

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO GRAU DE ANTROPIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MUNICIPAL DO RIO UBERABA, UBERABA, MG

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE ANTROPIZATION DEGREE OF THE UBERABA RIVER MUNICIPAL ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA, UBERABA, MG, BRAZIL

Aline Claro de Oliveira Guglielmi 

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. Presidente do Instituto Ambiental Aondê.

Sonia Maria Lima Silva 

Doutora em Geographie pela University of Tübingen. Professora do Departamento de Engenharia Cartográfica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Julia Celia

Mercedes Strauch 

Doutora em Engenharia de Sistemas e Computação. Pesquisadora em Informações Geográficas na Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/IBGE) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. Professora do Departamento de Engenharia Cartográfica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Endereço para correspondência:

Julia Celia Mercedes Strauch – - Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) – Rua André Cavalcante, 106 – Bairro de Fátima – CEP 20231-050 – Rio de Janeiro (RJ), Brasil –
E-mail: julia.strauch@ibge.gov.br

Recebido em: 28/02/2018

Aceito em: 14/07/2018

RESUMO

A área de proteção ambiental municipal do Rio Uberaba foi criada em 2005 com o objetivo de proteger o principal manancial de abastecimento público da cidade de Uberaba. Este trabalho objetivou analisar qual o impacto que sua criação teve em relação à regulação do uso e cobertura da terra. Para isso, foram elaborados os mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 2000, 2010 e 2016 usando imagens de satélite Landsat e a seguir foi calculado o índice de transformação antrópica. Como resultado, identificou-se que a área em questão é classificada como degradada nos anos de 2000 e 2010, todavia, para o ano de 2016 foi considerada regular. Os resultados demonstraram que a criação da unidade de conservação contribuiu para a regulação do uso e cobertura da terra.

Palavras-chave: índice de transformação antrópica; sensoriamento remoto; área de proteção ambiental municipal.

ABSTRACT

The Municipal Environmental Protection Area of the Uberaba River was created in 2005 with the purpose of protecting the main source of public supply of the city of Uberaba. This paper aims to analyze the impact that its creation had on the regulation of land use and land cover. For this purpose, land use and cover maps are prepared for the years 2000, 2010 and 2016, by use of Landsat satellite images and the Anthropogenic Transformation Index (ITA) is calculated. As a result, it was identified that the municipal Environmental Protection Area (*Área de Proteção Ambiental* – APA) of the Uberaba River is classified as degraded in the years 2000 and 2010, however, for the year 2016, it was considered regular. The results showed that the creation of the conservation unit contributed to the regulation of land use and land cover.

Keywords: anthropogenic transformation index; remote sensing; municipal environmental protection area.

INTRODUÇÃO

O município de Uberaba possui uma área de proteção ambiental (APA), denominada de APA Municipal do Rio Uberaba, criada com a finalidade de garantir água de qualidade e em quantidade para o abastecimento público. Essa unidade de conservação de uso sustentável foi estabelecida em uma área que já era ocupada por determinadas atividades anteriores a sua criação.

A deliberação sobre quais atividades estão de acordo com o zoneamento da unidade de conservação, proposto em seu Plano de Manejo, é feita por um conselho gestor da área. Entretanto, Valle Junior (2008), ao analisar a bacia hidrográfica do Rio Uberaba como um todo, afirma que essa área vem passando por alterações rápidas dos solos, em escala temporal e espacial. Essas alterações são decorrentes da intensificação do uso agrícola das terras, podendo-se observar a expansão contínua da cultura da cana-de-açúcar e a redução de áreas de pastagens. Dessa forma, faz-se necessária a adoção de técnicas que assegurem o monitoramento do uso da terra, segundo uma dinâmica espaço-temporal, uma vez que uso e cobertura da terra interfere na dinâmica natural dos ecossistemas (ORTEGA *et al.*, 2018; LIOU *et al.*, 2017).

De acordo com Fernandes (2006), a informação relativa ao uso e cobertura da terra constitui um instrumento privilegiado para o monitoramento da dinâmica do território, permitindo obter uma noção da organização do mesmo e das inter-relações entre o meio físico e o homem. Nesse contexto, estudos que visem a entender as mudanças nos padrões do uso e cobertura da terra, com o emprego de imagens orbitais e dos ambientes de sistemas de informações geográficas (SIG), possibilitam a realização de análises multitemporais (NGUYEN *et al.*, 2016; LIOU *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2017).

Um indicador proposto para efetuar esse tipo de análise é o índice de transformação antrópica (ITA), que vem sendo empregado em várias pesquisas (BERNARDO, 2015; COCCO *et al.*, 2015b; GOUVEIA *et al.*, 2013; KARNAUKHOVA, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2014). O ITA apoia-se na elaboração de mapas temáticos, levando em consideração a variável uso da terra. Com esse índice é possível identificar os diferentes impactos do processo de expansão das atividades antrópicas, bem como as pressões que elas exercem sobre as áreas de vegetação natural (COCCO *et al.*, 2015a).

De acordo com Ortega e Carvalho (2013), o ITA vem sendo utilizado em estudos geoecológicos com o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais.

Estudos realizados na APA Municipal do Rio Uberaba (OLIVEIRA, 2005; ABDALA *et al.*, 2009; SANTOS & NISHIYAMA, 2016) apontam que a unidade de conservação está sendo impactada negativamente pela forma que os recursos naturais (solo e água) vem sendo explorados. A identificação das alterações do uso da terra, sejam elas negativas ou positivas, é uma ferramenta de diagnóstico, indicando áreas que necessitam de maior atenção por parte do setor público. Ao se identificar áreas com aumento do grau de alterações antrópicas, pode-se direcionar ações que possam mitigar os efeitos dessas modificações. Alguns exemplos dessas ações são: projetos de recuperação de áreas de preservação permanente (nascentes e matas ciliares), projetos de educação ambiental para o produtor rural (destinação correta dos resíduos sólidos, instalação de fossas sépticas, respeito às leis ambientais), projetos de recuperação de áreas degradadas (casalheiras desativadas, voçorocas), entre outras. Da mesma forma, incentivos como pagamento por serviços ambientais ou ecossistêmicos podem ser estabelecidos em caso de redução do grau de alterações antrópicas. Esses incentivos permitirão um desenvolvimento mais sustentável, buscando o equilíbrio entre o meio ambiente e os fatores socioeconômicos.

Diante do exposto e sendo a APA Municipal do Rio Uberaba um local de interesse estratégico para o município de Uberaba, uma vez que o uso e cobertura da terra têm reflexos diretos sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, o presente trabalho teve por objetivo analisar o impacto da criação da APA do Rio Uberaba na regulação do uso e cobertura da terra. Para alcançar o objetivo proposto, foi efetuada uma análise multitemporal, para os anos 2000, 2010 e 2016, do uso e cobertura da terra na área de estudo, que engloba o alto curso do Rio Uberaba, indo desde o divisor de águas da bacia hidrográfica até a captação da água para o abastecimento do município, utilizando o ITA.

O ITA, usado por Angeles e Gil (2006), quantifica o grau de modificação da paisagem, apoiando-se na elabora-

ção de mapas temáticos a partir do uso de SIGs (COCO *et al.*, 2015b). O ITA permite avaliar o quanto uma determinada área foi modificada pela ação do homem (ROCHA, 2005). Cruz *et al.* (1998) destacam que esse método oferece a possibilidade de indicar as áreas mais modificadas, na constituição de suas formas, entretanto, esses mesmos autores destacam que, por levar em consideração apenas a variável uso da terra, apresenta como principal desvantagem o fato de não explicar as funcionalidades inseridas em cada processo. No entanto, o ITA é uma importante ferramenta no auxílio da análise ambiental multitemporal e vem sendo utilizado por vários autores (NEVES *et al.*, 2017; PERIM & COCO, 2016; ORTEGA *et al.*, 2016; BERNARDO, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2013; ORTEGA & CARVALHO, 2013; KARNAUKHOVA, 2000) para avaliar a diminuição de áreas naturais ocasionadas pelas atividades humanas e expansão urbana.

O ITA consiste em um index determinado para cada classe de uso da terra, considerando o nível de transformação antrópica específica, a área ocupada e a quantidade de áreas com o mesmo uso (FERNANDES, 2006; GOUVEIA *et al.*, 2013; ORTEGA *et al.*, 2016; PE-

RIM & COCCO, 2016; RIBEIRO *et al.* 2017). Trata-se de uma ferramenta que tem se mostrado adequada para a avaliação das alterações do uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas, tendo sido utilizada, por exemplo, na Bacia do Rio do Sangue, no Mato Grosso, para os anos 1990, 2000 e 2010 por Cocco *et al.* (2015b); na Bacia Hidrográfica do Córrego do Bezerro Vermelho no Município de Tangará da Serra, também no Mato Grosso, por Gouveia *et al.* (2013) para os anos de 1984 e 2011; e na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara, por Cruz *et al.* (1998). O ITA também vem sendo aplicado simultaneamente a outros índices, o que contribui para o entendimento da dinâmica ambiental, uma vez que todos os processos estão interligados. Ortega e Carvalho (2013) correlacionaram o ITA e o índice de qualidade da água (IQA), na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipê, em São Paulo, para verificar como as atividades estão interferindo na qualidade do corpo hídrico. Vicens e Marques (2006) realizaram um estudo da geometria das bacias de drenagem dos tabuleiros costeiros no norte do Espírito Santo, através de uma regressão múltipla com variáveis morfométricas, e chegaram à conclusão que o ITA apresentou maior coeficiente de correlação parcial com a vazão.

ÁREA DE ESTUDO

A APA Municipal do Rio Uberaba está localizada no município de mesmo nome (Figura 1). A área foi criada com a promulgação da Lei Municipal nº 9.892, de 28 de dezembro de 2005 (UBERABA, 2005), que estabelece no seu no artigo 4º os seguintes objetivos:

- I — Recuperação, preservação e conservação do Rio Uberaba;
- II — Promover o uso sustentado dos recursos naturais;
- III — Proteger a biodiversidade;
- IV — Proteger os recursos hídricos e os remanescentes da vegetação do cerrado;
- V — Proteger o patrimônio cultural;
- VI — Promover a melhoria da qualidade de vida das populações que ali residem;
- VII — Manter o caráter rural da região;
- VIII — Disciplinar a ocupação humana na área protegida;
- IX — Estímulo à melhoria da qualidade ambiental das áreas circunvizinhas.

A iniciativa, por parte do governo, de criação da APA teve como finalidade restringir o uso e ocupação na bacia hidrográfica do Rio Uberaba e de seus afluentes, uma vez que ele é o principal responsável pelo abaste-

cimento público do município. De acordo com essa lei, a criação de uma unidade de conservação de uso sustentável se fez necessária por se tratar de um ambiente que reúne formas de vegetação natural, uma rica fauna, uma área de potencial interesse turístico, além de possuir mananciais de importância regional.

A área da APA do Rio Uberaba é de cerca de 528,1 km², ou seja, 11% do município. Essa área engloba o alto curso do Rio Uberaba, indo desde o divisor de águas da bacia hidrográfica até a captação, de onde o município retira a maior parte da água para seu abastecimento (UBERABA, 2004). A bacia hidrográfica do Rio Uberaba está inserida na bacia hidrográfica do Rio Grande, situada na região hidrográfica do Paraná.

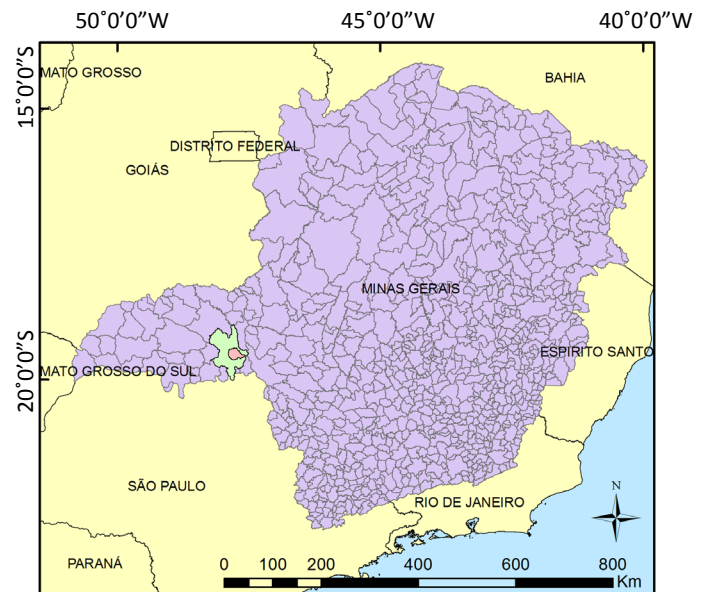
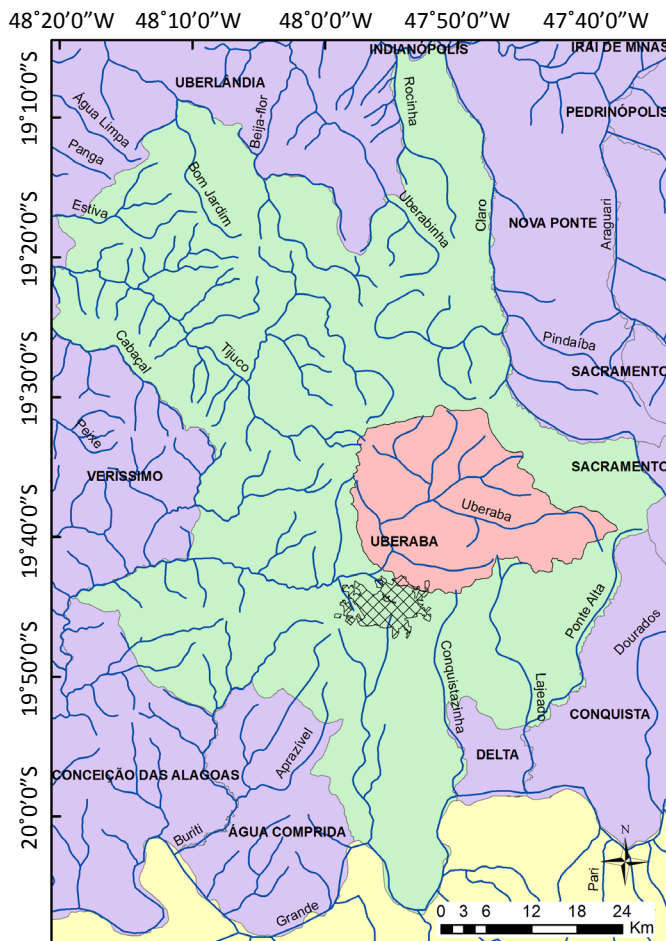
O Rio Uberaba nasce a nordeste do município, próximo ao trevo que dá acesso ao bairro de Ponte Alta, na rodovia BR-262, km 756, na altitude de 1.012 m (OLIVEIRA, 2005). O rio percorre 55 km da nascente até a estação de captação do município (CODAU, 2005), denominada de Centro Operacional de Sa-

neamento e Desenvolvimento (CODAU). O CODAU é uma autarquia responsável pela captação, tratamento e distribuição da água à população uberabense (OLIVEIRA, 2005).

A nascente do Rio Uberaba está localizada em uma região de covaal. Trata-se de uma área plana, inundável no período das chuvas, onde se encontram inúmeros morrotes. Os covaais têm grande importância ecológica no ciclo hidrológico dessas regiões (UBERABA, 2012) e estão associados às condições de má drenagem, compondo as bordas das veredas, comuns nas áreas de cerrado e normalmente associadas a nascentes (NETO & COSTA, 2010). Os covaais também são caracterizados como campos hidromórficos, ou seja, campos inundados de água, que funcionam como esponjas que absorvem a água das chuvas, liberando-as

lentamente durante o ano e atuando como um grande reservatório (UBERABA, 2004).

Apesar da APA Municipal do Rio Uberaba ocupar somente o alto curso do Rio Uberaba, ou seja, a montante do ponto de captação do CODAU, cabe citar o estudo realizado por Valle Junior (2008), que, ao analisar a bacia hidrográfica do Rio Uberaba como um todo, afirma que essa área vem passando por alterações rápidas, em escala temporal e espacial dos solos, decorrentes da intensificação do uso agrícola das terras. Nesse sentido, existe a demanda de se trabalhar em uma escala maior, ou seja, com a APA Municipal do Rio Uberaba, por se tratar de um local de interesse estratégico para o município de Uberaba, uma vez que o uso e cobertura da terra têm reflexos diretos sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, conforme apresentado no Quadro 1.



- Malha urbana de Uberaba
 - Hidrografia
 - Área de Proteção Ambiental do Rio Uberaba
 - Uberaba
 - Estado de Minas Gerais
 - Brasil
- Sistema de Referência: SIRGAS2000
 Sistema de Coordenadas: Geográficas
 Fonte de dados 1: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Fonte de dados 2: Agência Nacional das Águas
 Fonte de dados 3: Secretaria de Meio Ambiente de Uberaba

Figura 1 – Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental Municipal do Rio Uberaba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a análise multitemporal do uso e cobertura da terra na APA Municipal do Rio Uberaba foi necessário construir uma base de dados, em ambiente SIG, com os seguintes dados:

- Limites da APA Municipal do Rio Uberaba: obtidos na Secretaria de Meio Ambiente de Uberaba;
- Imagens do satélite Landsat 5: adquiridas no Portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);
- Imagens do satélite Landsat 8: adquiridas no Portal do *United States Geological Survey* (USGS);
- Limites municipais e estaduais: adquiridos no Portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Arquivos vetoriais das rodovias e ferrovias: adquiridos no Ministério dos Transportes;
- Arquivos vetoriais da hidrografia: adquiridos no site da Agência Nacional das Águas (ANA).

Além desses materiais, foram utilizados: programas de SIG, ArcGis Desktop 10.1 da ESRI, aplicação de *software* Word e Excel, da Microsoft, e o Google Earth, da Goo-

gle. Para coleta dos pontos de controle foi utilizado GPS portátil Garmin eTrex.

Para se atingir o objetivo deste trabalho foram realizadas as seguintes etapas descritas no fluxograma (representado na Figura 2):

- Obtenção das imagens de satélite: no site do INPE foram adquiridas as imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 2000 e 2010; e no *site* do USGS foi adquirida a imagem para o ano de 2016 do satélite Landsat 8. O critério para escolha das imagens levou em consideração o mês mais adequado, que nesse caso correspondeu ao mês de abril, por ser o período seco. As imagens escolhidas para a órbita 220/ponto 74 foram as que apresentaram cobertura de nuvens igual ou inferior a 10%, nas seguintes datas:
 - Landsat 5 – sensor TM – 29/04/2000;
 - Landsat 5 – sensor TM - 09/04/2010;
 - Landsat 8 – sensor OLI - 09/04/2016.
- Seleção da composição de bandas: o sistema de cores *red-green-blue* (RGB) possibilita ao analista

Quadro 1 – Atividades potencialmente poluidoras exercidas na bacia do Rio Uberaba a montante do ponto de captação do Centro Operacional de Saneamento e Desenvolvimento (CODAU).

Local	Atividade geradora de impacto	Potencial poluidor sobre a água
Nascentes	Cultura de milho e soja	Fertilizantes e biocidas (nitrogênio, fósforo, potássio, cádmio, cobre, mercúrio, chumbo e zinco).
	Pastagens	Aceleração dos processos erosivos e diminuição da vazão do rio (sólidos em suspensão, coliformes).
Comunidade rural de Santa Rosa, Uberaba	Horticultura	Fertilizantes e biocidas (nitrogênio, fósforo, potássio, cádmio, cobre, mercúrio, chumbo e zinco).
	Fossa negra	Contaminação do lençol freático (coliformes).
	Extração de cascalho e argila	Perda da cobertura vegetal. Foco de processos erosivos (sólidos em suspensão).
Uberaba	Captação de água (CODAU)	Diminuição da vazão do Rio Uberaba.
A montante da captação	Pesque-pague	Contaminação da água com resíduos sólidos e efluentes domésticos (coliformes e matéria orgânica).
	Malha urbana de Uberaba	

Fonte: adaptado de CODAU (2005).

explorar as possíveis combinações de três cores com três bandas para obter a imagem colorida de melhor contraste ao objetivo proposto (MENESES *et al.*, 2012). Dessa forma, a composição colorida, em falsa cor, para as imagens utilizadas neste trabalho foram 5R-4G-3B, para as imagens Landsat 5 e 6R-5G-4B, para as imagens Landsat 8;

- Georreferenciamento das imagens: após a aquisição das imagens de satélite foi feito o georreferenciamento das imagens do satélite Landsat 5. Foi utilizado o Google Earth para coletar pontos de controle. As imagens foram georreferenciadas para o sistema de referências SIRGAS 2000 e na projeção UTM no fuso 23S;
- Recorte da área de estudo: para recortar a área de estudo foi utilizado um arquivo em *Keyhole Markup Language* (KML), disponibilizado no site da Prefeitura de Uberaba. O recorte da área de estudo foi realizado utilizando o programa ArcGis 10.1 usando a extensão *Spatial Analyst* e empregando a ferramenta *Extraction* na opção *Extract by Mask*;
- Definição das classes de mapeamento: nessa etapa foram usados dois critérios para escolha das classes: (i) as classes de uso da terra que deveriam ter a evolução da intervenção antrópica acompanhada; (ii) o conhecimento da área de estudo. Foram, portanto, definidas as seguintes classes: covoais, vegetação natural, cultura, solo exposto, pastagem e área urbana. A classe covoais poderia estar representada junta-

mente com a classe vegetação natural, no entanto optou-se por analisá-la separadamente, dada a importância que ela representa para a perenidade do Rio Uberaba, uma vez que nessa área encontram-se as nascentes difusas do Rio Uberaba. A classe solo exposto indica áreas que estão sendo preparadas para o cultivo ou áreas ocupadas pela cultura de cana-de-açúcar em diferentes estágios (cana adulta, solo preparado, cana colhida e cana reformada);

- Treinamento das amostras: essa etapa, que antecede a classificação, consiste na seleção das amostras de cada classe e na criação das assinaturas espectrais de cada amostra. Neste trabalho foram selecionadas amostras individuais para cada ano de estudo. A quantidade de amostras de treinamento é estabelecida em função da maior ou menor variabilidade de respostas que a imagem apresenta (IBGE, 2013). Após essa etapa, foi gerado o arquivo de assinatura;
- Classificação das imagens: para classificação das imagens foi utilizado o método de classificação supervisionada *pixel-a-pixel*, denominado de máxima verossimilhança (Maxver), que utiliza as amostras representativas das classes a serem mapeadas para extrair os grupamentos mais homogêneos, compondo uma unidade de mapeamento ou o polígono. O algoritmo empregado no Maxver considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos *pixels* das classes, utilizando parâmetros estatísticos, e calcula a probabilidade de cada *pixel* pertencer a cada classe (RABELLO, 2016);

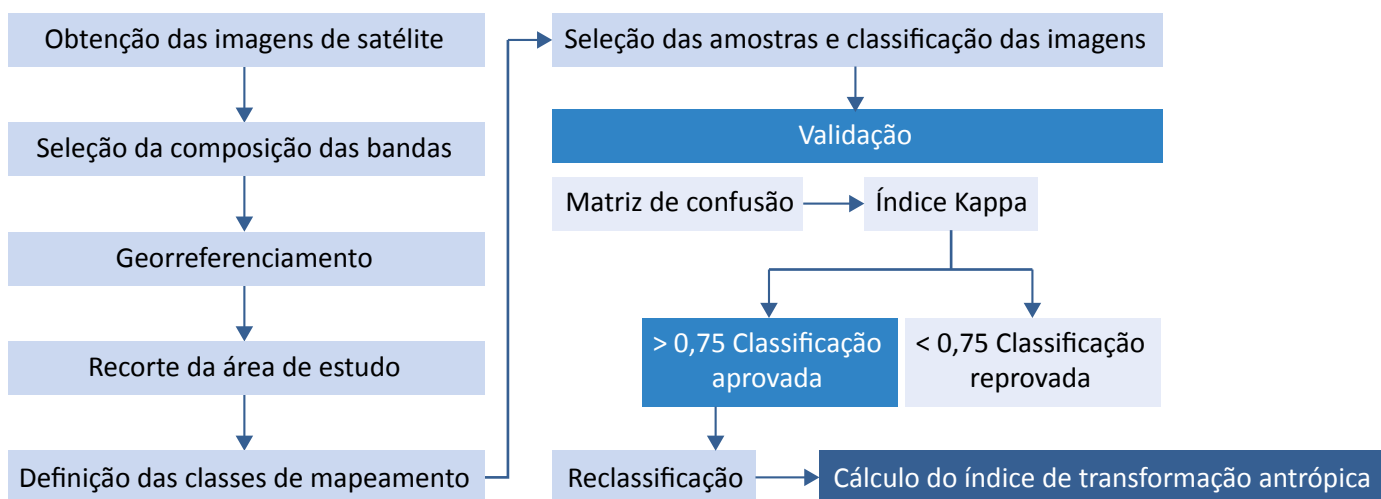


Figura 2 – Fluxograma das etapas para a construção do índice de transformação antrópica.

- Trabalho de campo: para a validação das classes identificadas foi realizado um trabalho de campo no mês de julho de 2016;
- Validação da classificação: a fim de verificar a confiabilidade dos mapas de uso e cobertura da terra para os três anos, foi gerada a matriz de confusão e calculado o índice *Kappa*. Foram selecionados 30 pontos de amostras para cada classe da imagem, resultando em 270 pontos amostrados.
 - a matriz de confusão oferece uma medida efetiva do modelo de classificação, ao mostrar o número de classificações corretas *versus* as classificações preditas para cada classe;
 - o índice *Kappa* corresponde à razão entre a soma da diagonal principal da matriz de erros e a soma de todos os elementos dessa matriz, representada pelo número total da amostra, tendo como referência o número total de classes, considerando assim a proporção de amostras corretamente classificadas (SCHMIDT *et al.*, 2016). O índice *Kappa* é calculado por meio da Equação 1.

$$K = \frac{N \sum_{c=l} Xcl - \sum_{cl=A}^U (Xc * Xl)}{N^2 - \sum_{cl=A}^U (Xc * Xl)} \quad (1)$$

Em que:

K = coeficiente *Kappa* de concordância;

N = número de observações (pontos amostrais);

Xcl = observações na linha i e coluna j, respectivamente;

Xl = linha;

Xc = coluna.

O valor do índice *Kappa* varia de 0 a 1, sendo tanto mais preciso quanto mais próximo de 1 estiver. Valores superiores a 0,75 são considerados adequados, pois possuem concordância elevada (FERNANDES, 2006).

- Reclassificação das imagens: devido ao algoritmo de classificação de imagem ter confundido a classe solo exposto com a classe área urbana, fez-se necessário subdividi-la considerando duas subclasses para o ano 2000 e três subclasses para os anos 2010 e 2016. Da mesma forma, a classe cultura foi confundida com áreas de pastagens, necessitando ser subdivida em cultura em estágio inicial e cultura em estágio avançado. Foi observada, visualmente, me-

lhora na classificação ao adotar essas subdivisões. A fim de manter somente as classes de interesse, as imagens foram reclassificadas, e as classes que representavam um mesmo tipo de uso ou de cobertura, agrupadas;

- Cálculo do ITA: esse índice foi determinado para cada classe de uso da terra, considerando o nível de transformação antrópica específica, a área ocupada e a quantidade de áreas com o mesmo uso (FERNANDES, 2006; GOUVEIA *et al.*, 2013; ORTEGA *et al.*, 2016; PERIM & COCCO, 2016). O ITA foi calculado por meio da Equação 2.

$$ITA = \sum \frac{(\%USO \times PESO)}{100} \quad (2)$$

Em que:

Uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura;

Peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica. Varia de 1 a 10; onde 10 indica as maiores pressões.

- De acordo Karnauhova (2000), o peso é definido conforme as características de cada área de estudo, podendo assumir valores de 0 a 10. Quanto maior o valor, maior é a modificação ou pressão exercida pelo uso da terra. Neste trabalho, a atribuição dos pesos para cada classe foi subjetiva, método que considera o conhecimento dos autores sobre a área de estudo, corroborando Mateo (1991), Cruz *et al.* (1998) e Rodrigues *et al.* (2014). Os pesos foram atribuídos de acordo com os tipos de usos da terra encontrados na APA Municipal do Rio Uberaba, sendo os maiores valores atribuídos para a agricultura temporária ou permanente, seguidas de áreas de pastagem e área urbana, a saber:
 - Área urbana peso 5;
 - Agricultura temporária ou permanente peso 9;
 - Pastagem peso 7;
 - Vegetação natural peso 1;
 - Covaais peso 1.

- A classe área urbana recebeu peso 5 por ser pouco representativa dentro da APA Municipal de Rio Uberaba, aproximadamente 4%. Esse valor tende a se manter estável, uma vez que não é permitido o parcelamento do solo para novos loteamentos dentro da unidade de conservação. Já a agricultura temporária ou permanente recebeu peso 9, pois não são aplicadas técnicas sustentáveis, como o plantio direto e sistemas agroflorestais. Sendo assim, esse tipo de uso da terra contribui largamente para a substituição de áreas remanescentes florestais por áreas de cultivo. A classe pastagem recebeu peso 7, pois

esse tipo de uso, apesar de manter a cobertura da terra, muitas das vezes utiliza os leitos dos rios como bebedouros para os animais, degradando as áreas de preservação permanente que deveriam estar ao menos cercadas.

- Classificação do ITA: a classificação do ITA adotada neste trabalho foi a mesma proposta por Cruz *et al.* (1998):
 - 0 – 2,5 pouco degradada;
 - 2,5 – 5 regular;
 - 5 – 7,5 degradada;
 - 7,5 – 10 muito degradada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mapa de uso e cobertura da terra para o ano 2000, verificou-se que as classes que apresentaram maior confusão espectral, entre si, foram: *solo exposto 2* e *área urbana*; e *cultura estágio avançado* e *pastagem*. Para as classes *solo exposto 2* e *área urbana*, 33% dos *pixels*, que deveriam ser atribuídos à primeira classe, foram classificados erroneamente como área urbana e vice-versa. No caso das classes *cultura estágio avançado* e *pastagem*, um percentual de 26% dos *pixels* da primeira classe foram classificados como *pastagem*. O valor obtido no cálculo do índice *Kappa* foi de 0,80, portanto, superior a 0,75, o que corresponde a um resultado adequado.

Sumarizando para o ano 2000, as classes apresentavam a seguinte representatividade na área de estudo: *área urbana* (4,75%), *solo exposto 1* (3,1%), *solo exposto 2* (2,61%), *pastagem* (21,69%), *cultura em estágio inicial* (19,2%), *cultura em estágio avançado* (21,31%), *vegetação natural* (11,21%) e *covoais* (15,74%).

Para o ano 2010, as classes do mapa de uso e cobertura da terra que apresentaram maior confusão espectral, entre si, foram: *solo exposto 2* e *área urbana*, sendo que 26% dos *pixels*, que deveriam ser atribuídos à primeira classe, foram imputados erroneamente à segunda. Outras classes que apresentaram confusão espectral significativa foram: *solo exposto 3* e *área urbana*, com percentual de 20%; *pastagem* e *cultura estágio inicial* (16%); *solo exposto 1* e *solo exposto 2* (13%) e *cultura estágio avançado* e *pastagem* (10%). A classe *pastagem* foi a que apresentou menor percentual de acertos, com apenas 66% de seus *pixels* classificados

corretamente. O valor do coeficiente *Kappa* encontrado foi de 0,85%, ou seja, adequado.

Resumindo para o ano 2010, as classes tinham a seguinte representatividade na área de estudo: *área urbana* (2,59%), *solo exposto 1* (1,12%), *solo exposto 2* (1,62%), *solo exposto 3* (1,98%), *pastagem* (7,58%), *cultura em estágio inicial* (40,87%), *cultura em estágio avançado* (5,69%), *vegetação natural* (27,52%) e *covoais* (11,05%).

No ano 2016, as classes do mapa de uso e cobertura da terra que apresentaram maior confusão espectral, entre si, foram: *solo exposto 1* e *solo exposto 3*. Um percentual de 30% dos *pixels* que deveriam ser atribuídos à primeira classe foi imputado erroneamente à classe *solo exposto 3*. Outras classes que apresentaram confusão espectral significativa foram: *área urbana* e *solo exposto 3* (13%); *pastagem* e *cultura em estágio avançado* (10%); *cultura estágio inicial* e *solo exposto 3* (10%); e *covoais* e *cultura estágio inicial* (13%). O valor do coeficiente *Kappa* foi 0,84%, ou seja, adequado.

Em síntese, no ano 2016, as classes apresentavam a seguinte representatividade na área de estudo: *área urbana* (2,63%), *solo exposto 1* (0,70%), *solo exposto 2* (0,96%), *solo exposto 3* (2,89%), *pastagem* (11,58%), *cultura em estágio inicial* (26,59%), *cultura em estágio avançado* (8,36%), *vegetação natural* (31,05%) e *covoais* (15,25%).

As classes reclassificadas dos mapas de uso e cobertura da terra obtiveram, para os anos 2000, 2010 e 2016, os coeficientes *kappa* de 0,76; 0,83 e 0,86%, respectivamente, resultando nos mapas ilustrados na Figura 3.

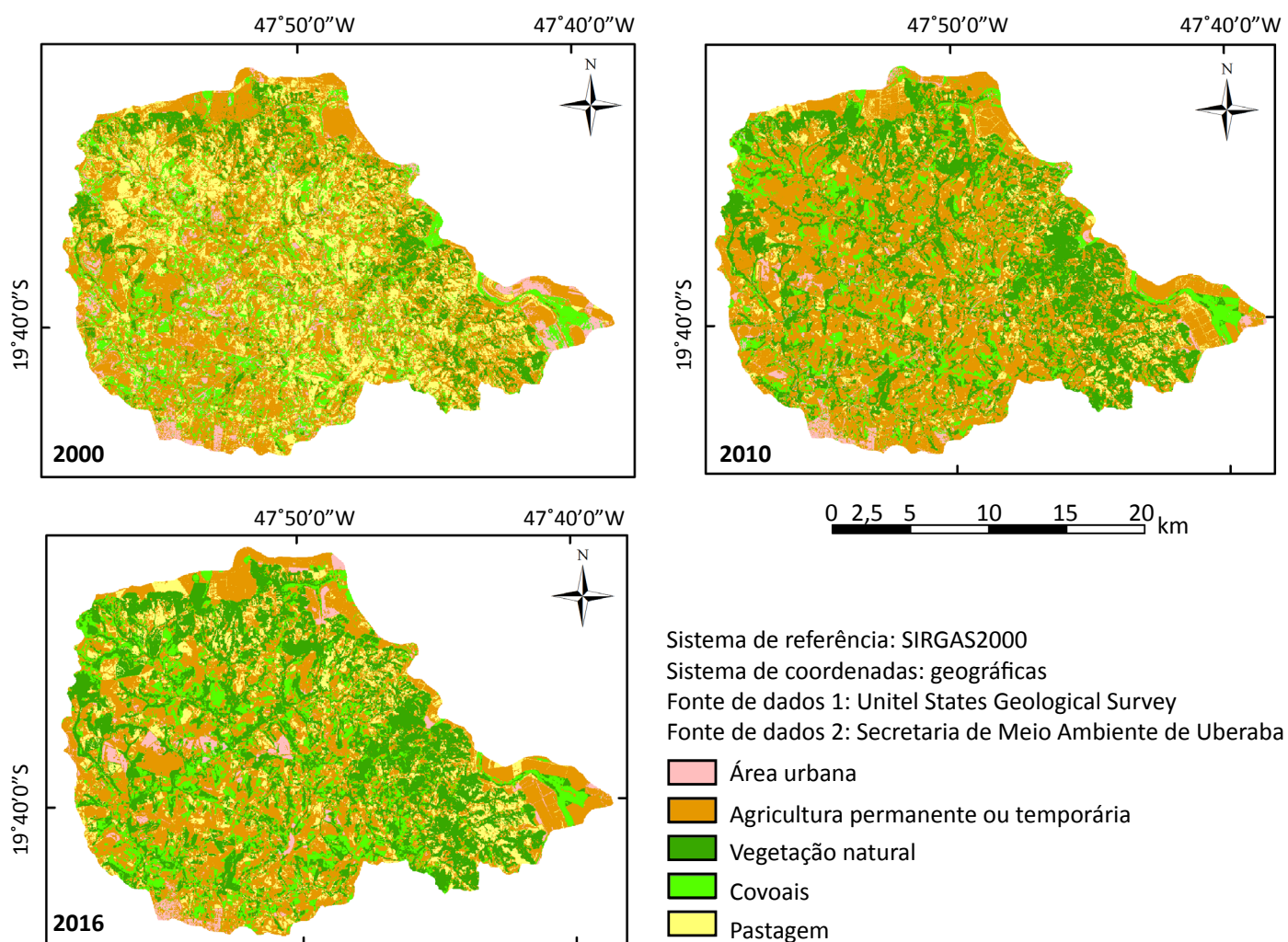


Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra para os anos 2000, 2010 e 2016.

Tabela 1 – Resultado do índice de transformação antrópica e das classes do uso da terra para cada ano de estudo.

Classes	Área (%)			Índice de transformação antrópica		
	2000	2010	2016	2000	2010	2016
Área urbana	4,75	2,59	2,63	0,24	0,13	0,13
Agricultura permanente ou temporária	46,62	51,28	39,50	4,20	4,61	3,55
Pastagem	21,69	7,58	11,58	1,52	0,53	0,81
Vegetação natural	11,21	27,52	31,05	0,11	0,28	0,31
Covoais	15,74	11,05	15,25	0,16	0,11	0,15
Total	100,00	100,00	100,00	6,22	5,66	4,96

A quantificação das áreas das classes de uso da terra e os resultados do ITA, nos anos analisados, são apresentados na Tabela 1. As classes *agricultura permanente ou temporária* e *pastagem* são as atividades antrópicas mais representativas dentro da APA Municipal do Rio Uberaba.

O ITA da classe *área urbana* diminuiu ligeiramente do ano 2000 para o ano 2010 e manteve-se estável até o ano 2016. Tal fato pode ser resultado das diretrizes de parcelamento do solo na APA Municipal do Rio Uberaba. Desde 2010, o Decreto Municipal nº 2.187 estabelecia, em seu Art. 1º, a suspensão da tramitação e aprovação de projetos e processos que tratam sobre o parcelamento do solo na APA do Rio Uberaba. Em 2014 esse decreto foi revogado pelo Decreto Municipal nº 2.615 (UBERABA, 2014), que trata sobre o parcelamento do solo em áreas situadas na bacia hidrográfica do Rio Uberaba. Esse último decreto preconiza o seguinte:

Art. 1º – A análise e aprovação de projetos de parcelamento do solo na APA do Rio Uberaba, especificamente na Macrozona de Ocupação Restrita (áreas não urbanizadas situadas na APA do Rio Uberaba); na Macrozona de Regularização Especial e na Macrozona de Transição Urbana dentro da APA do Rio Uberaba, conforme delimitado no Mapa de Macrozoneamento Urbano da Lei nº 359/2006 e alterações, somente poderão ocorrer após as definições do novo Plano de Manejo da APA.

A classe *agricultura permanente ou temporária* teve seu maior índice em 2010 e o menor, em 2016. Em contrapartida, a classe *pastagem* teve seu menor índice em 2010 e voltou a aumentar em 2016. A classe *vegetação natural* vem aumentando gradativamente nos últimos anos. Esse fato configura um impacto positivo, uma vez que a qualidade dos recursos hídricos está relacionada à vegetação natural, principalmente àquelas que margeiam os cursos d'água. A classe *covoads* se manteve estável.

O cálculo do ITA, na APA Municipal do Rio Uberaba, permitiu classificá-la como degradada nos anos de 2000 e 2010. Em 2016, o valor do ITA passou para regular, demonstrando que houve uma diminuição da pressão antrópica na unidade de conservação, que foi criada em 2005. A APA Municipal do Rio Uberaba teve seu Plano de Manejo revisado em 2012. Essa ação pode ter contribuído para uma melhor regulação do uso e cobertura da terra. O gráfico da Figura 4 resume o comportamento do ITA, por ano, para cada uma das classes de estudo.

Na Figura 4, verifica-se que o ITA permite identificar as possíveis alterações no uso da terra da APA de Uberaba. Além do mais, esse índice possibilita a quantificação da pressão antrópica, dessa unidade de conservação, ao longo dos anos de 2000, 2010 e 2016, em uma escala maior, mais local. Esse fato foi fundamental, por se tratar de um local de interesse estratégico para o município de Uberaba, uma

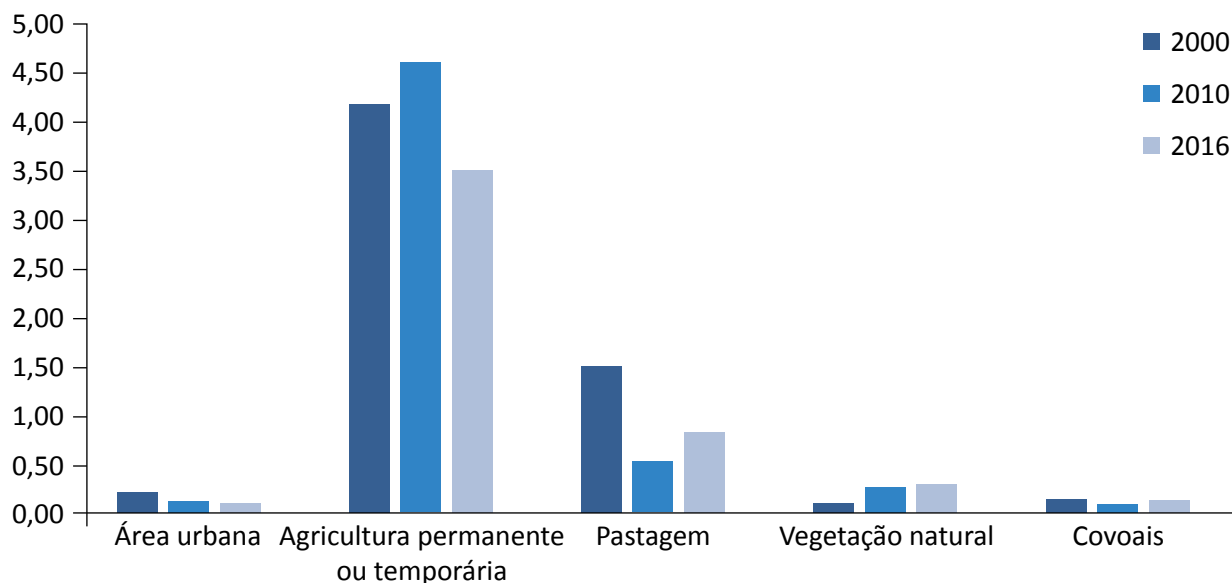


Figura 4 – Representação gráfica do índice de transformação antrópica por classe para cada ano de estudo.

vez que o uso e cobertura da terra têm reflexos diretos sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos

Dessa forma, é possível observar como uma política pública, que objetivou minimizar os impactos sob áreas prioritárias por meio da criação da unidade de conservação do Rio Uberaba e de seu plano de manejo, contribuiu para a preservação e garantia de água em qualidade e quantidade para abastecimento público da cidade de Uberaba, Minas Gerais. Valle Junior (2008) afirma que a proteção dos solos e recursos hídricos depende fundamentalmente de medidas disciplinadoras do uso da terra na bacia hidrográfica, que garantirão a qualidade final da água do rio. Cabe destacar que cada uso reflete em atividades que produzem efeitos específicos e características que afetam a qualidade dos recursos hídricos.

A APA Municipal do Rio Uberaba tem, ou pelo menos deveria ter, o uso e cobertura da terra de acordo com seu Plano de Manejo, no entanto esse é um processo gradativo, por se tratar de uma área que já era ocupada por determinadas atividades anteriores à criação da unidade de conservação. Assim, deve existir um equilíbrio entre os interesses do poder público, representado pelo município, e dos proprietários rurais.

O Rio Uberaba, principal fonte de captação de água para abastecimento público da cidade de Uberaba, já não garante vazão suficiente nos períodos de estiagem, necessitando acionar as bombas para transpor as águas do Rio Claro. Desde o ano de 2003, o município faz uso do sistema de transposição das águas da microbacia do Rio Claro para o leito do Ribeirão Saudade, importante afluente do Rio Uberaba (SANTOS; NISHIYAMA, 2016).

Alguns estudos apontam os motivos que estão levando à diminuição da vazão do Rio Uberaba. Para Santos & Nishiyama (2016), esse fato pode ser explicado relativamente pela ineficiência dos sistemas existentes para armazenamento e distribuição de água à popu-

lação frente a baixos eventos de precipitação e, por conseguinte, a baixos níveis de vazão. No entanto, para Abdala *et al.* (2009), o processo de ocupação das chapadas e diminuição da vegetação do cerrado pode estar comprometendo a recarga dos rios. Para Oliveira (2005), as águas do Rio Uberaba são muito utilizadas para irrigação de grãos e de hortaliças na área da APA. Em 2002, cerca de 15 moto-bombas foram localizadas durante a crise de abastecimento de água. Tal situação representou uma preocupação para a população em geral e para a administração municipal, pois, em conjunto com a estiagem, foi motivo de falta d'água no mês de setembro de 2002 (OLIVEIRA, 2005).

Estudos realizados na APA Municipal do Rio Uberaba (OLIVEIRA, 2005; ABDALA *et al.*, 2009; SANTOS & NISHIYAMA, 2016) apontam que a unidade de conservação está sendo impactada negativamente pela forma que os recursos naturais (solo, água) vem sendo explorados.

A identificação das alterações do uso da terra, sejam elas negativas ou positivas, é uma ferramenta de diagnóstico, indicando áreas que necessitam de maior atenção por parte do setor público. Ao se identificar áreas com um aumento do grau de intervenções antrópicas, podem-se direcionar ações que possam mitigar seus efeitos, tais como projetos de recuperação de áreas de preservação permanente (nascentes e matas ciliares); projetos de educação ambiental para o produtor rural, como destinação correta dos resíduos sólidos, instalação de fossas sépticas, respeito às leis ambientais; projetos de recuperação de áreas degradadas (cascalheiras desativadas, voçorocas), entre outros. Da mesma forma, medidas de aplicação de incentivos podem ser aplicadas, ao se identificar áreas com diminuição do grau de intervenções antrópicas. Como incentivos, sugere-se o pagamento por serviços ambientais ou ecossistêmicos, que almejem a busca pelo desenvolvimento sustentável, equilibrando o meio ambiente com os fatores socioeconômicos.

CONCLUSÃO

O ITA mostrou-se uma ferramenta fácil de ser aplicada e contribuiu para o entendimento da dinâmica ambiental ao longo do tempo. Ele possibilitou identificar que a ocupação urbana se manteve estável e que a vegetação natural apresentou um ligeiro crescimento ao longo dos anos 2000, 2010 e 2016. A agricultura permanente ou temporária entre 2010 e 2016 teve redução, entre-

tanto, a pecuária, nesse mesmo período, apresentou uma expansão na área de estudo.

Desta forma, o ITA mostrou que a unidade de conservação se manteve degradada nos anos 2000 e 2010 e em 2016 passou para regular. No entanto, somente a aplicação do ITA não demonstra as relações sinérgicas

do meio ambiente, por avaliar somente a variável uso da terra. Para isso, sugere-se a aplicação desse índice concomitante ao IQA, que avalia a evolução da qualidade dos recursos hídricos ao longo do tempo.

A APA Municipal do Rio Uberaba foi criada no ano de 2005 e dispõe de um conselho gestor, constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente na área de abrangência, além de um Plano de Manejo, que foi revisado em caráter emergencial em 2012. Essas ações que regulam o uso e cobertura da terra na APA Municipal do Rio Uberaba vêm contribuindo para a diminuição da pressão antrópica na unidade de conservação, fato constatado pelo resultado do ITA.

Uma das desvantagens do ITA é a subjetividade da atribuição de pesos, que pode ser minimizada aplicando outras técnicas para determinação dos pesos das classes. Uma delas é o método Delphi (MUSA *et al.*, 2015), no qual vários especialistas chegam a um consenso sobre cada peso das classes. Para a APA Municipal do Rio Uberaba, os membros do conselho gestor poderiam ser consultados, uma vez que apresentam uma visão multidisciplinar e profundo conhecimento sobre a área de estudo. Outra forma de diminuir a subjetividade seria utilizar a lógica *fuzzy* (LIU *et al.*, 2017), na qual o analista determina pesos probabilísticos às variáveis, que nesse caso são as classes de uso e cobertura da terra.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, V. L.; TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C. Análise hidrológica das nascentes do alto curso do rio Uberaba. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 10, p. 171-183, 2009.
- ÁNGELES, G. R.; Gil, V. Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina). *GeoFocus - Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de información Geográfica*, n. 6, p. 138-151, 2006.
- BERNARDO, E. L. *A intensidade da transformação antrópica em sub-bacias hidrográficas: desafios ao desenvolvimento sustentável*. 103f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Contestado, Mafra, 2015.
- CENTRO OPERACIONAL DE DESENVOLVIMENTO E SANEAMENTO DE UBERABA (CODAU). *Projeto Água Viva: Relatório de Avaliação Ambiental*. Uberaba: CODAU, 2005. 416 p.
- COCCO, J.; RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. S. Intensity of anthropic action in the Diamantino river sub-basin, Mato Grosso State/Brazil. *GEOGRAFIA*, Rio Claro, v. 40, Número Especial, p. 71-84, 2015a.
- COCCO, J.; RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. S.; NASCIMENTO, D. L. Análise e previsões das ações antrópicas para a bacia do rio do Sangue - Mato Grosso/Brasil. *Revista de Estudos Sociais*, Cuiabá, v. 17, p. 52-63, 2015b.
- CRUZ, C. B. M.; TEIXEIRA, A. J. A.; BARROS, R. S.; ARGENTO, M. S. F.; MAYR, L. M.; MENEZES, P. M. L. Carga Antrópica da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. *Anais...* Santos: INPE, 1998. p. 99-109.
- FERNANDES, S. C. S. *Análise da evolução da ocupação e uso do solo: aplicação com base num SIG para o Parque Nacional Peneda-Gerês*. 137f. Relatório Final (Licenciatura em Engenharia do Ambiente e dos Recursos Rurais) – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Lima, Portugal, 2006.
- GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Aplicação do índice de transformação antrópica na análise multitemporal da bacia do córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra-MT. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1045-1054, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000600006>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual Técnico de Uso da Terra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

KARNAUKHOVA, E. *A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um indicador para a análise e gestão ambiental (ensaio metodológico na área da bacia hidrográfica do rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC)*. 230f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

LIOU, Y.-A.; NGUYEN, A. K.; LI, M.-H. Assessing spatiotemporal eco-environmental vulnerability by Landsat data. *Ecological Indicators*, v. 80, p. 52-65, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.055>

LIU, D.; CAO, C.; DUBOVYK, O.; TIAN, R.; CHEN, W.; ZHUANG, Q.; ZHAO, Y.; MENZ, G. Using fuzzy analytic hierarchy process for spatio-temporal analysis of eco-environmental vulnerability change during 1990–2010 in Sanjiangyuan region, China. *Ecological Indicators*, v. 73, p. 612-625, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.031>

MATEO, J. *Geoecología de los Paisajes*. Monografía. Universidad Central de Caracas, Caracas, 1991.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A. N. C. S.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. *Processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: Universidade de Brasília, 2012. 276 p.

MUSA, H.; YACOB, M. R.; ABDULLAH, A. M.; ISHAK, M. Y. Delphi method of developing environmental well-being indicators for the evaluation of urban sustainability in Malaysia. *Procedia Environmental Science*, v. 30, p. 244-249, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.044>

NETO, J. C. P.; COSTA, J. O. Caracterização química e física dos murundus da nascente do rio Uberaba. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 7, p. 27-31, 2010.

NEVES, S. M. A. da S.; KREITLOW, J. P.; SILVA, J. dos S. V. da; MIRANDA, M. R. da S.; VENDRAMINI, W. J. Pressão antrópica na paisagem de Mirassol D'oeste/MT, Brasil: subsídios para o planejamento ambiental municipal. *Ciência Geográfica*, Bauru, v. XXI, n. 1, p. 141-155, 2017.

NGUYEN, A. K.; LIOU, Y.-A.; LI, M.-H.; TRAN, T. A. Zoning eco-environmental vulnerability for environmental management and protection. *Ecological Indicators*, v. 69, p. 100-117, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.026>

OLIVEIRA, A. P.; CARDOSO, P. V.; SOUZA, E. M. F. R. Análise da pressão antrópica sobre os manguezais no estado do Rio de Janeiro utilizando o índice de transformação antrópica - ITA aplicado às bacias hidrográficas costeiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., JORNADA DE GEOTECNOLOGIAS, 2., 2013, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, M. S. M. *Rio Uberaba: quando os desgastes ambientais refletem os desgastes sociais*. 176f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L. Avaliação dos efeitos das atividades antropóficas nos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do córrego do Ipê - SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 3, p. 97-108, 2013. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p97-108>

ORTEGA, D. J. P.; PÉREZ, D. A.; AMÉRICO, J. H. P.; CARVALHO, S. L. de; SEGOVIA, J. A. Development of index of resilience for surface water in watersheds. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v. 10, n. 1, p. 72-82, 2016. <http://dx.doi.org/10.4090/juee.2016.v10n1.007282>

ORTEGA, D. J. P.; SOLARTE, J. G.; DÍAZ, J. J. P.; POMPÊO, M. L. M. Dinámica espacio-temporal del uso del suelo y su efecto sobre la degradación de los recursos hídricos: caso de la cuenca del río Juqueri – Brasil. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2067>>. Acesso em: mar. 2018. <https://doi.org/10.22490/21456453.2067>

PERIM, M. A.; COCCO, M. D. A. Efeito das transformações antrópicas às margens do rio Una, Taubaté, São Paulo, Brasil. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v. 11, n. 5, 2016. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/928/92852596012/>>. Acesso em: mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1918>

RABELLO, T. S. *Avaliação da efetividade da conservação da cobertura vegetal do Parque Nacional da Serra da Bocaina através do sensoriamento remoto*. 164f. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Botânica Tropical do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. dos S.; PAIVA, M. M. Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 378-389, 2017. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X26090>

ROCHA, S. P. *Análise Espaço Temporal do Uso e Cobertura da Terra*. 94f. Tese (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; GALVANIN, E. A. S.; SILVA, J. S. V. Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 32, p. 52-54, 2014.

SANTOS, V. O.; NISHIYAMA, L. Tendências hidrológicas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Uberaba, em Minas Gerais. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 17, n. 58, p. 196-202, 2016. <http://dx.doi.org/10.14393/RCG175814>

SCHMIDT, M. A. R.; BRESSIANI, J. X.; REIS, P. A.; SALLA, M. R. Evaluation of the performance of image classification methods in the identification of vegetation. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v. 10, n. 1, p. 62-71, 2016. <http://dx.doi.org/10.4090/juee.2016.v10n1.062071>

UBERABA. *Lei nº 9.892 de 28 de dezembro de 2005*. Cria a Área de Proteção Ambiental Municipal de Uberaba - APA do Rio Uberaba - e dá outras providências. Uberaba, 2005.

_____. *Plano de Manejo da APA do Rio Uberaba*. Uberaba: Secretaria de Meio Ambiente, 2004. 112 p.

_____. *Plano de Manejo da APA do Rio Uberaba*. Uberaba: Secretaria de Meio Ambiente, 2012. 155 p.

_____. *Lei nº 2.615, de 18 de julho de 2014*. Dispõe sobre o parcelamento do solo em áreas situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba, e dá outras providências. Uberaba, 2014.

VALLE JUNIOR, R. F. *Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba*. 222f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

VICENS, R. S.; MARQUES, J. S. Características morfométricas e sua relação com a hidrologia de bacias hidrográficas de tabuleiros costeiros no norte de Espírito Santo, Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. *Anais...* Goiânia, 2006.

