

# Conflitos de Uso e Cobertura do Solo para o Período de 1985 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas-GO

Leovigildo Aparecido Costa Santos <sup>1</sup>  
Lais Marques Fernandes Vieira <sup>2</sup>  
Patrick Thomaz de Aquino Martins <sup>3</sup>  
Anamaria Achtschin Ferreira <sup>4</sup>

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Caldas possui área de drenagem de aproximadamente 1.288,00 km<sup>2</sup>, abrange onze municípios e seu curso d'água principal é afluente do rio Meia-Ponte, um dos mananciais que abastecem Goiânia. Objetivou-se analisar: a) os conflitos de uso do solo por atividades antrópicas na bacia hidrográfica do rio Caldas, estado de Goiás, enfatizando as ocorrências destas atividades nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) de cursos d'água, de acordo com a Lei 12.651/2012 (Código Florestal); b) o histórico da ocupação irregular das APPs para um período de 32 anos (1985 – 2017), observando se após a aprovação do Código Florestal ainda há irregularidades no uso do solo desses locais. A metodologia consistiu na consulta a documentos legais, avaliação cartográfica e na classificação de imagens de satélites para os anos de 1985, 2008, 2012 e 2017. Constatou-se que 35,903 km<sup>2</sup> são ocupados pelas APPs amostradas neste estudo, aproximadamente 2,8% da área da bacia. Para o ano de 1985 quantificou-se uma área de 30,93 km<sup>2</sup> de conflitos de uso do solo nas APPs, passando para 19,9 km<sup>2</sup> em 2008, 22,67 km<sup>2</sup> em 2012 e 17,18 km<sup>2</sup> em 2017. Pastagem foi a classe que mais ocupou áreas nas APPs em todos os anos avaliados. As alterações ocorridas na legislação após 1985 influenciaram na redução da ocupação das APPs, porém, em 2017 mais de 47% dessas áreas ainda são ocupadas ilegalmente. Os resultados mostram que as APPs estudadas sofreram intervenções antrópicas durante todo o período analisado, evidenciando o não cumprimento da legislação ambiental federal.

**Palavras-Chave:** Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Áreas Protegidas; Landsat.

<sup>1</sup> Doutorado em andamento em Recursos Naturais do Cerrado pela Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. eng.leovigildo@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado pela Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. laismvieira@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Professor na Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. patrick.martins@ueg.br

<sup>4</sup> Doutorado em Ecologia pela Universidade de Brasília, UnB, Brasil. Professora na Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. iaatchin@gmail.com

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

A expansão das áreas agrícolas, o aumento dos aglomerados urbanos, a exploração dos recursos naturais e as atividades de mineração são exemplos de ações antrópicas que provocam rápidas alterações na cobertura do solo e, aliadas ao desenvolvimento contínuo e mal planejado, geram impactos ambientais e socioeconômicos. 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 as Áreas de Preservação Permanente (APPs).

As APPs localizam-se às margens dos rios, 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), o qual 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). Neste sentido, as APPs têm importante papel dentro de uma bacia hidrográfica, por serem responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes (Magalhães & Ferreira 2000).

As bacias hidrográficas são importantes unidades de planejamento, pois o modelo de ocupação desses locais irá influenciar diretamente na disponibilidade hídrica regional. De acordo com Pires et al. (2002), entre as metodologias voltadas ao estudo e gestão de bacias hidrográficas estão aquelas que empregam o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e a análise de imagens orbitais obtidas por sensoriamento remoto. Os sensores remotos captam as diferentes refletâncias dos objetos e feições terrestres e transformam em imagens, a partir das quais é possível identificar os tipos cobertura da terra, natural ou artificial, presentes em um determinado local da superfície terrestre (Sousa et al. 2015). Essas imagens são comumente analisadas em um ambiente SIG, o qual é projetado para a armazenagem, gerenciamento e manipulação de dados geográficos (Yang & Lo 2002; Butt et al. 2015; Liu & Yang 2015) e constitui a ferramenta computacional do Geoprocessamento (Câmara & Davis 2001).

O sensoriamento remoto aplicado a uma área de estudo possibilita a obtenção de dados básicos para o cumprimento da legislação vigente, objetivando ações preservacionistas e de recuperação ambiental, contemplando aspectos de cobertura vegetal, rede hidrográfica, malha viária, relevo e altimetria, delimitações de área e localização georreferenciada de atividades agropecuárias

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

potencialmente causadoras de degradação ambiental. As informações produzidas são dispostas em mapas temáticos e podem fornecer subsídios técnicos para a tomada de decisões (Lindner et al. 2004).

A bacia hidrográfica do rio Caldas desempenha importante papel no abastecimento hídrico da região central do estado de Goiás. O curso d'água principal é afluente da margem direita do rio Meia-Ponte, manancial de abastecimento da capital Goiânia. Essa região nos últimos anos tem enfrentado cada vez mais problemas relacionados à falta d'água para abastecimento público, mostrando a necessidade de uma melhor gestão do uso do solo nas bacias hidrográficas regionais (Cunha & Borges 2015; Silva Neto et al. 2015).

Tendo em vista a acelerada ocupação e degradação da bacia do rio Caldas, principalmente por áreas de agricultura e pastagem e pela urgente necessidade de se efetivar ações de preservação ambiental que garantam disponibilidade hídrica na região, faz-se necessário o uso de tecnologias de geoprocessamento que possam otimizar atividades de fiscalização, controle e preservação das áreas definidas por lei para serem ocupadas por vegetação nativa, pois desempenham importantes serviços ecossistêmicos para o contexto regional.

Perante o exposto, este trabalho objetivou analisar os conflitos de uso do solo por atividades antrópicas na bacia hidrográfica do rio Caldas, estado de Goiás, enfatizando as ocorrências destas atividades nas APPs de cursos d'água, de acordo com a Lei 12.651/2012 (Código Florestal). Pretendeu-se também verificar o histórico da ocupação irregular das APPs para um período de 32 anos (1985 – 2017) e se após a aprovação do Código Florestal ainda há irregularidades no que diz respeito ao uso do solo desses locais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

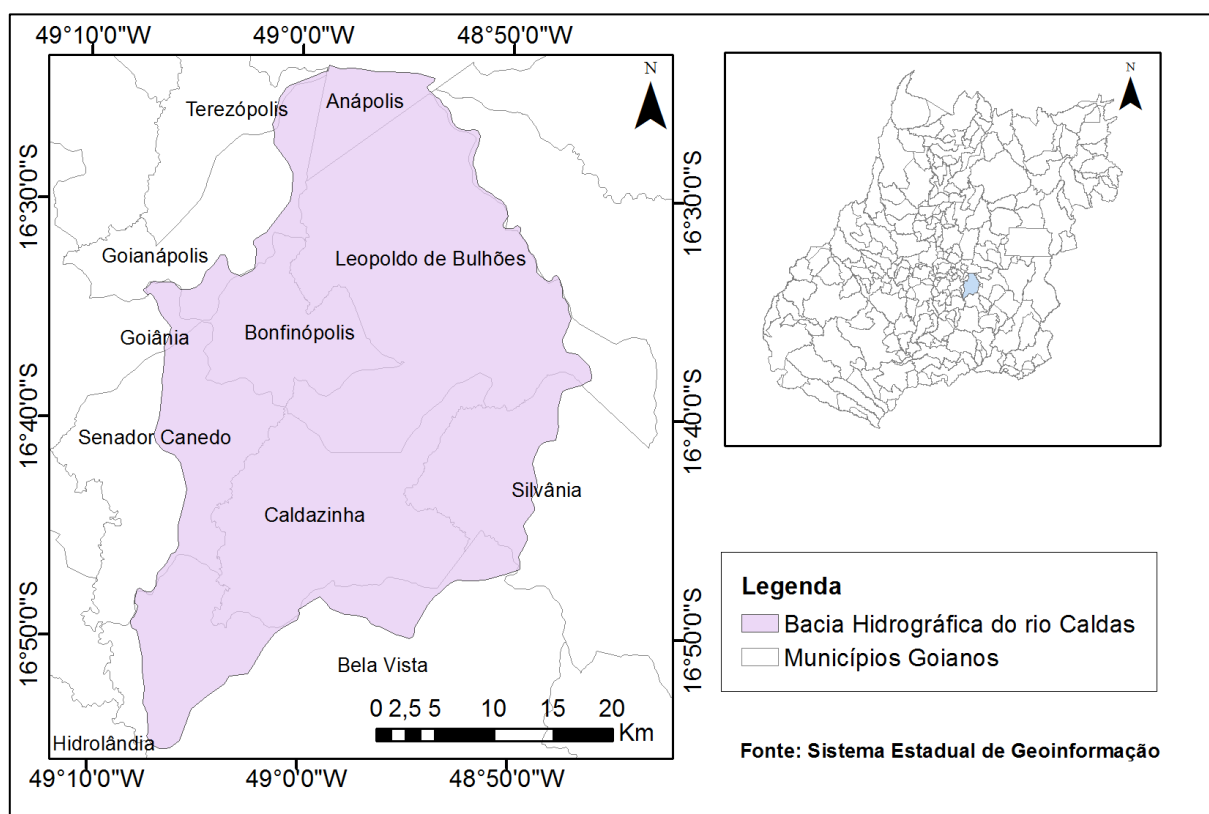
O estudo foi desenvolvido na região central do estado de Goiás, especificamente na bacia hidrográfica do rio Caldas, que está inserida na bacia do rio Meia-Ponte e região hidrográfica do rio Paraná. Com os dados da rede de drenagem do estado de Goiás, disponibilizada em formato *shapefile* pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG), foi possível observar que o rio Caldas tem suas nascentes localizadas nas proximidades do Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA), a 1.110 metros de altitude, e percorre cerca de 103,8 quilômetros até desaguar na margem direita do rio Meia-Ponte, já no município de Hidrolândia, a uma altitude de 653 m. A Bacia é cortada pela Rodovia GO-020, no trecho que liga Goiânia a Bela Vista de Goiás, e pela Rodovia GO-010, no trecho que liga Bonfinópolis

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

a Leopoldo de Bulhões. Também, é margeada pela Rodovia BR-153, nos municípios de Goiânia, Goianápolis e Anápolis (Vilela 2009).

A partir dos arquivos vetoriais disponibilizados pelo SIEG, referentes às bacias hidrográficas do estado, foi verificado que a bacia do rio Caldas apresenta uma área de drenagem com aproximadamente 1.288,00 km<sup>2</sup>, compreendida entre as latitudes 16°26' e 16°55'S e longitudes 48°45' e 49°10'O. Onze municípios compartilham o domínio físico da Bacia: Anápolis, com 50,73 km<sup>2</sup> inseridos na Bacia; Bela Vista de Goiás, com 151,35 km<sup>2</sup>; Bonfinópolis, 121,25 km<sup>2</sup>; Caldazinha, 252,31 km<sup>2</sup>; Goiânia, 10,43 km<sup>2</sup>; Goianápolis, 47,61 km<sup>2</sup>; Hidrolândia, 0,09 km<sup>2</sup>; Leopoldo de Bulhões, 430,58 km<sup>2</sup>, Senador Canedo, 109,08 km<sup>2</sup>; Silvânia, 112,19 km<sup>2</sup> e Terezópolis de Goiás com 2,39 km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Caldas no Estado de Goiás e dos municípios que a compartilham.



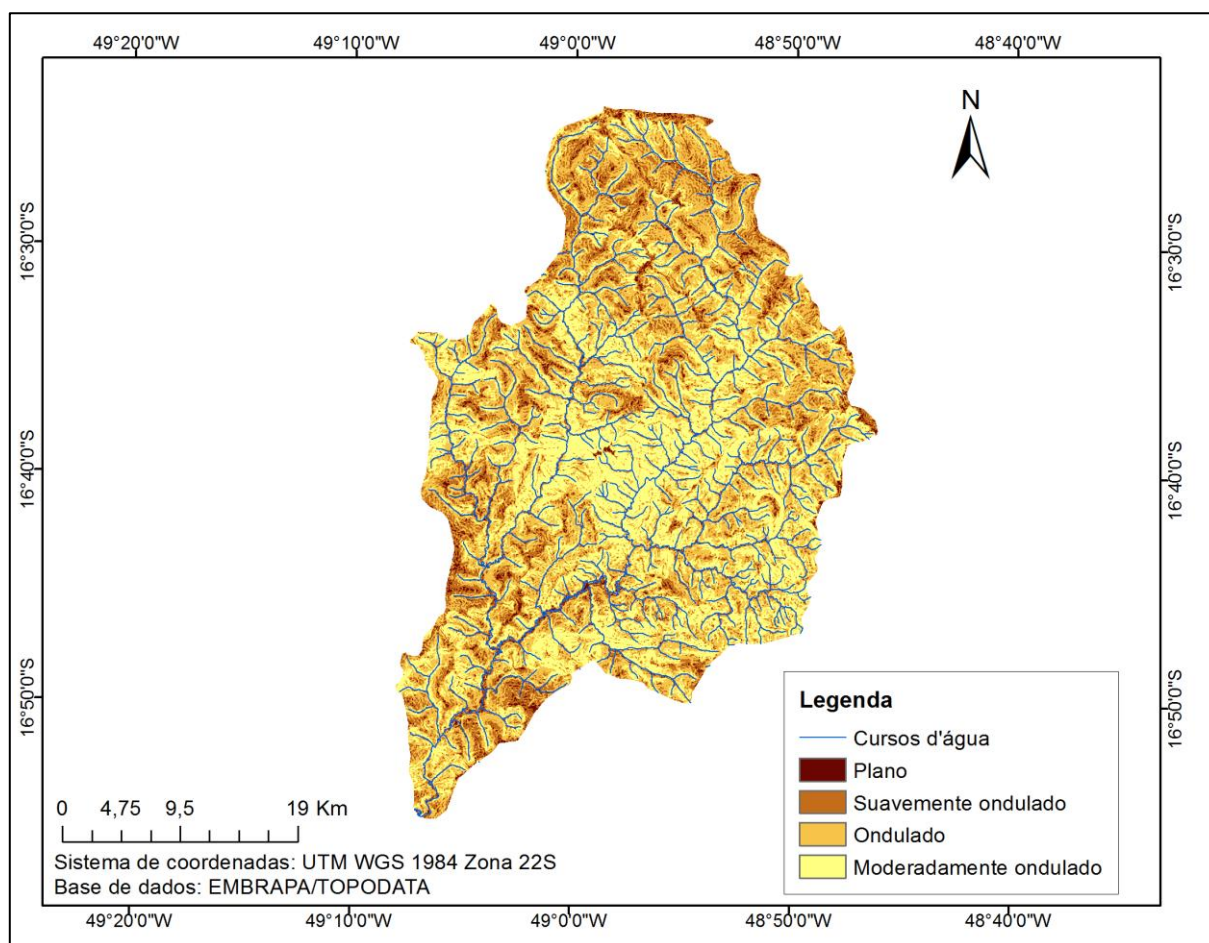
Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação.

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 (Cardoso et al. 2014). Quanto ao relevo, a área apresenta as classes de relevo plano a moderadamente ondulado, apresentando os seguintes percentuais: 3,44% é plano, 18,8% é suavemente ondulado, 40,54% ondulado e 36,7%

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

moderadamente ondulado (Figura 2). Não são notadas áreas de morros, montanhas, montes ou serras com elevação maior que 100 m e inclinação média maior que 25°. Desta forma, não foram identificadas APPs de topo de morro, como são especificadas pelo Código Florestal (Brasil 2012), justificando a análise somente das faixas de preservação permanente correspondentes aos cursos hídricos e nascentes.

**Figura 2.** Classes de relevo e cursos d'água para a Bacia Hidrográfica do Rio Caldas.



Fonte: EMBRAPA/TOPODATA.

## BASE DE DADOS

Foram utilizadas imagens fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>) provenientes do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5, referentes aos anos de 1985 e 2008, do instrumento sensor Linear Imaging Self-Scanner (LISS-III) do satélite ResourceSat-1, para o ano de 2012, e do sensor Operational Land Imager (OLI) do Landsat-8, para 2017. As datas das imagens foram escolhidas de acordo com o período de estiagem na região, com o objetivo de se utilizar cenas em que a cobertura por nuvens fosse baixa, como critério admitiu-se aproximadamente 10% de cobertura.

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

Empregou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) folha 16S45, fornecido pelo INPE (disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>), para a geração do mapa de declividade e obtenção das classes do relevo da bacia. Para a extração dos dados referentes aos perímetros das bacias hidrográficas do estado de Goiás, rede de drenagem e limites municipais foram utilizados dados vetoriais em formato *shapefile*, disponibilizados pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) (disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Base de dados utilizada para o desenvolvimento do estudo.

Fonte	Tipo de dado	Dado	Data/Período	Cena/Folha	Escala/resolução
INPE	Raster	Imagem Landsat-5	08/08/1985	222/71	30 m
INPE	Raster	Imagem Landsat-5	24/08/1985	222/72	30 m
INPE	Raster	Imagem ResourceSat-1	04/10/2012	327/89	23,5 m
INPE	Raster	Imagem Landsat-8	24/10/2017	222/71	30 m
INPE	Raster	Imagem Landsat-8	22/10/2017	222/72	30 m
INPE	Raster	MDE	-	16S495	30m
SIEG	Vetorial	Bacias Hidrográficas	2006	-	1:100.000
SIEG	Vetorial	Drenagem	2017	-	1:100.000
SIEG	Vetorial	Municípios	2017	-	1:250.000

Fonte: Autores com base em INPE (2017) e SIEG (2017)

## METODOLOGIA DE TRABALHO

No *software* QGIS, versão 2.18, 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). Reprojatadas, as imagens foram convertidas do formato \*TIF para \*HDR para serem trabalhadas no *software* ENVI (*Environment for Visualizing Images*) versão 5.0. Após a conversão, fez-se a correção geométrica das imagens Landsat-5 e ResourceSat-1, utilizando o modelo polinomial de registro. Para isso usou-se as duas imagens, chamadas também de imagens de referência ou base, provenientes do satélite Landsat-8 que já eram previamente corrigidas (ortoretificadas).

Neste trabalho, optou-se pela utilização do método do polinômio de 1ª ordem e reamostragem do vizinho mais próximo, aplicado por Duarte et al. (2015). Foram coletados 30 (trinta) pontos de controle com base em elementos planimétricos de fácil identificação comuns entre elas, admitindo-se erros quadráticos médios (EQM) inferiores a 1 pixel.

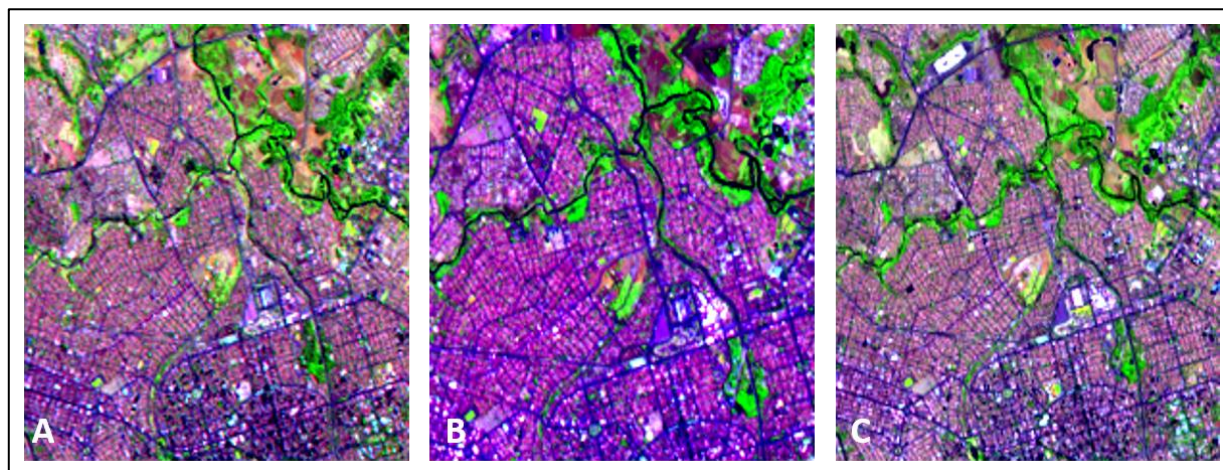
Em seguida, as bandas foram empilhadas para composição colorida falsa cor RGB, através da junção das bandas espectrais nos canais *red* (vermelho), *green* (verde) e *blue* (azul). Essa ação é necessária para que sejam compostas imagens em uma coloração que facilite uma melhor percepção ao olho humano, sendo necessário se conhecer o comportamento espectral do alvo em estudo (Silva & Martins 2007). Para as imagens Landsat-5 foi elaborada a composição RGB com as bandas 5, 4 e 3 (R5, G4, B3)



Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

e para as imagens Landsat-8 as bandas na composição 6, 5 e 4 (B6, G5, B4). De acordo com Facco et al. (2017), a junção das bandas nessas sequências, para as imagens dos dois satélites, possibilita a distinção mais clara dos limites entre solo e água, com vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde (Figura 3).

**Figura 3.** Composições RGB das imagens Landsat-5 (A=2008), ResourceSat-1 (B=2012) e Landsat-8 (C=2017).



Fonte: Autores.

Seguiu-se o proposto por Justino (2014) para a composição RGB das imagens ResourceSat-1, a sequência de empilhamento das bandas foi: banda 5, 4 e 3 (R5, G4, B3). Para o realce das imagens utilizou-se a técnica de ampliação linear de contraste, buscando-se assim, melhorar a qualidade visual e destacar as feições que interessavam ao trabalho, de modo a facilitar ainda mais a distinção entre os alvos (Figura 3).

Como foram utilizadas duas cenas (222/71 e 222/72) dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, foi necessário a criação de mosaicos. Esta etapa consistiu em unir duas imagens para formar uma outra de dimensões maiores, que abrangesse toda a área da Bacia. Os mosaicos foram construídos para os anos 1985, 2008 e 2017, utilizando-se da ferramenta *Mosaicking*, disponível no ENVI 5.0. Esta etapa não foi aplicada na imagem ResourceSat-1 de 2012, pois suas dimensões foram suficientes para abranger a região em estudo.

## CLASSIFICAÇÃO

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

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

com a ajuda de outras fontes, tais como dados coletados no campo ou de mapas (Meneses & Sano 2012). O treinamento é a etapa que antecede a classificação supervisionada, e 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.

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 séries temporais. No ENVI foi realizada a etapa de treinamento, que 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, em todas as imagens a serem classificadas.

Com base na análise visual prévia das imagens, as seguintes classes foram definidas para a etapa de treinamento e posterior 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.
- Vegetação nativa: 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 em formações savânicas.
- Urbanização: coloração em tons de azul e roxo; ocorre em núcleos ou aglomerados, sendo perceptível a regularidade de ruas e quarteirões em imagens de média a alta resolução.
- 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.
- Agricultura: alvos apresentam coloração verde mais claro que a vegetação nativa, formas geométricas e textura uniforme.



Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

- Água: tonalidade que vai do azul claro ao escuro, dependendo da profundidade do corpo hídrico e da quantidade de sólidos em suspensão. Apresenta formato linear (rios e córregos), ou circulares (lagos, lagoas, etc.), com textura apresentando pouca variação.
- Pastagem: as pastagens cultivadas apresentam coloração em tons de vermelho, formato regular.

O método empregado na classificação supervisionada foi o da Máxima Verossimilhança (MaxVer). De acordo com Facco et al. (2017), a MaxVer é um dos métodos de classificação supervisionado mais comuns e considera 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 confiabilidade da classificação digital foi avaliada a partir da matriz de confusão das amostras das áreas de treinamento, coeficientes de Kappa e acurácias global, com valores baseados na metodologia de interpretação e validação proposta por Meneses e Sano (2012) e aplicada por Cattani et al. (2013) e Nery et al. (2013). Como parâmetros de qualidade, foram considerados os coeficientes de Kappa e acurácias global maiores que 90%. Os mapas resultantes das classificações foram vetorizados e convertidos para o formato *shapefile*, posteriormente recortados nos limites da bacia do rio Caldas, para manipulação, correções e elaboração dos mapas temáticos no *software* QGIS 2.18.

Para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos cursos d'água e nascentes da bacia hidrográfica do rio Caldas considerou-se as definições e limites dispostos na Lei 12.651/2012 (Brasil 2012), atual Código Florestal brasileiro (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classes e dimensões das APPs de acordo com o Código Florestal brasileiro (Lei 12.651/2012).

Área de Preservação Permanente	Critério para delimitação	Largura da exigida
Ao longo dos cursos d'água	Largura do curso d'água (m)	Largura da faixa marginal de APP (m)
	<10	30
	10 a 50	50
	50 a 200	100
	200 a 600	200
	>600	500
Nascentes ou olhos d'água	Raio ao redor da nascente	50 m a partir do ponto de afloramento

Fonte: Brasil (2012). Adaptado de Alves et al. (2015).

O arquivo vetorial referente à rede de drenagem do estado de Goiás foi recortado dos limites da bacia hidrográfica para que fossem obtidos somente os cursos d'água e nascentes que se inserem em sua área de abrangência. Após esta etapa, prosseguiu-se para a delimitação das APPs.

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

Com o apoio do Google Earth foi possível identificar, através de medições, a largura aproximada dos cursos d'água. Esta medida auxiliou na definição da metragem de APP para cada curso d'água. No QGIS utilizou-se a ferramenta *Buffer* para delimitar as áreas de preservação de acordo com o Código Florestal (Brasil 2012). Para a demarcação das nascentes, foram identificados os pontos iniciais dos vetores de hidrografia e aplicada a ferramenta *Buffer* de formato circular, para a delimitação das APPs ao redor das nascentes, gerando uma área com raio de 50 m em torno de cada uma, para atender adequadamente o disposto na Legislação.

Depois de geradas as APPs, os arquivos vetoriais dos *buffers* foram sobrepostos aos mapas de classificação do uso e cobertura do solo. Com a ferramenta *Recorte*, no QGIS, 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, Urbanização, Queimadas e Pastagem. A classe Vegetação nativa foi considerada adequada.

As tabelas de atributos foram exportadas em formato compatível com o *software* Excel, onde os dados foram organizados em matrizes para as análises finais. O cálculo da taxa de expansão ou retração das áreas ocupadas por cada classe, entre os anos, foi realizado através da equação aplicada por Santos et al. (2017), onde a variação percentual para cada classe foi calculada para os anos aos pares (1985 a 2008, 2008 a 2012, 2012 a 2017), em relação a área total, sendo possível observar melhor a dinâmica do uso e cobertura do solo para o período estudado (Equação 1).

$$VE_{ano1\ p/ano2} = \left[ \frac{(A_{ano2} - A_{ano1})}{AT} \right] \times 100 \quad (1)$$

Onde  $VE_{ano1\ p/ano2}$  é a variação espacial entre dois anos para uma determinada classe,  $A_{ano1}$  é a área ocupada por uma classe no primeiro ano e  $A_{ano2}$  é a área ocupada pela mesma classe no segundo ano,  $AT$  é a área total em estudo. O resultado foi obtido em porcentagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados das imagens classificadas foram obtidos os mapas, de onde se extraíram os dados que serviram de base para as demais análises (Apêndice A).

Os mapas de uso e cobertura do solo apresentaram boa precisão, com acurácias global e coeficiente de Kappa maiores que 90% para todas as imagens classificadas, de acordo com o proposto por Moreira (2001), este valor indica uma classificação de excelente qualidade (Tabela 3).

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

Os resultados obtidos mostram que para todos os anos estudados, a classe Pastagem ocupou as maiores áreas na bacia hidrográfica do rio Caldas, passando de 731,35 km<sup>2</sup>, em 1985, para 813,22 km<sup>2</sup>, em 2017. A classe Solo exposto, que em 1985 ocupava 259,21 km<sup>2</sup>, em 2017 apresentou uma área de 47,46 km<sup>2</sup>, redução de 211,75 km<sup>2</sup> (81,7%). Um fato positivo foi o aumento da área com vegetação nativa, que apresentou um incremento de 122,43 km<sup>2</sup> entre o primeiro e último ano, a classe Urbanização teve um acréscimo de 17,71 km<sup>2</sup> (Tabela 4).

**Tabela 3.** Acurácias global, Coeficientes de Kappa e qualidade da classificação para as imagens referentes aos anos estudados.

Classificação (ano)	Acurácia global	Coeficiente de Kappa	Qualidade da classificação*
1985	94,7	93,4	Excelente
2008	96,3	95,4	Excelente
2012	97,3	96,78	Excelente
2017	96,6	96,0	Excelente

Fonte: Baseado na proposição de Moreira (2001)

**Tabela 4.** Área em km<sup>2</sup> ocupada por cada classe para cada ano e variação entre o ano final e inicial para a Área total da Bacia do Rio Caldas.

Classes	Área ocupada por classe/ano (em Km <sup>2</sup> )				Variação (km <sup>2</sup> ) *
	1985	2008	2012	2017	
Agricultura	44,77	133,75	188,20	58,78	14,01
Água	0,16	0,43	0,29	0,55	0,39
Pastagem	731,35	716,51	668,41	813,22	81,87
Queimadas	31,93	2,64	107,12	7,27	-24,66
Solo exposto	259,21	112,26	3,21	47,46	-211,75
Urbanização	58,77	68,93	72,87	76,48	17,71
Vegetação nativa	161,81	253,48	247,89	284,24	122,43
<b>TOTAL</b>	<b>1.288,0</b>	<b>1.288,0</b>	<b>1.288,0</b>	<b>1.288,0</b>	<b>0,00</b>

Fonte: Autores.

Ano final subtraído pelo inicial, onde, os valores negativos indicam reduções e positivos os incrementos.

A comparação feita entre os anos, aos pares (1985 a 2008, 2008 a 2012, 2012 a 2017), permitiu identificar em qual período específico ocorreram mais alterações na distribuição das classes sobre a área total da Bacia. Entre 1985 e 2008, as classes que mais aumentaram em área foram Vegetação nativa, Agricultura e Urbanização. A classe Água teve aumento pouco expressivo e todas as demais classes apresentaram retração, com destaque para Solo exposto como a que mais retraiu no período. De 2008 a 2012 as classes que apresentaram incremento foram Queimadas, Agricultura e Urbanização, todas as demais diminuíram em área. De 2012 a 2017 a classe Agricultura apresentou redução, enquanto que Pastagem teve acréscimo (Tabela 5).

Dos 1.288,00 km<sup>2</sup> da área de drenagem da bacia do rio Caldas, 35,903 km<sup>2</sup> são ocupados pelas APPs amostradas neste estudo, aproximadamente 2,8% do total (Figura 4). Sendo, 1,61 km<sup>2</sup> de APPs em Anápolis, 3,99 km<sup>2</sup> em Bela Vista de Goiás, 3,01 km<sup>2</sup> em Bonfinópolis, 8,32 km<sup>2</sup> em Caldazinha,

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

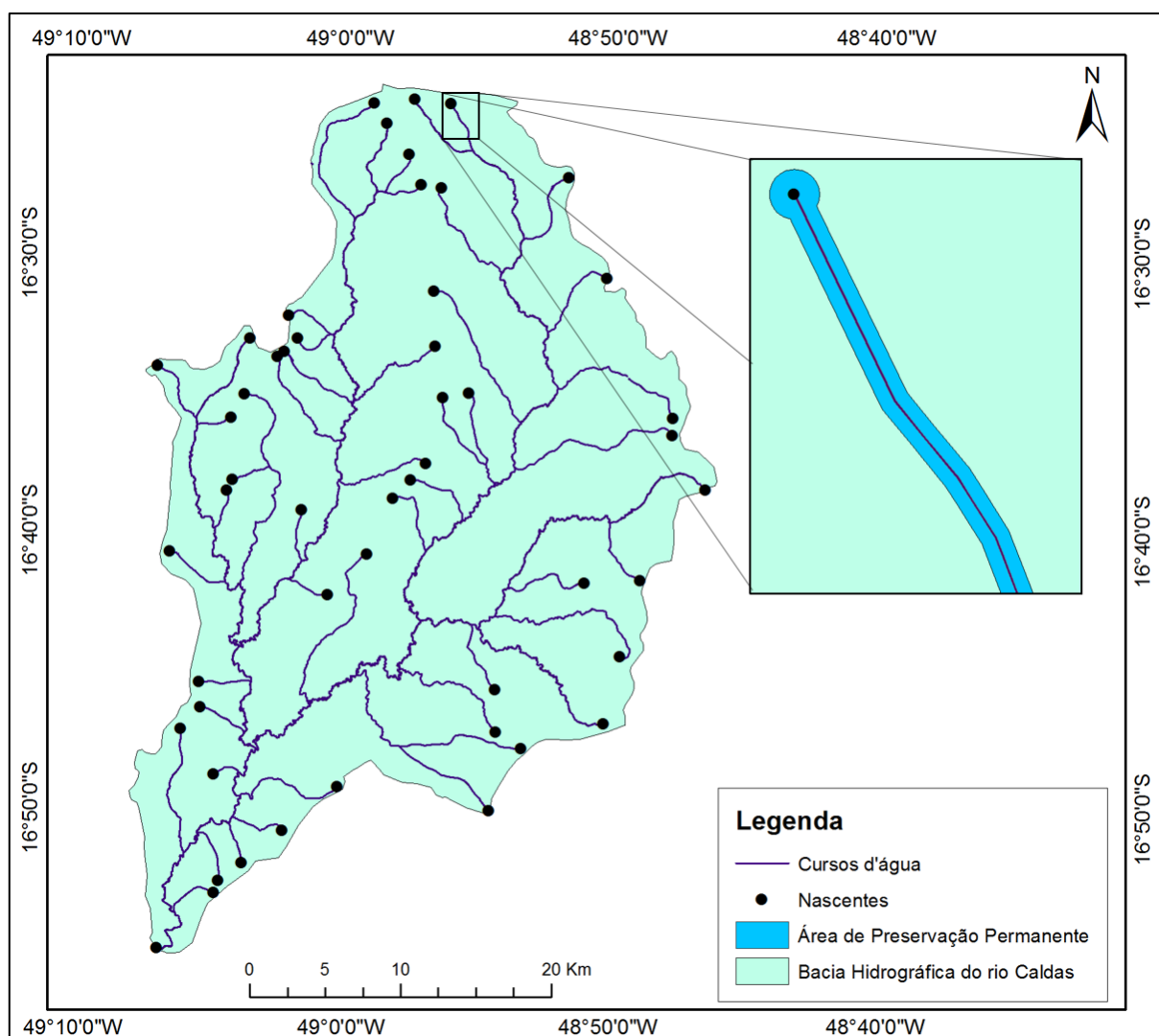
0,43 km<sup>2</sup> em Goiânia, 1,71 km<sup>2</sup> em Goianápolis, 0,01 km<sup>2</sup> em Hidrolândia, 9,75 km<sup>2</sup> em Leopoldo de Bulhões, 4,071 km<sup>2</sup> em Senador Canedo, 3 km<sup>2</sup> em Silvânia e 0,01 km<sup>2</sup> em Terezópolis de Goiás.

**Tabela 5.** Comparação entre os anos, aos pares. Variação em % das classes de um ano a outro em relação à área da Bacia.

Classes	Variação em % (ano a ano)		
	1985 a 2008	2008 a 2012	2012 a 2017
Agricultura	6,908	4,227	-10,048
Água	0,022	-0,011	0,020
Pastagem	-1,152	-3,735	11,243
Queimadas	-2,274	8,112	-7,753
Solo exposto	-11,410	-8,467	3,436
Urbanização	6,276	1,557	1,455
Vegetação nativa	7,117	-0,434	2,822

Fonte: Autores.

**Figura 4.** Áreas de Preservação Permanente delimitadas para a Bacia do Rio Caldas.

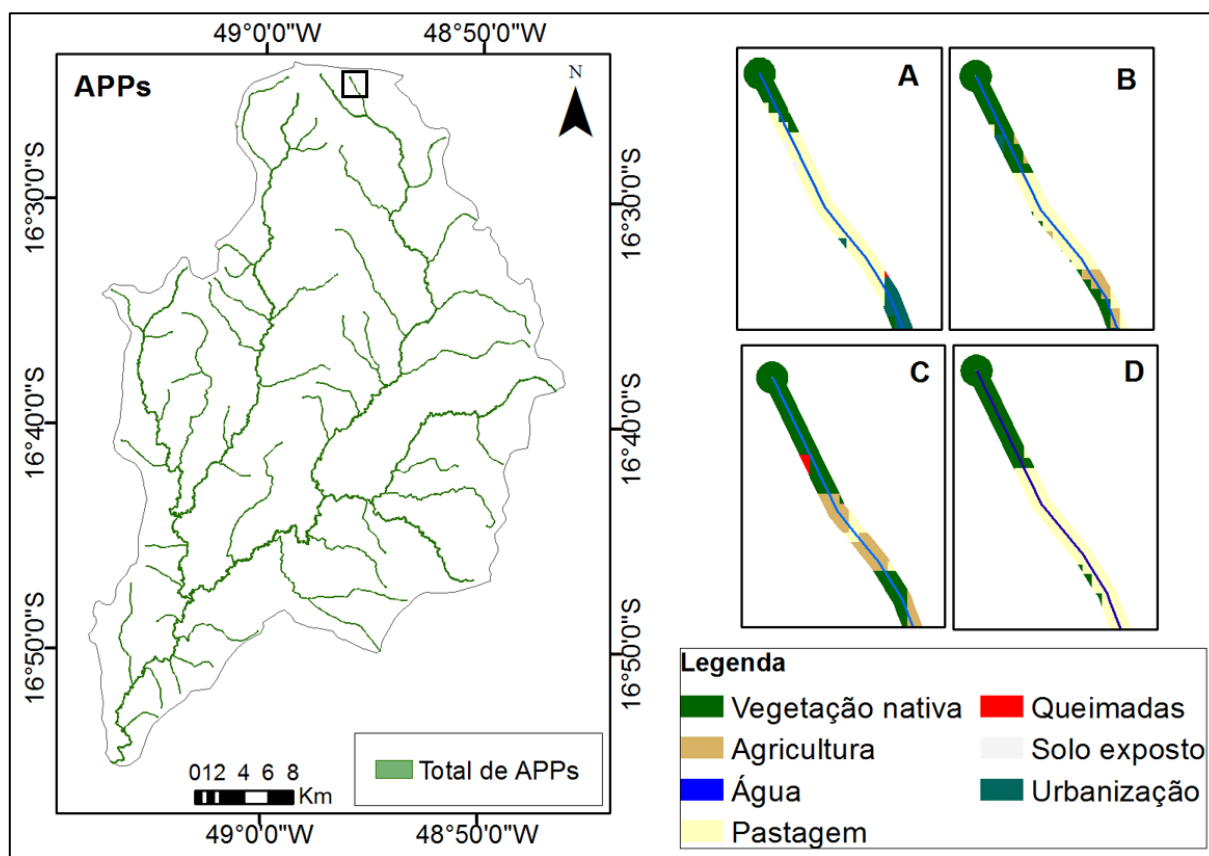


Fonte: Autores.

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

O Código Florestal isentou de penalidades os proprietários que desmataram áreas de preservação permanentes até a data 22 de julho de 2008. Com a metodologia aplicada no presente trabalho também foi verificado se a retirada da vegetação ocorreu antes da referida data, ou após a aprovação da Lei 12.651 de 2012. Sendo possível identificar se a Legislação está sendo cumprida e se está influenciando, efetivamente, para a redução do desmatamento em áreas protegidas. De acordo com os mapas de uso e cobertura do solo, foi possível identificar, nas APPs, as classes de uso conflitante inseridas onde deveria ser área de preservação, evidenciando o descumprimento da legislação vigente (Figura 5).

**Figura 5.** Detalhes das classes inseridas em APPs para uma das nascentes do Rio Caldas, onde: A=1985, B=2008, C=2012 e D=2017.



Fonte: Autores.

A classe Pastagem foi responsável pelas maiores áreas em conflito de uso do solo. Para todo o período analisado, porém, a classe apresentou queda com o passar dos anos. Em 1985 essa classe ocupava aproximadamente 24,8 km<sup>2</sup> (69,1%), em 2008 passou a ocupar 12,36 km<sup>2</sup> (34,4%), em 2012 representou 11,42 km<sup>2</sup> (31,9%). Entre 2012 e 2017 a Pastagem teve um incremento de 8,52% nas APPs, aumentando de 11,42 km<sup>2</sup> para 14,53 km<sup>2</sup>, o equivalente a 40,47% da área total que deveria ser

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

destinada às APPs. A classe Vegetação nativa teve incremento em área do ano inicial para o final, aumentando de 13,77% em 1985, para 51,88% em 2017 (Tabela 6).

**Tabela 6.** Área em km<sup>2</sup> e % ocupada por cada classe dentro das APPs para os anos analisados.

Classes	1985		2008		2012		2017	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Agricultura	0,51	1,41	4,89	13,62	6,70	18,66	1,50	4,19
Água	0,03	0,09	0,06	0,17	0,02	0,06	0,09	0,25
Pastagem	24,82	69,12	12,36	34,44	11,47	31,94	14,53	40,47
Queimadas	1,54	4,29	0,23	0,63	3,14	8,74	0,32	0,90
Solo exposto	2,68	7,48	0,75	2,10	0,01	0,03	0,10	0,29
Urbanização	1,38	3,84	1,67	4,66	1,35	3,76	0,73	2,02
Vegetação nativa	4,94	13,77	15,94	44,39	13,22	36,81	18,63	51,88
<b>Total</b>	<b>35,9</b>	<b>100</b>	<b>35,9</b>	<b>100</b>	<b>35,9</b>	<b>100</b>	<b>35,9</b>	<b>100</b>

Fonte: Autores.

A classe Água apresentou as menores taxas entre todas as demais, para todo o período avaliado. Este fato pode ser explicado pela grande quantidade de cursos d'água com menos de 10 m, onde os leitos são cobertos por matas de galeria. Pela rede de drenagem foram identificados 50 cursos d'água, dos quais apenas 5 apresentaram largura superior a 10 m, sendo identificados somente 3 ribeirões e 2 rios, sendo os demais constituídos por córregos. O aumento da classe Vegetação nativa, verificado entre 1985 e 2008, pode ser justificado pela implantação de uma legislação ambiental mais restritiva ao uso e largura das APPs no Brasil, principalmente aos cursos d'água, o que contribuiu efetivamente para a proteção dessas áreas.

Trevisan (2009) explica que anteriormente ao ano de 1985, no que concerne às áreas de preservação permanente, estava em vigor apenas o descrito nos artigos 2º e 3º da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (Brasil 1965), que estabeleciam os parâmetros e limites das diferentes classes de APP. Para cursos d'água de até 10 m de largura a faixa marginal de preservação permanente era de somente 5 m, para rios entre 10 m e 200 m a faixa de preservação deveria ser igual a metade da largura do leito e 100 m de faixa de preservação para os rios com mais de 200 m de largura (Brasil 1965).

A partir de 1986, a Lei nº 7.511/1986, passou a exigir uma faixa mínima de APP de 30 m para cursos d'água com menos de 10 m de largura, faixa de 50 m para rios entre 10 m e 50 m de largura, 100 m de APP para rios entre 50 m e 100 m de largura, rios de 100 m a 200 m de largura deveriam ter 150 m de faixa de preservação e para os cursos d'água com largura de leito maiores que 200 m a faixa de APP deveria ser igual a distância entre as margens (Brasil 1986).

A Lei 7.803 de 1989 ainda definiu mais aumentos das faixas de APP, passando a especificar que a largura dos cursos d'água fossem medidas quando os mesmos apresentassem seu nível de água mais alto, ou seja, nas épocas de cheia (Trevisan 2009). Assim, as áreas de preservação permanente



Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

passaram a ter a seguinte configuração: 30 m para cursos d'água com menos de 10 metros de distância entre as margens, 50 m para os cursos d'água entre 10 m e 50 m de largura, 100 m para os de 50 m a 200 m de largura, 200 m para os de 200 m a 600 m de largura e 500 m para os cursos d'água de largura superior a 600 m, além de um raio de 50 m no entorno de nascentes, mesmo que intermitentes e olhos d'água (Brasil 1989). Esta lei ainda estipulou normas referentes às outras classes de APPs que não são objetivo do presente estudo.

Outros dispositivos também contribuíram para um maior respeito às APPs, como o artigo 225 da Constituição Federal (Brasil1988), a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) e a Lei 7.754 de 1989, que regem sobre a proteção das florestas localizadas no entorno das nascentes dos rios (Alves et al. 2015). Por último, temos a Lei 12.651/2012, o Código Florestal brasileiro, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e reformulou as dimensões obrigatórias para as APPs em alguns casos.

O Código Florestal, no inciso IV de seu artigo 3º, isenta as propriedades rurais que já tinham áreas consolidadas para uso em APPs até a data de 22 de julho de 2008 do pagamento de multas, porém, sugere no parágrafo 1º do artigo 7º que o proprietário, que havia realizado supressão vegetal de APPs até a data citada, tem por obrigação realizar a reposição de tais áreas. Pelos resultados obtidos no presente trabalho, verificamos que o disposto no artigo 7º está sendo cumprido, em pequena escala, enquanto que muitas categorias de uso do solo ainda estão inseridas ilegalmente em APPs.

Apesar das áreas referentes à classe Vegetação nativa terem aumentado com o passar dos anos, verifica-se que atualmente pouco mais da metade das APPs são devidamente preservadas, as classes que representam os conflitos de uso do solo ainda somam 47,87% do total. Este fato indica que os limites para preservação definidos pelo Código Florestal brasileiro não estão sendo respeitados.

Observou-se também que, de 2008 a 2012, houve uma redução de 7,58% nas áreas com vegetação nativa inseridas nas APPs, mostrando que o disposto no inciso IV do parágrafo 3º e parágrafo 1º do artigo 7º do Código Florestal brasileiro não é a situação encontrada na área, ou seja, os proprietários são passíveis à aplicação de penalidades pelos órgãos competentes, visto que, o presente estudo vem a confirmar que houve desmatamentos em APP após 2008.

A classe Agricultura foi uma das menos representativas para todos os anos, no que diz respeito aos conflitos de uso do solo nas APPs. Isso está relacionado ao contexto da agropecuária regional, como confirmam os dados de uma série histórica disponibilizados pelo Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Socioambientais (IMB). De acordo com o IMB, os municípios que

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

compartilham a área da Bacia do Rio Caldas não são grandes produtores agrícolas, sendo a criação de gado bovino a principal atividade agropecuária desenvolvida na região (IMB 2017).

Sobre os municípios inseridos na área de abrangência da Bacia do Rio Caldas, todos apresentaram conflitos de uso do solo dentro das APPs durante o período analisado. Esse fato mostra que a ocupação irregular dessas áreas é um problema ambiental antigo e recorrente (Tabela 7).

A classe Pastagem foi a que mais ocupou tais áreas para todos os anos avaliados, com destaque para Leopoldo de Bulhões e Caldazinha, ambos com os maiores territórios inseridos na bacia e detentores, também, de mais APPs (Figura 6).

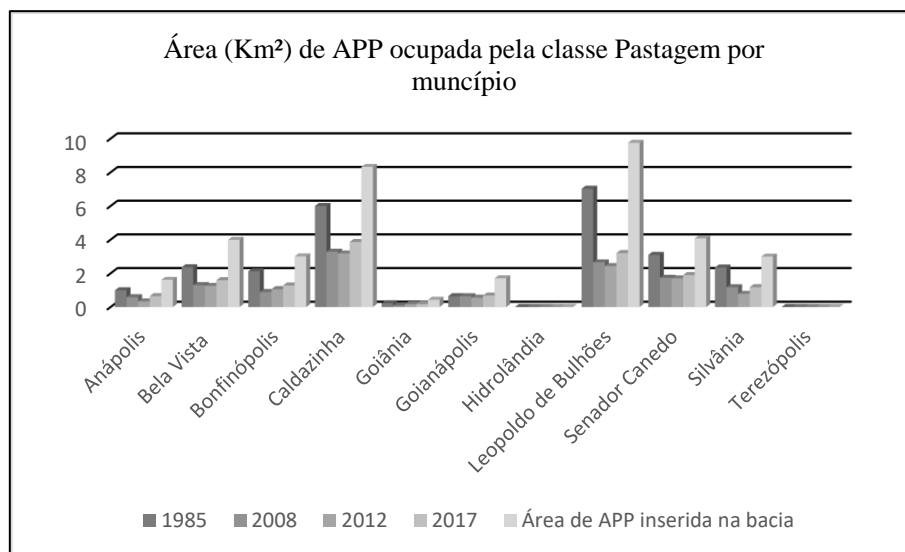
**Tabela 7.** Área de APP (km<sup>2</sup>) para cada município que compões a Bacia do Rio Caldas e total de conflitos no uso do solo verificados para cada um.

Municípios	APP total em km <sup>2</sup> por município e conflitos por ano (km <sup>2</sup> e %)								
	APP	1985		2008		2012		2017	
	Km <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Anápolis	1,61	1,4	86,6	1,1	68,34	1,17	72,52	0,94	58,47
Bela Vista	3,99	3,12	78,2	2,05	51,46	2,38	59,63	1,84	46,24
Bonfinópolis	3,01	2,6	86,44	1,62	53,86	1,91	63,35	1,52	50,41
Caldazinha	8,32	7,16	86,11	5,09	61,12	5,59	67,25	4,34	52,19
Goiânia	0,43	0,33	76,03	0,22	51,28	0,24	55,94	0,21	47,5
Goianópolis	1,71	1,26	73,85	1,17	68,42	1,24	72,33	0,98	57,57
Hidrolândia	0,01	0	41,14	0	16,86	0,01	100	0	29,08
Leopoldo de Bulhões	9,75	8,88	91,04	4,38	44,92	5,28	54,15	3,87	39,68
Senador Canedo	4,07	3,65	89,62	2,51	61,62	2,84	69,63	2,17	53,32
Silvânia	3	2,55	85,15	1,82	60,66	2,04	67,96	1,4	46,6
Terezópolis	0,01	0,01	96,21	0,01	67,99	0	37,27	0	42,96

Fonte: Autores.

O fato de grande parte das APPs estar ocupada por pastagem é preocupante, pois o pisoteio causado pelo gado é extremamente impactante aos cursos d'água, uma vez que compacta o solo, dificultando assim a infiltração, facilitando o desenvolvimento de erosões, além da redução das taxas de regeneração natural (Coutinho et al. 2013). De acordo com Pinto e Rossete (2012), as atividades agropecuárias inseridas dentro das APPs tornam-se prejudiciais quando se trata de conservação dos recursos hídricos, da flora e fauna associadas. Por necessitarem da retirada de toda a vegetação original, o desenvolvimento dessas atividades resulta em alterações na permeabilidade do solo, além de serem fontes potenciais de poluição da água por meio da contaminação por produtos químicos e insumos agrícolas. O desmatamento das matas ripárias também influencia diretamente a quantidade de radiação que incide no corpo hídrico, alterando a dinâmica ecológica existente, além de proporcionar uma menor deposição de galhadas e frutos que servem de abrigos e alimentos para a fauna aquática, fato que pode favorecer a ocorrência de migrações e até mesmo extinções locais de espécies mais sensíveis (Venâncio 2014).

**Figura 6.** Área de APP ocupada pela classe Pastagem por município.



Fonte: Autores.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com outros realizados anteriormente em diferentes regiões do estado de Goiás. Pereira et al. (2014), em uma análise temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Piancó, em Anápolis, constataram que as classes Pastagem, Agricultura e Solo exposto representavam os principais conflitos nas APPs da bacia. 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. Esses resultados mostram que o descumprimento da legislação ambiental não ocorre em locais isolados, a ocupação irregular de APPs é identificada em diferentes bacias hidrográficas do estado de Goiás. Isso mostra a urgência de ações de educação ambiental da população urbana e rural, do planejamento e implantação de medidas mitigadoras, bem como da restauração ecológica das áreas de preservação permanente e de uma melhor fiscalização destas áreas a fim de se fazer valer a legislação ambiental em vigência no país.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento empregadas possibilitaram a identificação de diferentes classes de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica estudada. O uso dessas ferramentas viabilizou o desenvolvimento do estudo e o reconhecimento das classes predominantes nas APPs avaliadas, confirmando assim a eficiência de se utilizar imagens de satélite para o monitoramento ambiental de bacias hidrográficas.

A análise temporal do uso e ocupação do solo mostrou que as APPs apresentaram intervenções antrópicas ocorrendo em seus limites para todo o período analisado (1985, 2008, 2012 e

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

2017). A área ocupada com vegetação nativa aumentou de 4,94 km<sup>2</sup>, em 1985, para 18,63 km<sup>2</sup> em 2017. Esse fato indica uma desaceleração no processo de ocupação dessas áreas por atividades antrópicas e um possível processo de recomposição natural, ou planejada, desses locais. As alterações ocorridas na legislação ambiental federal entre os anos inicial e final do estudo podem ter interferido positivamente no aumento da classe vegetação nativa nas APPs, como exemplos relevantes as Leis nº 7.511/1986, nº 7.754 de 1989, nº 7.803 de 1989, o artigo 225 da Constituição Federal e a Lei nº 9.605/1998 (Brasil 1998).

De 2012 a 2017 a classe Agricultura apresentou redução nas APPs, porém, isso foi atrelado a um aumento da classe Pastagem, uma atividade extremamente impactante para os cursos d'água. No ano de 2017 quase metade das APPs ainda eram ocupadas por classes de uso antrópico, indicando que existem muitas áreas em desacordo com o Código Florestal brasileiro, evidenciando a necessidade de maior fiscalização ambiental nessas áreas.

Entre os anos de 2008 e 2012 houve redução nas áreas ocupadas por Vegetação nativa, o que indica discordância com o disposto no inciso IV do parágrafo 3º e parágrafo 1º do artigo 7º do Código Florestal brasileiro e mostra que ocorreram desmatamentos e ocupação de APPs por uso antrópico após 22 de julho de 2008, o que é passível de punições legais dos responsáveis.

O estudo mostrou que deve haver uma maior eficiência na aplicação da legislação ambiental referente às APPs, visto que, após cinco anos de implantação do Código Florestal ainda existem muitas áreas irregulares. Ressalta-se ainda a urgência de ações de educação ambiental da população urbana e rural, da implantação de medidas mitigadoras e de restauração ecológica das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Caldas. As autoridades responsáveis pela conservação ambiental devem adotar uma postura rígida quanto às APPs, os produtores rurais e população em geral devem ser conscientizados sobre a importância de conservar a vegetação natural dessas áreas, fazendo com que o Código Florestal tenha efetividade na proteção das APPs.

## REFERÊNCIAS

Alves KCLF, Viola RM, de Souza P, Giongo M, de Mello C 2015. Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins. *Pesq flor bras*, 35(83):271-283.

Brasil 1965. *Lei nº 4.771, de 15 de setembro 1965. Institui o novo Código Florestal*. Diário Oficial União, Brasília. 1965 set. 16, seção 1, p. 9.913.

Brasil 1986. *Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal*. Diário Oficial da União, Brasília. 1986 jul. 08, seção 1, p. 10049.

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

Brasil 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Senado Federal, Brasília, 292 p.

Brasil 1989. *Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989. Revogado pela Lei nº 12.651, de 2012. Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília. 1989 abr. 18, seção 1, p. 5780.

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

Brasil 2012. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro*. Diário Oficial União, Brasília. 16 mai. 2012, seção 1, p. 1.

Butt A, Shabbir R, Ahmad SS, Aziz N 2015. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *Egypt J Remote Sens Space Sci*, 18(2):251-259.

Câmara G, Davis C 2001. Introdução. In: G Câmara, C Davis, AMV Monteiro. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. INPE-10506-RPQ/24. [cited 2017 Nov 27]. Available from: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>.

Cardoso MRD, Marcuzzo FFN, Barros JR 2014. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geogr*, 8(16):40-55.

Cattani CEV, Mercante E, de Souza CHW, Wrublack SC 2013. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, p. 8005-8010.

Coutinho LM, Zanetti SS, Cecílio RA, Garcia GO, Xavier AC 2013. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. *Floresta e Ambiente*, 20(4):425-434.

Cunha DF, Borges EM 2015. Urbanização Acelerada: Risco para o abastecimento de água na região metropolitana de Goiânia. *Geo UERJ*, 26:226-244.

Duarte GS, Costa GE, de Oliveira AP, Barros RS, Cruz CBM 2015. O uso da geometria do Landsat 8 como base para georreferenciamento semiautomático visando estudos espaço-temporais. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, João Pessoa, p. 5216-5223.

Facco DS, Benedetti AC, Kaiser EA, Filho WP 2017. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no estado do Rio Grande do Sul. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, Campinas, p. 6846-6855.

IMB (Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Ambientais) [database on the Internet]. *Estatísticas municipais: séries históricas*. [cited 2017 Nov 28]. Available from: <http://www.imb.go.gov.br/pesqview.asp?caderno=PESQANUAIS>.

INPE [database on the Internet]. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Catálogo de Imagens [cited 2017 Nov 28]. Available from: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

Justino CJ 2014. *Mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal da subbacia hidrográfica do rio São Tomé, sul de Minas Gerais, por mineração de dados utilizando imagens IRS-P6/ LISS III*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 69 pp.

Lindner EA, Lapolli EM, Moss R, Kobiyama M 2004. Utilização de imagem LANDSAT 7/ETM+ para o estudo da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre – Joaçaba/SC, Brasil. Vol. 1, *Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria e Ambiental*, San Juan de Porto Rico, p. 1-4.

Liu T, Yang X 2015. Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. *Appl Geogr*, 56:42-54.

Magalhães CS, Ferreira RM 2000. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. *Inf Agropec*, 207:33-39.

Meneses PR, Sano EE 2012. Classificação pixel a pixel de imagens. In PR Meneses, T Almeida. *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*, UNB, Brasília, p.191-208.

Moreira MA. 2001. *Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 1 Ed., São José dos Campos, 208 pp.

Nery CVM, Fernandes FHS, Moreira AA, Braga FL 2013. Avaliação das Técnicas de Classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. *R Bras Geogr Fís*, 02(06):211-219.

Pereira LS, Gonçalves BB, Silva-Neto CM, Santos ALF 2014. Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra do Ribeirão Piancó em Anápolis – GO. *R Mirante*, 7(1):1-14.

Pinto CET, Rossete AM 2012. 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*, 34(2):139-155.

Pires JSR, Santos JE, Del Prette ME 2002. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In A Schiavetti, AFM Camargo. *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Editus, Ilhéus, p. 17-35.

Santos LAC, Batista A, Neves COM, Carvalho EV, Santos MM, Giongo M 2017. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. *R Agroambiente On-line*, 11(2):111-118.

SIEG [database on the Internet]. *Sistema Estadual de Geoinformação, Compartimentação do Estado de Goiás em Bacias Hidrográficas segundo metodologia do Dr. Otto Pfafstetter* [cited 2017 Nov 28]. Available from: <http://www.sieg.go.gov.br/siegdloads/>.

Silva LG, Martins AKE 2007. Identificação da composição colorida de imagem CBERS-2 na dinâmica de ocupação territorial em sub-bacia hidrográfica. *Anais do Vol. XIII I Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, p. 1141-1145.

Silva Neto JB, Silva Júnior MG, Ucker FE, Alonso RRP, Lima ML 2015. Diagnósticos dos recursos hídricos: disponibilidade e demanda para a região metropolitana de Goiânia. *R Electr Educ Fac Araguaia*, 8:149-167.



Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

Sousa DG, Mincato RL, Kawakubo FS 2015. Análise multitemporal do uso da terra utilizando imagens Landsat-5 TM da região de Alfenas, Sul de Minas Gerais, visando a conservação de fragmentos florestais. *R Bras Geogr Fís*, 8(5):1482-1492.

Trevisan GV 2009. *Análise da cobertura da terra em áreas de preservação permanente em Rondônia: avaliação com imagens de videografia e do sensor TM*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 151 pp.

Tsujii PK, Ribeiro ACC, Carneiro VA, Silva-Neto CM, Gonçalves BB 2014. Uso e ocupação das áreas de preservação permanentes no sudoeste goiano. *R Geogr*, 31(3):43-60.

Venâncio SM 2014. *Restauração florestal em áreas de preservação permanente e reserva legal*. Viçosa, CPT, 316 pp.

Vilela BP 2009. *Interpretação das paisagens culturais na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas: uma proposta de princípios para ações em educação ambiental sustentada*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 120 pp.

Yang X, Lo CP 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *Int J Remote Sens*, 23(9):1775-1798.

## Conflicts of Land Use and Cover for the Period 1985 to 2017 in the Caldas River Basin-GO

### ABSTRACT

The Caldas River basin has a drainage area of about 1,288.00 km<sup>2</sup>, covers eleven municipalities and its main watercourse is tributary of the Meia-Ponte river, one of the sources that supply Goiânia. The objective of this study was to analyze: a) the conflicts of use of the land by anthropic activities in the Caldas River basin, state of Goiás, emphasizing the occurrences of these activities in the Permanent Preservation Areas (APPs) of watercourses, according to Law 12.651/2012 (Forest Code); b) the history of the irregular occupation of the APPs for a period of 32 years (1985 - 2017), observing whether there are still irregularities in the use of the land of these sites after the approval of the Forest Code. The methodology consisted of the consultation of legal documents, cartographic evaluation and classification of satellite images for the years 1985, 2008, 2012 and 2017. It was verified that 35,903 km<sup>2</sup> are occupied by APPs sampled in this study, approximately 2.8% of basin area. For 1985, an area of 30.93 km<sup>2</sup> of land use conflicts in APPs was increased to 19.9 km<sup>2</sup> in 2008, 22.67 km<sup>2</sup> in 2012 and 17.18 km<sup>2</sup> in 2017. Pasture was the class that occupied most areas in the APPs in all evaluated years. Changes in legislation after 1985 have influenced the reduction of the occupation of APPs, but in 2017 more than 47% of these areas are still illegally occupied. The results show that the APPs studied

Conflitos de Uso e Cobertura do Solo para o Período de 1985 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio  
Caldas-GO

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

underwent anthropic interventions throughout the analyzed period, evidencing non-compliance with federal environmental legislation.

**Keywords:** Geoprocessing; Remote Sensing; Protected Areas; Landsat.

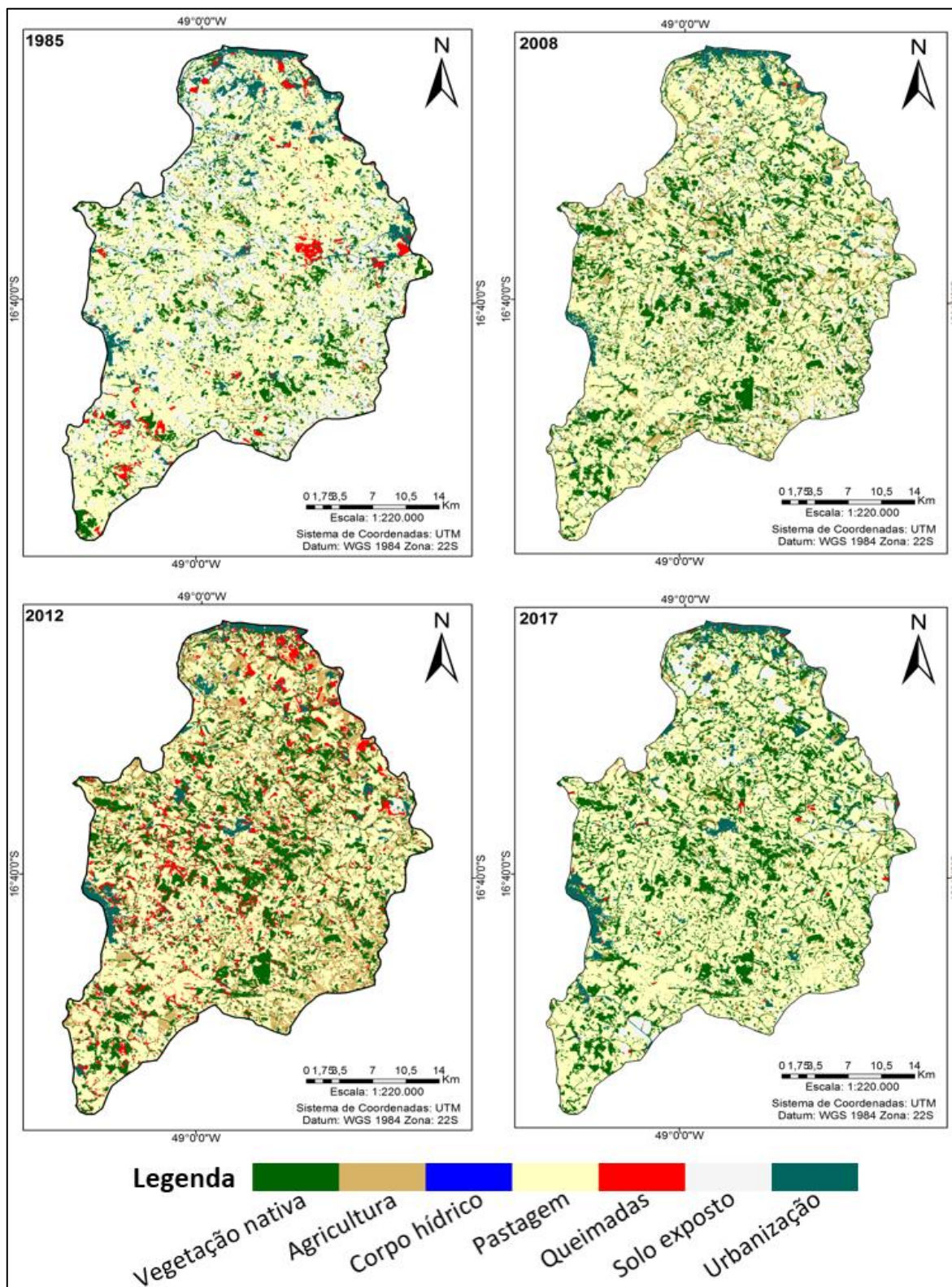
Submissão: 26/12/2017

Aceite: 05/12/2018

Leovigildo A. C. Santos; Lais M. F. Vieira; Patrick T. A. Martins; Anamaria A. Ferreira

## APÊNDICE A

Apêndice A. Mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 1985, 2008, 2012 e 2017.



Fonte: Autores.