetadas por ocupação antrópica, de modo que sejam propostos e desenvolvidos os melhores métodos de restauração e conservação da vegetação natural das APPs nas diferentes situações observadas, seja ao nível municipal ou destinados a alguma das bacias hidrográficas especificadas anteriormente.

Considerações finais

O CAR se apresenta como um mecanismo inovador e uma importante ferramenta de controle e regularização ambiental. A existência de um banco de dados de acesso aberto, composto por informações georreferenciadas de todos os imóveis rurais do Brasil, representa grande avanço na legislação ambiental do país, fazendo com que os resultados do Cadastro Ambiental Rural sirvam de base para a fiscalização, combate e redução do desmatamento, permitindo que pesquisadores, poder público e população em geral se tornarem fiscais em potencial do cumprimento ou não do Código Florestal pelos imóveis rurais.

Com a metodologia utilizada, verificou-se que a maior parte das APPs do entorno de nascentes no município estudado se encontram ocupadas irregularmente por classes de uso antrópico, fato que se repete para todas as bacias analisadas. Os resultados obtidos no presente trabalho poderão servir de base para uma melhor fiscalização e à elaboração de um plano municipal de recomposição florestal das APPs, pelo fato de indicar a quantidade de áreas irregulares e onde elas se encontram dentro do território municipal.

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento que utilizam imagens de satélites constituem uma excelente ferramenta para identificação

do uso e cobertura da terra. O uso dessas ferramentas viabilizou a realização do presente estudo e possibilitou a aquisição de importantes informações sobre os conflitos de uso da terra na categoria de Área de Preservação Permanente analisada. Desta forma, constatou-se os dados provenientes do CAR para o monitoramento ambiental já é uma possibilidade concreta, devendo ser reproduzida e estimulada para que mais pesquisadores desenvolvam trabalhos e pesquisas voltados a essa temática.

As evidências do não cumprimento do artigo 4º do inciso IV da Lei 12.651/2012, o Código Florestal brasileiro, indicam que deve haver uma maior eficiência na aplicação da legislação ambiental referente às APPs, visto que, após seis anos de implantação da referida lei, ainda existem muitas áreas irregulares. Medidas de educação ambiental e fiscalização são de extrema urgência para se reverter o quadro atual, a fim de fazer valer a legislação e preservação das nascentes do município, os dados abertos do CAR poderão servir de base para a elaboração de políticas públicas nesse sentido.

Referências

ALVES, K. C. L. F. et al. Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 83, p. 271-283, 2015.

SILVA, L. F. da; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental e das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Córrego Fundo, município de Aquidauana-MS. *Caderno de Geografia [on line]*, Belo Horizonte, v.27, n.49, abr./jun. 2017.

BERNARDES, C.; SOUSA JÚNIOR, W. C. Pagamento por serviços ambientais: experiências brasileiras relacionadas à água. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPAS, 5., 2010, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ANPAS, 2010. p.1-11.

BRASIL. Resolução n. 303, de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 13 mai. 2002. Seção 1, p. 68.

_____. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 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; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 10.

CATTANI C. E. V. et al. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 8005-8010.

COUTINHO, L. M. et al. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do Rio da Prata, Castelo/ES. *Floresta e Ambiente*, v. 4, n. 20, p. 425-434, 2013.

FACCO, D. S. et al. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas. *Anais...* Campinas: Unicamp, 2017. p. 6846-6855.

FELIPPE, M. F. *Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte (MG) com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais*. 2009. 275f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

GOIÁS. Decreto n. 9130, de 29 de dezembro de 2017. Dispõe sobre o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA) e dá outras providências. *Diário Oficial Estadual*, Poder Executivo, Goiânia, GO, 29 dez. 2017.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Cidades*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/anapolis/panorama>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). *Catálogo de imagens*. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

_____. *Monitoramento de queimadas*. Disponível em:
<<http://www.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

LINDNER, E. A. et al. *Utilização de imagem LANDSAT 7/ETM+ para o estudo da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre em Joaçaba/SC, Brasil*. 2004. Disponível em:
<[http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABES%20Interamericano%202004%20\(Elfride\).pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABES%20Interamericano%202004%20(Elfride).pdf)>. Acesso em: 16 mar. 2018.

MAGALHÃES, C. S.; FERREIRA, R. M. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. *Informe Agropecuário*, n. 207, p. 33-39, 2000.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: UnB, 2012. cap.12, p.191-208.

MORAIS, R. P.; SILVA, N. C.; NASCIMENTO, A. S. Remanescentes de vegetação de Cerrado no município de Anápolis: mapeamento e análise da cobertura da terra. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE, 1., 2010, Anápolis. *Anais...Anápolis*: UEG, 2010, p. 1-11.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. São José dos Campos: Ed. INPE, 2001.

NERY C. V. M. et al. Avaliação das técnicas de classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 2, n. 6, p.211-219, 2013.

NUNES, E. O.; CONCI, A. Segmentação por textura e localização do contorno de regiões em imagens multibandas. *IEEE Latin America Transactions*, v. 5, n. 3, p. 185-192, 2007.

PEREIRA, L. S. et al. Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra do Ribeirão Piancó em Anápolis/GO. *Revista Mirante*, v. 7, n. 1, 2014.

PINTO, C. E. T.; ROSSETE, A. M. Mapeamento dos conflitos no uso da terra em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do córrego Capitão Décio, Nova Xavantina/MT. *Ciência e Natura*, v. 34, n. 2, 2012.

RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M. Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélites. *Informe Agropecuário*, v. 28, n. 241, p. 79-86, 2007.

- SANTOS, J. QGIS 2.4: Sistema de Referência de Coordenadas (SRC). 2014. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/wpcontent/uploads/2014/10/20141011_QGIS24_Sistema_de_Referencia_de_Coordenadas.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.
- SANTOS, L. A. C. et al. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 11, n. 2, p. 111-118, abr./jun. 2017.
- SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação). *SIEG Downloads*. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/siegddownloads/>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- SICAR (Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural). *Módulo de consulta pública*. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- TSUJII, P. K. et al. Uso e ocupação das áreas de preservação permanentes no sudoeste goiano. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 31, n. 3, 2014.
- USGS (United States Geological Survey). *Frequently Asked Questions*. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/frequently-asked>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- VAEZA, R. F. et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Floresta e Ambiente*, v. 1, n. 17, p. 23-29, 2010.
- VENÂNCIO, S. M. *Restauração florestal em áreas de preservação permanente e reserva legal*. Viçosa: CPT, 2014.